

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DEL INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**“CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES Y
SECADO DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*)”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE ALIMENTOS

AUTORES:

BAUTISTA CASTILLO DEYSI CATHERINE

VALDIVIESO SÁNCHEZ MARÍA LUISA

Cañete, Noviembre, 2016

PERÚ

En primer lugar darle la gracias a Dios porque siempre he sentido su presencia en mi vida, nunca me ha dejado de mirar y cuidar.

A mis padres Víctor y Rosa por no dejar de confiar en mí, por su gran apoyo incondicional y por vivir conmigo cada momento de mi vida, son mi fuerza y los amo. A ti tía “china” mi segunda madre, mi gran apoyo, gracias. A mi familia en general por los consejos y sus buenos deseos.

A mi esposo Jhonatan, con quien viví muchos momentos difíciles iniciando una familia estando en la universidad. Fuiste mi soporte, mi compañero en necesidad y felicidad, tenemos dos grandes motivos para seguir adelante; nuestros dos hermosos hijos Juan y Martin, nuestras dos grandes bendiciones.

Darle gracias a mi asesor, por la ayuda desinteresada, por todo ese tiempo dedicado a nuestras corridas experimentales y ayuda en la estructuración de esta tesis, este trabajo también es suyo Doctor. David Vivanco Pezantes.

Finalmente agradecer a mi amiga María luisa, por tantos momentos vividos en todos estos años, gracias a ti, amiga mía, por ser mi empuje, por siempre darme la mano para seguir avanzando, a tu familia por tantas palabras de ánimo y fuerza, por acogerme con gran simpatía, son una familia única, los aprecio.

Ahora sí puedo decir “lo logre”...

“A Dios y a la Virgen a quienes agradezco por cada uno de mis días, por ser mi fortaleza, por acompañarme en cada paso de mi vida, Ustedes son la razón de todo”

“A mis padres Luis Augusto y Rosa María, quienes me han apoyado de todas las formas posibles y que además de ello me han podido enseñar y dar tanto, esto es para ustedes. Mamá gracias por tu entrega sin límites, por tu aliento, por tu escucha, por cada uno de tus detalles, papá eres mi ejemplo, mi modelo, mi adoración. Los amo”

“A mi pequeño hermano Josemaría, que pese a ser menor me enseña y me da lecciones constantemente: Hermano estoy segura que cumplirás todas tus metas y que me superarás grandemente”

“A mis abuelita Rosa, que desde el cielo me cuida tanto y durante su compañía en este mundo demostró gran amor por mí y por mi familia, a mis abuelos Lucha y Johny pues me han apoyado tanto, en todo este gran camino universitario. Gracias abuelitos los quiero tanto”

“A mi familia y a mis amigos quienes han estado pendientes todo este tiempo, apoyándome de manera espiritual con sus palabras de aliento y sobre todo con sus oraciones.”

“A nuestro asesor de tesis que nos ha brindado todo su apoyo de manera desinteresada y adicional a ello nos mostró su profesionalismo y empeño por la investigación, gracias también pues nos ha impulsado a seguir estudiando y capacitándonos”

“A mi compañera de tesis Deysi quien ha sido un gran ejemplo de perseverancia, quien ha logrado cumplir sus metas y se ha esforzado de tal manera de retribuir el esfuerzo y el amor de sus padres quienes también han sido muy buenos mostrando gran disposición de apoyarnos en este tiempo de investigación. Gracias Deysi por tu paciencia y tu apoyo en este gran sueño que empezó hace ya algún tiempo, quedará por siempre en mi memoria todos los grandes momentos vividos, que Dios y la Virgen te bendigan siempre a ti y a tu familia.

La tesis titulada: "CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES Y SECADO DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*)" fue realizado por: la bachiller Bautista Castillo Deysi Catherine y la Bachiller Valdivieso Sánchez María Luisa, bajo la supervisión del asesor Dr. David Vivanco Pezantes



DEYSI CATHERINE BAUTISTA CASTILLO

TESISTA



VALDIVIESO SÁNCHEZ MARÍA LUISA

TESISTA

PROF. DR. DAVID VIVANCO PEZANTES

ASESOR

“CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA
EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES Y
SECADO DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*,
var. Valencia Late)”

INDICE

RESUMEN	7
CAPÍTULO I	9
1.1. Identificación del problema	9
1.2. Formulación del Problema	11
1.3. Objetivos de la investigación	12
1.3.1. Objetivos generales	12
1.3.2. Objetivos específicos	12
1.4. Justificación	13
1.5. Importancia	14
CAPÍTULO II	15
2.1. Antecedentes del estudio.....	15
2.2. Marco Teórico.....	25
2.2.1. Naranja valencia.....	25
2.2.2. CARACTERÍSTICAS	26
2.2.3. PRODUCCIÓN.....	26
2.2.4. CÁSCARA DE NARANJA.....	31
2.2.5. ACEITES ESENCIALES	36
2.2.6. METODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....	38
2.2.7. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES POR ARRASTRE DE VAPOR	38
2.2.8. SECADO.....	40
2.2.9. MÉTODOS DE SECADO PARA LA CÁSCARA DE NARANJA	40
2.2.10. USOS DE ACEITES ESENCIALES Y DE LA CÁSCARA DE NARANJA SECA.	43
2.3. Definiciones de términos	44
CAPÍTULO III.....	49
3.1. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.1.1. VARIABLES DE LA EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES	49
3.1.2. VARIABLES DEL SECADO POR MICROONDAS	49
3.1.3. VARIABLES DEL SECADO POR AIRE CALIENTE	50
3.1.4. VARIABLES DEL SECADO POR AIRE CALIENTE ASISTIDO CON ENERGIA RADIANTE	50

3.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	50
3.2.1.	EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	50
3.2.2.	SECADO POR MICROONDAS	52
3.2.3.	SECADO POR AIRE CALIENTE	53
3.2.4.	SECADO POR AIRE CALIENTE ASISTIDO POR ENERGIA RADIANTE	54
3.3.	Hipótesis	56
CAPÍTULO IV		57
4.1	Tipo de investigación	57
4.2	Diseño de la investigación	58
4.3	Población y muestra	59
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
4.5	Procedimientos de recolección de datos	60
4.6	Procedimiento estadístico y análisis de datos	60
4.7	Plan de Análisis Estadístico de datos	60
CAPITULO V		62
CAPÍTULO VI		121
CAPÍTULO VII		123
CONCLUSIONES		123
ANEXOS		127
MATRIZ DE CONSISTENCIA		136
OTROS		137
BASE DE DATOS DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAÑETE ACERCA DE LOS COMERCIANTES ACREDITADOS EN ESTA PROVINCIA		137

Índice de figuras

Figura 1:	Zonas de Producción de Naranja	26
Figura 2:	Producción peruana de naranjas	27
Figura 3:	Participación en la producción de naranjas por regiones	28
Figura 4:	Superficie cosechada a nivel nacional	29
Figura 5:	Rendimiento nacional	29
Figura 6:	Precios de naranja en chacra	30
Figura 7:	Exportaciones peruanas de naranjas frescas o secas	31

Figura 8: Caracterización de las partes de la naranja.....	31
Figura 9: Caracterización de las partes de la naranja.....	32
Figura 10: Perfil cromatográfico del aceite esencial de cáscara de naranja dulce <i>Citrus sinensis</i> , variedad Valencia.....	35
Figura 11: Aceites Esenciales.....	36
Figura 12: Modulo de extracción de aceites esenciales.....	39
Figura 13: Flujograma de extracción de Aceites esenciales.....	65
Figura 14: Flujograma de extracción de Secado.....	66
Figura 15: De los análisis realizados al producto final.....	67
Figura 16: Recepción de materia prima.....	68
Figura 17: Pre secado de materia prima.....	69
Figura 18: Reducción de tamaño de materia prima.....	69
Figura 19: Equipo para la extracción de aceites esenciales.....	71
Figura 20: Vaso florentino para la separación del aceite.....	71
Figura 21: Envasado del aceite esencial.....	72
Figura 22: Enfriado del bagazo de la cáscara de naranja.....	72
Figura 23: Pesado del bagazo de la cáscara.....	73
Figura 24: Secado por microondas.....	74
Figura 25: Acondicionamiento.....	74
Figura 26: Inicio del proceso.....	75
Figura 27: Equipo para secado por aire caliente.....	76
Figura 28: Encendido del equipo.....	76
Figura 29: Inicio del proceso.....	77
Figura 30: Toma de data.....	77
Figura 31: Acondicionamiento del equipo.....	78
Figura 32: Encendido del equipo.....	78
Figura 33: Inicio del proceso.....	79
Figura 34: Toma de datos del secado.....	79
Figura 35: Toma de data para la determinación de la densidad.....	80
Figura 36: Pesado de la muestras de aceite.....	81
Figura 37: Materiales utilizados para la determinación de la viscosidad.....	82

Figura 38: Medición de temperatura y data del tiempo de escurrimiento.....	83
Figura 39: Equipo para la determinación del índice de refracción.....	84
Figura 40: Acondicionamiento del equipo para la determinación del índice de refracción.....	85
Figura 41: Medición del índice de refracción.....	85
Figura 42: Equipo para la determinación del pH.....	86
Figura 43: Acondicionamiento del equipo.....	86
Figura 44: Medición del pH.....	87
Figura 45: Pesado de muestras.....	88
Figura 46: Producto seco antes de la molienda.....	88
Figura 47: Producto seco después de la molienda.....	89
Figura 48: Calculo del rendimiento.....	89
Figura 49: Comparación entre los pesos del zumo, del bagazo y de la cáscara de naranja.....	91
Figura 50: Comparación entre los pesos del zumo, del bagazo y de la cáscara de naranja.....	92
Figura 51: Comparación entre los pesos de la cáscara y el bagazo de las muestras.....	92
Figura 52: Curva volumétrica de la extracción de los aceites esenciales.....	95
Figura 53: Curva de extracción de los A. E. de cáscara de naranja (humedad del 60%).....	97
Figura 54: Curva de extracción de los A. E. de cáscara de naranja (humedad del 45%).....	99
Figura 55: Curva de extracción de los A. E. de cáscara de naranja (humedad del 30%).....	101
Figura 56: Cinética de extracción de aceite esencial de cáscara de a partir de una muestra de 60%, 45% y 30% de humedad.....	101
Figura 57: Curva de secado de bagazo de cáscara de naranja a 60°C con aire caliente.....	104
Figura 58: Velocidad de secado del bagazo de tiras de cáscara de naranja.....	105
Figura 59: Representación del Ln (MR) versus el tiempo de secado.....	107
Figura 60: Curva de secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja a 60°C con aire caliente asistido con energía radiante.....	109
Figura 61: Velocidad de secado del bagazo de tiras de cáscara de naranja en secado con aire caliente asistido con energía radiante.....	110
Figura 62: Curva de secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja usando microondas de potencia baja (700 W).....	112
Figura 63: Curva de la velocidad de secado vs la humedad media en el secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja aplicando el secado en microondas.....	113

Figura 64: Curva de la velocidad de secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja versus el tiempo de secado.....	114
Figura 65: Curvas comparativas entre el secado por aire caliente versus el secado por aire caliente más energía radiante.....	115
Figura 66: Curvas comparativas entre el secado por aire caliente más energía radiante versus el de por microondas.....	115
Figura 67: Curvas comparativas entre secado por aire caliente versus el de microondas.....	116

Índice de Tablas

TABLA 1: Características del fruto maduro.....	26
TABLA 2: Composición Nutricional de la Naranja Valencia.....	33
TABLA 3: Concentración de Flavonoides en Flavedo, Alvelo y Cáscara de Naranja de Variedad Valencia.....	34
TABLA 4: Rendimiento de los Aceites Esenciales de la Cáscara de Naranja.....	34
TABLA 5: Explicación del Resultado del Perfil Cromatográfico del A. Esencial de Cáscara de Naranja.....	35
TABLA 6: Características de los Aceites Esenciales.....	37
TABLA 7: Métodos de Extracción de Mezclas Aromáticas.....	38
TABLA 8: Operacionalización de variables de los aceites esenciales.....	51
TABLA 9: Operacionalización de variables del secado por microondas.....	52
TABLA 10: Operacionalización de variables del secado por aire caliente.....	53
TABLA 11: Operacionalización de variables del secado por A.C. más energía radiante.....	55
TABLA 12: Diseño de investigación.....	58
TABLA 13: Muestreo para obtener data de naranjas.....	90
TABLA 14: Estadísticos de las muestras de naranja.....	91
TABLA 15: Volumen de extracción por porcentaje de humedad.....	93
TABLA 16: Análisis de varianza ANOVA.....	94
TABLA 17 Valores experimentales y predictivos de la extracción volumétrica de aceites esenciales de la cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i> , var. <i>Valencia Late</i>) con 60% de humedad en base húmeda	96
TABLA 18: Valores experimentales y predictivos de la extracción volumétrica de aceites esenciales de la cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i> , var. <i>Valencia Late</i>) con 45% de humedad en base húmeda.....	98
TABLA 19: Valores experimentales y predictivos de la extracción volumétrica de aceites esenciales de la cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i> , var. <i>Valencia Late</i>) con 30% de humedad en base húmeda.....	100

TABLA 20: Datos obtenidos en el secado por aire caliente.....	103
TABLA 21: Datos obtenidos en el secado por aire caliente más energía radiante.....	108
TABLA 22: Datos obtenidos en el secado por microondas.....	111
TABLA 23: Comparación entre los tres tipos de secado.....	114
TABLA 24: Datos para la determinación de la densidad.....	117
TABLA 25: Valores de la densidad del aceite esencial.....	117
TABLA 26: Datos para la determinación de la viscosidad.....	118
TABLA 27: Valores de la viscosidad del aceite esencial de cáscara de naranja.....	118
TABLA 28: Datos del índice de refracción del aceite esencial de la cáscara de naranja.....	119
TABLA 29: Datos del pH del aceite esencial de la cáscara de naranja.....	119
TABLA 30: Datos del tiempo para los tres tipos de secado realizado.....	120

RESUMEN

La presente tesis realiza un aporte significativo al estudio del efecto combinado de la extracción de aceites esenciales y del secado de la cáscara de naranja.

Un valor agregado a este trabajo es que aprovechamos un producto con alto potencial desde el punto de vista de la industria alimentaria como lo es la cáscara de naranja. Si bien es cierto en la actualidad se utiliza la cáscara de naranja como materia prima para muchos productos, se puede aprovechar de una manera más amplia de la forma como planteamos en la investigación realizada.

La extracción de aceites esenciales fue un punto de mucha importancia en el desarrollo de nuestro tema. Esta extracción se produce sometiendo a la materia prima a una serie de proceso y/o técnicas, en este caso utilizamos la destilación por arrastre de vapor, que consiste en separar sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otros productos no volátiles; de esta forma, compuestos orgánicos de alto punto de ebullición son destilados con cierta rapidez por debajo del punto de ebullición del agua, al lograr ser arrastrados por el vapor generado obteniéndose 3,40 cm³/kg de cáscara de naranja en un promedio de 20 minutos en el equipo-escala de laboratorio utilizado. Posterior a esto se realizó un secado a la cáscara; cabe destacar que nuestra materia-prima para este proceso fue cáscara de naranja (al cual ya se le extrajo lo aceites esenciales que contienen) con tres diferentes niveles de humedad. Se procedió con tres formas de secado: por microondas, por aire convectivo y aire convectivo asistido con energía radiante. Finalmente evaluamos y comparamos la técnica que es más eficaz en cuanto se refiere al secado de cáscara de naranja, obteniéndose así diferentes tiempos de secado.

ABSTRACT

This thesis makes a significant contribution to the study of the combined effect of the extraction of essential oils and dried orange peel.

Added value to this work is that we take a product with high potential from the point of view of the food industry such as the orange peel. While it is true today orange peel is used as raw material for many products, you can take advantage of a broader way of how we propose in the research.

The extraction of essential oils was a very important point in the development of our subject. This extraction occurs subjecting the raw material to a series of process and / or techniques used in this case the stripping steam, which consists of separating insoluble substances in water and slightly volatile, nonvolatile other products; thus, organic compounds of high boiling distillates are relatively quickly below the boiling point of water, to achieve be drawn by the steam generated yielding 3, 40 cm³/kg of orange peel on an average of 20 minutes on the laboratory scale equipment-used. Following this drying it was conducted to the shell; it is noteworthy that our raw material for this process was orange peel (which is already extracted I as essential oils containing) with three different moisture levels. We proceeded with three forms of drying: microwave, by convective air and air-assisted convection radiant energy. Finally we evaluate and compare technique is most effective as regards the drying orange peel, thus obtaining different drying times.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

Ahora en esta nueva generación caracterizada por una rutina de vida mucho más agitada por las diversas responsabilidades de la vida cotidiana, surgieron a la vez nuevas ideas de negocio “al paso” en las que las personas encuentran una salida rápida a sus necesidades alimenticias como por ejemplo: juguerías, fuentes de soda, fast food y otras opciones que se adecuan a las necesidades del consumidor sobre todo en las mañanas cuando la rutina esta por empezar. Según la Municipalidad de Cañete (2014) en el distrito de San Vicente existen 94,7 % de comerciantes acreditados en el rubro alimentario, 28,7% se dedican a la venta de desayunos y el 8,7 % se dedica únicamente a la venta de jugo de naranja, teniendo en cuenta también que muchos comercializan este producto sin estar debidamente acreditados.

Una de las soluciones rápidas más comunes son los jugos “mañaneros” que son nutritivos, saludables y apetecibles. Dentro de esta gran gama encontramos de manera resaltante al jugo de naranja. Esto refleja en cierta forma que el producto es consumido de manera frecuente, por tanto podemos decir que si se produce gran cantidad de jugo de naranja se desecha a la vez grandes cantidades de cáscara que es descartada sin ningún tipo de aprovechamiento.

Es por esto que empezamos la búsqueda de nuevas opciones para la reutilización de este derivado rico en aceites, potencial para fortificación de harinas, alimentos balanceados e infusiones.

Al no tener estudios anteriores que exploren las cualidades ya explicadas de la cáscara de naranja en lo que respecta a aceites esenciales y secado de “bagazo” para un uso posterior, será importante ver la influencia de las variables del proceso como la humedad inicial de la cáscara,

equipo y la técnica de destilación con arrastre de vapor, la curva volumétrica y cinética de extracción, el tiempo y temperatura de secado, ya que esto podría afectar de sobremanera la producción, viabilidad y factibilidad del producto que obtendremos asumiendo que será de vital importancia contar con estos datos para la optimización del proceso a realizar y para el cálculo de factores de conversión que servirán para procesamientos posteriores.

1.2. Formulación del Problema

PROBLEMA PRINCIPAL

- Con la cáscara de naranja se contribuirá al estudio de la extracción de aceites esenciales y realizar su posterior secado.

PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Después de los procesos mencionados se podrá evaluar fisicoquímicamente el aceite esencial extraído?
- ¿Se determinará los parámetros de extracción del aceite esencial, mediante la técnica de destilación con arrastre de vapor?
- ¿Después de los procesos realizados se podrá analizar, calcular y establecer la influencia de las variables en el proceso de producción del aceite esencial extraído?
- ¿Después de los procesos realizados se podrá evaluar y determinar el factor conversión del proceso de extracción de los aceites esenciales?
- ¿Después de los procesos se determinará el coeficiente global de transmisión de calor durante el proceso de condensación del vapor?
- ¿Se encontrará el método de secado más efectivo para el bagazo de la cáscara de naranja?
- ¿Se elaborará las curvas y cinética de secado para cada método?

1.3.Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivos generales

- Contribuir al estudio de la extracción de aceites esenciales y secado de cáscara de naranja (*citrus sinensis*, var. *Valencia late*)

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar físico químicamente el aceite esencial extraído.
- Establecer los parámetros de extracción del aceite esencial, mediante la técnica de destilación con arrastre de vapor.
- Determinar la curva y cinética de extracción de los aceites esenciales de la cáscara de naranja.
- Evaluar el factor conversión del proceso de extracción de los aceites esenciales.
- Determinar el coeficiente global de transmisión de calor durante el proceso de condensación del vapor.
- Encontrar el método de secado más efectivo para la cáscara de naranja.
- Elaborar las curvas y cinética de secado para cada método.

1.4. Justificación

Como se mencionó anteriormente debido al aumento de consumidores de “desayunos al paso” aumentó también la comercialización de jugos de naranja y por ende la eliminación de los residuos orgánicos, que al no aprovecharse constituyen un gasto adicional para su eliminación. Según la Municipalidad Provincial de Cañete en el 2014 existen 94,7 % de comerciantes acreditados en el rubro alimentario, 28,7% se dedican a la venta de desayunos y el 8,7 % se dedica únicamente a la venta de jugo de naranja sin contar con las personas que comercializan este producto y no se encuentran acreditadas.

La cáscara de naranja es rica en aceites esenciales muy valiosos para la industria alimentaria utilizables en: panadería, pastelerías, bebidas en diferentes variedades y también podemos aprovechar mediante el proceso de secado su capacidad para fortificar harinas, elaboración de infusiones y además como complemento de alimentos balanceados.

Pese a la gran utilización que podría tener esta “materia-prima” es desechada, quizás por desconocimiento, o la poca información que se maneja del tema, además de ello no hay estudios que combinen la extracción de aceites esenciales, con un proceso de secado optimizando de esta manera el uso de los residuos de la extracción del aceite esencial.

Finalmente la razón de este proyecto es presentar una alternativa de aprovechamiento de las riquezas mencionadas de la cáscara, contribuyendo así a ampliar conocimientos en la utilización de este recurso, además se reducirá la cantidad de desechos orgánicos reduciendo de esta forma el impacto ambiental que causan los mismos y que permitirá generar organizaciones de agentes recolectores y la creación de pequeñas o medianas industrias procesadoras de aceites esenciales consiguiendo obtener de esta forma un mayor valor agregado a la cáscara de naranja.

1.5. Importancia

La exposición y presentación de una metodología tecnológica de aplicación de métodos combinados correspondientes a la extracción de aceites esenciales y secado posterior del bagazo de la cáscara de naranja para recuperar los aceites esenciales y demás; para un posterior uso inmediato o productos de fabricación intermedia desde productos destinados en su mayoría como desechos orgánicos y que muestran grandes posibilidades para la obtención de productos químicamente orgánicos y de mayor valor agregado, contribuyendo de esta forma:

- 1.- Aprovechamiento al máximo de las sustancias que podrían perderse mostrando posibilidades de uso para el consumo humano o animal
- 2.- Mitigación de los efectos adversos que estos desechos orgánicos producen al medio ambiente
- 3.- Justificación social, por la generación de pequeñas y/o medianas empresas que utilicen este proyecto para generar ingresos en el Perú, posibilitando así oportunidades de trabajo.

CAPÍTULO II MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

Chaparro, Castillejos, Carmona, Escalona, Pérez (2013), *Evaluación sensorial de salchichas con harina de cáscara de naranja y/o penca de maguey*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México. De los dos subproductos utilizados, la salchicha formulada con harina de penca de maguey es fácilmente distinguible y su aspecto es diferente a una salchicha convencional por lo que este producto pudiera no ser completamente aceptado por los consumidores. Sin embargo, la harina de cáscara de naranja tiene un mejor potencial al generar una salchicha con mayor similitud al producto testigo, aunque su sabor también es distinguible. Respecto al potencial de los alimentos funcionales, las encuestas por un lado indican que los consumidores se preocupan por consumir alimentos saludables aunque un sector se resiste a probar nuevos productos. Lo anterior sugiere que ambos productos pudieran ser aceptados si se sigue mejorando el sabor una vez realizando un estudio afectivo, que indique el nivel de agrado y aceptación por el consumidor; sin embargo, este estudio se debe dirigir al segmento de población que si estaría dispuesto a incorporar a su dieta alimentos con nuevos ingredientes y nuevos sabores.

Moreno, Hernández, Rovero, Tablante, Rangel, (2000), *Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscaras de naranja*. Universidad Simón Rodríguez, Venezuela. El tratamiento 80% HCN + 20% AC presentó un valor de ICA de 3,56 siendo el mejor con respecto al control y el resto de los tratamientos (Tukey, $P < 0,05$). Se determinó que la Harina de cáscaras de naranjas representa un potencial alimentario para híbridos de tilapia roja. No se determinó en ninguno de

los tratamientos evaluados capacidad pigmentante. Se recomienda un nuevo ensayo en condiciones naturales

Vásquez, Marreros, Alenguer, (2001) *Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (Zingiber Officinale)*, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú. El rendimiento de aceite esencial de jengibre fue de 0.8% en masa, usando la técnica de extracción por arrastre de vapor, y su composición está basada principalmente en sesquiterpenos y monoterpenos. El secado de la materia prima debe realizarse bajo cobertizo y a temperaturas que no pasen 40°C, para evitar la pérdida de componentes volátiles. Es necesario realizar una molienda previa de la materia prima para facilitar el proceso de extracción. Para la separación del agua que arrastra al aceite esencial es necesario hacer una decantación y luego congelar el agua remanente. Las características sensoriales del producto obtenido por este método son adecuadas y concordantes con los de la literatura revisada. El aceite esencial de jengibre, puede ejercer una acción antimicrobiana sobre algunos microorganismos como el *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus faecalis* (enterococos).

Lossi (2012), *Obtención de Aceite Esencial del Flavelo del Fruto del Naranja Dulce (Citrus Sinensis L.) Tipo Blanca, Variedad Valencia, Empleando el método de destilación por arrastre de vapor a nivel laboratorio, en función de diferentes tipos de corte y contenido de humedad.* Universidad de San Carlos. Guatemala.

1. El mayor rendimiento de aceite esencial de naranja se obtuvo del flavelo fresco rallado con un valor de 1,8198%.
2. El tipo de corte con rallador para materia prima fresca y deshidratada presentó el rendimiento medio más alto de 1,1980%.

3. El tipo de corte que presentó menor rendimiento de aceite esencial fue con máquina cortadora de frutos cítricos, con 0,5836%.
4. Entre el flavelo cortado a mano o con cuchillo no existe diferencia significativa en el rendimiento de aceite esencial de naranja, con rendimientos de 0,757 y 0,7150%.
5. El estado fresco de la materia prima representó el mayor rendimiento de aceite esencial, con un valor de 1,0672%.
6. La extracción de aceite esencial con materia prima deshidratada representa una disminución del rendimiento de aceite esencial en un 46,56% respecto al rendimiento empleando materia prima fresca.
7. El menor rendimiento de aceite esencial de naranja se obtuvo para el flavelo deshidratado cortado con máquina, con 0,3901%.
8. La densidad media del aceite esencial de naranja 0,8487 g/mL, se encuentra dentro del rango propuesto por la Norma mexicana NMXF-063-1978, para aceite esencial de naranja a 25 °C.
9. El índice de refracción medio de aceite esencial de naranja con valor de 1,474 se encuentra dentro del rango propuesto por la Norma mexicana NMX-F-063-1978.
10. El componente mayoritario presente en el aceite esencial para los cuatro tipos de corte en estado fresco y deshidratado fue el monoterpeno limoneno.
11. Por medio de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-MS), se identificó el limoneno como especie más abundante en el esencial de naranja, con una media del 92%.
12. Por medio de cromatografía de capa fina se verificó cualitativamente la presencia de limoneno, mirceno, y linalool en el aceite esencial de naranja obtenido en cada tratamiento.

13. Por cromatografía de capa fina se determinó que el limoneno; componente más abundante en el aceite esencial de naranja, es más polar que el mirceno y linalool.

Quiroz (2009), *Utilización de Residuos de Cáscara de Naranja para la Preparación de un Desengrasante Doméstico e Industrial*. Universidad internacional Sek. Quito-Ecuador.

- Los principios activos de la cáscara de naranja se obtuvieron mediante extracción directa a reflujo, utilizando como solventes agua y alcohol potable al 90%. Y por destilación por arrastre con vapor. La utilización de métodos simples facilita la extracción a través de la gestión interna del Parque Metropolitano Guanguiltagua.
- Los índices de refracción obtenidos en las muestras son similares a los valores teóricos de los solventes utilizados para la extracción. Lo que indica que el solvente es el mayor componente de los extractos obtenidos.
- Los extractos sin aditivos tienen menor efectividad como desengrasante, tanto para vajillas como en manos. Por lo que es necesaria la incorporación de aditivos para la remoción de grasa.
- La eficiencia de remoción de grasa, el pH y los índices de refracción son similares entre los extractos, obtenidos por un mismo método, al utilizar cáscara fresca y cáscara seca. Por esta razón el proceso de secado no es necesario, sin embargo se lo puede emplear en caso de almacenar la cáscara para su posterior utilización.
- Como aditivos se utiliza como agente humectante glicerina (en un rango de 0,6 – 1,0 del volumen total), que ayuda a reducir la tensión superficial, permitiendo que el producto penetre mejor en la suciedad. Y como agente espumante y tensoactivo anfótero, para

atrapar las partículas de grasa y distribuir las en el agua, se utiliza betaína (en un rango de 0,3 – 0,5 del volumen total).

- Las evaluaciones cualitativas determinaron que a partir del método de destilación por arrastre con vapor se obtiene el extracto, que al incorporar los aditivos, funciona de manera más eficiente como desengrasante doméstico e industrial.
- La elaboración del desengrasante tiene un costo diario de producción de 1,67 USD. Valor que incluye el costo de la materia prima por litro (1,21 USD), el costo de la mano de obra (0,31 USD) y costos indirectos como movilización, amortización de equipos y envases (0,16).
- La inversión necesaria en equipos para la implementación de la planta en pequeña escala es de 17874,34 USD.
- La elaboración del desengrasante a partir de la cáscara de naranja, es una alternativa para el manejo de desechos orgánicos al incorporar un valor agregado a los residuos, sin embargo no ayuda en la disminución del volumen de cáscara de naranja generada.
- En el trabajo se monitorearon ciertas variables como el pH, sin embargo se debería monitorear algunas variables que pueden influir en el proceso como la temperatura y presión durante la extracción, la temperatura y tiempo de almacenamiento de los extractos, entre otros.
- En caso de que la cáscara de naranja no se utilice inmediatamente, se recomienda realizar el proceso de secado para su posterior utilización, con el fin de evitar el crecimiento de hongos y bacterias.

- El agua que circula por el condensador debe reciclarse, para esto el agua debe pasar por torres de enfriamiento, de esta manera se disminuye el consumo de agua y su desperdicio.
- Se debe dar un tratamiento a los residuos de cáscara de naranja, después de la extracción, con el fin de reducir su volumen, por ejemplo, se pueden realizar procesos de biodegradación para la elaboración de un abono orgánico.
- Se recomienda realizar una cuantificación de los componentes del extracto obtenido por destilación por arrastre con vapor, para verificar la presencia de limoneno y desarrollar un mejor producto desengrasante.
- Debido a la incorporación de aditivos, es necesario analizar si el desengrasante es biodegradable, se podría realizar pruebas utilizando microorganismos para determinar si los compuestos del desengrasante pueden ser descompuestos y el tiempo de degradación.
- - Se recomienda realizar el diseño de la planta, con especificaciones más detalladas sobre los equipos, infraestructura necesaria para el funcionamiento de los mismos y un estudio económico para saber si el proyecto es rentable.
- - Se recomienda realizar un estudio de mercado, analizando costos de inversión, rentabilidad, competencia, precio final del producto, entre otros. Para determinar si es posible la instalación de una planta para producir el desengrasante.
- - Los aceites esenciales de la cáscara de naranja son ampliamente utilizados como saborizantes o aromatizantes, por lo que se podría desarrollar un sistema de extracción de aceites esenciales para su comercialización.

Della Roca (2010), *Secado de Alimentos por Métodos Combinados: Deshidratación Osmótica y Secado por Microondas y Aire Caliente*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En el presente trabajo se estudió el secado combinado (secado por microondas y convección con aire caliente simultáneamente) de papas pretratadas con deshidratación osmótica durante 1 hora, las que luego fueron envasadas en atmósfera modificada: 30 % de CO₂ y 70 % de N₂ en bolsas de un material compuesto por tres capas: polietileno-poliamida-polietileno. Se determinó luego el tiempo de vida útil del producto realizando ensayos microbiológicos consistentes en el recuento de aerobios mesófilos a 30 °C, anaerobios mesófilos a 30 °C, enterobacterias, coliformes totales, mohos, levaduras, clostridios sulfito reductores, *Staphylococcus aureus* coagulasa y *Escherichia coli*. Los análisis se llevaron a cabo en los días 0, 30, 60 y 120 de almacenamiento en refrigeración a 4°C. El producto se mantuvo estable frente al deterioro microbiano en el tiempo estudiado. Además, presentó características organolépticas y de textura adecuadas luego de ser hervido durante aproximadamente 5 min.

Las condiciones de pretratamiento por deshidratación osmótica empleadas para obtener el producto final fueron: Concentración de xilitol: 40 % m/m Concentración de sal: 5 % m/m Temperatura: 40 °C Relación masa de solución a masa de papa: 4 Tamaño de cubos (arista: 1 cm) Nivel de agitación: 120-130 rpm Tiempo de deshidratación: 1 h El secado combinado se llevó a cabo en un microondas doméstico con microondas y convección de aire caliente simultáneo. Se realizaron experiencias a 40 %, 50 % y 60 % de la potencia máxima del equipo. Finalmente, la potencia elegida en el proceso de secado combinado para obtener el producto final fue de 60 %, ya que de esta manera se reduce el tiempo del secado combinado (5min) sin afectar la estructura del producto tal 159 como pudo ser verificado por las microfotografías obtenidas. Además, para el tiempo empleado de secado, la superficie no presentó daño (quemaduras). Para poder determinar

las condiciones de trabajo anteriores se realizaron una serie de experiencias cuyas conclusiones se detallan a continuación:

En primer lugar, se buscaron las condiciones óptimas de trabajo que maximizan la eficiencia del proceso de deshidratación osmótica. La eficiencia de deshidratación aumenta al incrementar la pérdida de agua y minimizar la ganancia de sólidos ya que interesa la deshidratación y no la impregnación del producto con sólidos de la solución. Se concluyó que concentraciones altas de sacarosa cercanas al 40 % m/m favorecen la pérdida de agua y obstaculizan la ganancia de sólidos por la formación de una capa superficial de sólido que impide el posterior ingreso de sólidos al interior del producto. No obstante, muy altas concentraciones pueden dificultar la agitación y el bombeo de la solución en los procesos industriales cuando la solución debe ser reciclada incrementando los costos de operación (energéticos).

Si bien se realizaron los primeros ensayos de deshidratación osmótica usando sacarosa, luego para obtener el producto final, se sustituyó por otro edulcorante, xilitol, de menor aporte energético. Actualmente el xilitol es más caro que la sacarosa ya que se produce vía síntesis química y requiere varias etapas de purificación que afectan el precio final del producto. No obstante, una alternativa es la obtención del mismo a partir de la fermentación de residuos agroindustriales con elevadas concentraciones de hemicelulosa tales como el bagazo de caña de azúcar. En nuestro país se genera un volumen muy importante de este residuo que podría aprovecharse en este uso. De esta manera se podría abaratar su costo en los años próximos.

Se modelaron las cinéticas de secado de las dos etapas: deshidratación osmótica y secado combinado. 160 Para el proceso de deshidratación osmótica, la solución de la 2ª Ley de Fick de la difusión para la transferencia de masa en estado no estacionario en el caso de geometría cúbica se utilizó para calcular los coeficientes de difusión efectivos. La importancia de este cálculo radica

en que conociendo los coeficientes de difusión efectivos se puede predecir la humedad de las papas en cualquier instante de tiempo si se trabaja en condiciones experimentales similares.

Asimismo, se empleó otro modelo para estimar los coeficientes de difusión efectiva basados en un modelo de primer orden para la velocidad de deshidratación osmótica. Los valores obtenidos fueron del mismo orden de magnitud que los calculados con el modelo de Fick. Los valores de difusividad efectiva del agua calculados para la deshidratación osmótica utilizando una solución de concentración 40 % m/m de sacarosa y 10 % m/m de sal fueron de $1.32 \pm 0,16 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{seg}$ empleando el modelo de Fick y de $3.08 \pm 0,63 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{seg}$ con el modelo de primer orden. Estos valores obtenidos fueron similares a los encontrados en la literatura. Se calcularon los coeficientes de difusión efectivos del agua para distintas concentraciones de sacarosa en la solución y se pudo concluir que el coeficiente aumenta a medida que se incrementa la concentración de los solutos en la solución. Es decir, aumenta al ser superior la fuerza impulsora (actividad acuosa) entre el alimento y la solución en que se halla inmerso. Asimismo se calculó el coeficiente de difusión efectivo de sólidos. El valor obtenido fue de $3.12 \pm 0.63 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{seg}$ inferior al coeficiente de difusión del agua, $13.2 \pm 1.60 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{seg}$ ya que a una concentración de sacarosa de 40 % m/m y 10 % m/m de sal, la difusión del agua resulta más significativa que la de sólidos.

En el modelado matemático de la deshidratación osmótica se emplearon también otros modelos del tipo empíricos como los de Peleg, Azuara, Hawkes y Flink y Raoult-Wack que ajustaron los datos experimentales de manera satisfactoria. No obstante, se considera que el modelo de Hawkes y Flink ajusta los valores experimentales mejor para tiempos cortos. Los modelos de Peleg, Azuara y Raoult Wack predijeron los valores de equilibrio para la humedad y la pérdida de agua de manera similar. Sin embargo se pudo apreciar un mejor ajuste a los datos

experimentales de los modelos de Azuara y Raoult Wack. También se utilizaron modelos polinomiales cuyo ajuste fue apropiado para el caso de tercer grado.

Por otra parte, en la etapa de secado combinado de las papas pretratadas con deshidratación osmótica en las condiciones anteriormente mencionadas se ajustaron los datos experimentales de manera favorable con expresiones polinómicas de tercer grado y se alcanzaron coeficientes de determinación muy cercanos a 1.

La deshidratación osmótica como pretratamiento antes del secado combinado contribuyó a impedir el deterioro de la estructura y la pérdida de aromas y sabores que se originarían en el producto si se sometiera a altas temperaturas como en el caso del tratamiento térmico empleando sólo secado convectivo. La deshidratación osmótica es un proceso eficiente desde el punto de vista energético.

El secado combinado posterior al pretratamiento con deshidratación osmótica requiere condiciones menos severas que si se aplica únicamente el secado combinado. Los resultados y las conclusiones alcanzadas en esta tesis aportan información para el diseño de productos hortícolas mínimamente procesados y permiten predecir la tendencia de algunas variables (pérdida de agua, ganancia de sólidos) determinantes en la eficiencia del tratamiento pudiendo contribuir a optimizar las condiciones de proceso a escala industrial.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Naranja valencia

Las flores son de tamaño medio a grande. Los estambres tienen las anteras de color amarillo con gran cantidad de polen. Los frutos presentan coloraciones desde amarillo-naranja a naranja. Las formas pueden ser desde esféricas, achatadas o elipsoidales, siendo el tamaño de medio a grande. A este grupo pertenecen variedades que podríamos denominar finas o selectas, con pocas o ninguna semilla y otras que podríamos llamarlas blancas comunes con semillas en número variable. Si aparecen son poliembriónicas. Se puede considerar como un grupo de variedades productivas que dan lugar a frutos sin ombligo y sin pigmentación sanguínea.

VARIEDADES

- Salustiana
- Valencia Late
- Valencia Delta Seedless
- Valencia Late Midnight

VALENCIA LATE:

Es un árbol vigoroso de gran tamaño, se adapta bien a diversos climas y suelos. Sus frutos son de tamaño mediano, forma redondeada, muy pocas semillas, zumo abundante y de calidad. El origen de esta variedad no se conoce a ciencia cierta. Es una variedad de recolección tardía, aunque se puede mantener en el árbol varios meses. Este tipo de naranja valencia es la más cultivada en la zona de selva central del Perú (valles de Chanchamayo y Satipo)¹

¹ Dirección general de promoción agraria, Ministerio de Agricultura (Enero2004)

Figura 1: Zonas de Producción de Naranja



Fuente: Jakelyn Jenyfer Hinostroza Albino (Blogspot), 2012

2.2.2. CARACTERÍSTICAS

➤ CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO MADURO

En la siguiente tabla se muestran las características del fruto maduro (naranjas) y se realiza una comparación entre las variedades Valencia y Washington Navel, destacando que trabajaremos con naranjas de variedad Valencia.

Tabla 1: Características del fruto maduro

VARIEDAD	NARANJAS: Características del fruto maduro					Destino
	Color de la cáscara	Color de la pulpa	Número de semillas	° Brix	Acidez	
VALENCIA	Amarillo claro	Amarillo	3-6	9.5-11.5	1.91-1.79	Jugo e Industria
WASHINGTON NAVEL	Naranja claro	Anaranjado intenso		9-13	1.68-0.86	Consumo Fresco

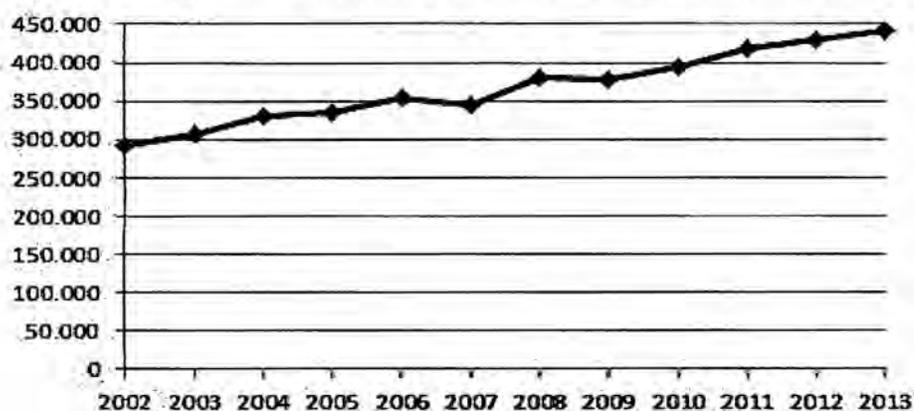
Fuente: Manual Técnico de Cítricos de la Comunidad Valenciana (Techno Serve Inc.) 1983.

2.2.3. PRODUCCIÓN

La citricultura es una importante actividad en la mayor parte del mundo, ya sea en su estado fresco o como procesado. Podríamos decir que los cítricos encuentran en casi todos los países del mundo. El hemisferio norte produce aproximadamente el 65% de la producción mundial, sin embargo el mayor país productor se encuentra en el Hemisferio Sur, Brasil. La producción nacional

de naranja fue de 441.125 toneladas el año 2013, cantidad 2.89% superior a la producción del año 2012. Tal como se aprecia en la siguiente figura la producción ha venido creciendo aunque no de una manera ininterrumpida debido a que los años 2007 y 2009 tuvo ligeras caídas en el nivel de producción(2.71% y 0.63% respectivamente).

Figura 2: Producción peruana de Naranjas - en toneladas



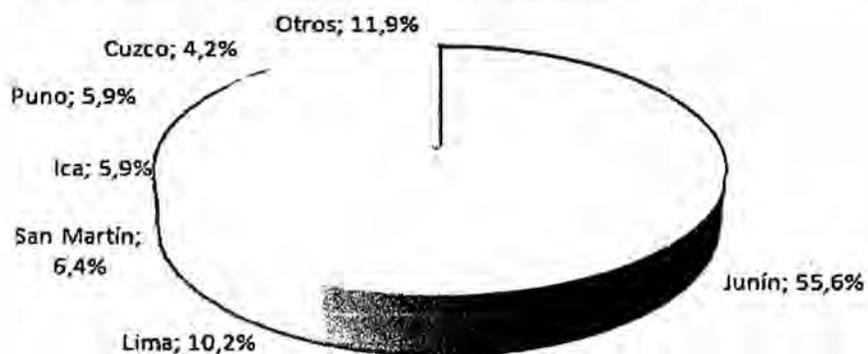
Fuente: Minag(Series Historicas de Producción Agrícola), 2013

La región Junín ha sido tradicionalmente la principal productora de naranjas en el Perú, y como se puede ver en la figura el año 2013 concentró el 55.6% de la producción, 5.45% superior a lo producido el año 2012

En la región Lima la producción fue de 45.118 toneladas, con lo cual se aumentó la producción de la región en 3.99% , llegando a presentar el año 2013 el 10.2% de la producción nacional.

La tercera región de importancia en cuanto a la producción, es la región de San Martín el año 2013 tuvo una caída de su producción del 1.84%; en la región Ica la producción aumentó un 9.32%y en el Cuzco la producción cayó 11.63%; en Puno la producción tuvo un ligero aumento del 0.40%.

Figura 3: Participación en la Producción de naranjas por regiones -2013



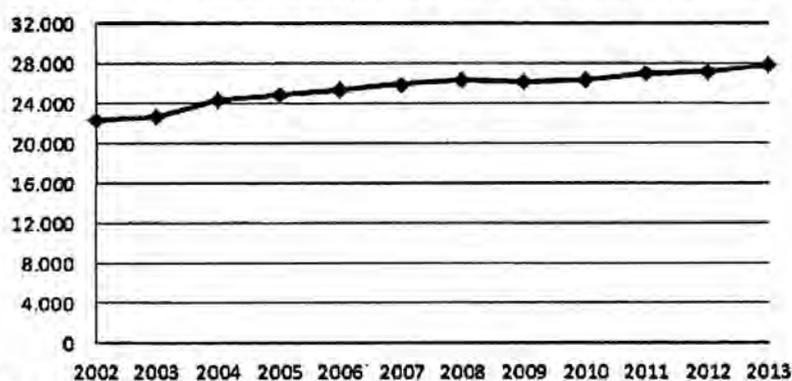
Fuente: Minag(Series Historicas de Producción Agrícola), 2013

En el año 2013 la superficie cosechada de naranjas en el Perú fue de 27.847 hectáreas, con lo cual el crecimiento en la superficie cosechada fue del 2.17% respecto al año 2012.

Junín es la región con la mayor superficie cosechada, concentrada el 45.05% del total, luego vienen las regiones: Puno(9,31%), San Martín(7.76%), Cuzco(6.08%), Lima (4.63 %) e Ica (3.36%) entre las más importantes regiones productoras de naranjas. En cuanto a incrementos en la superficie cosechada por regiones, las variaciones en la superficie cosechada el año 2013 respecto a la del 2012 fueron de:

1. Junín 4.06%
2. San Martín 4.04%
3. Puno 0.78%
4. Ica 1.30%
5. Cuzco -0.42%.

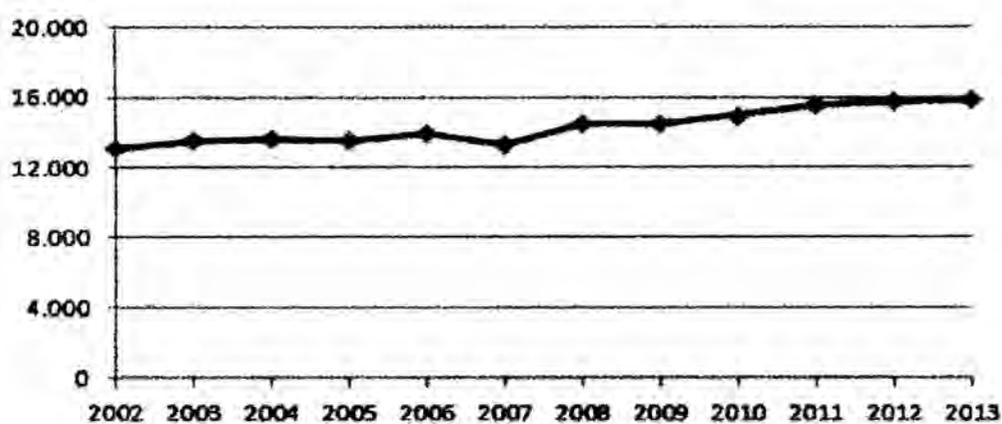
Figura 4: Superficie Cosechada a Nivel Nacional- Hectáreas



Fuente: Minag(Series Historicas de Producción Agrícola), 2013

El rendimiento nacional por hectáreas de naranja el año 2013 fue de 15.841 kilos/ha, un 0,71% superior al registrado el año 2012. La región Lima tuvo un rendimiento de 35.002 kilos/ha con lo cual estuvo 120,96% por encima del promedio nacional, respecto al año 2012 el rendimiento alcanzado en la región Lima el año 2013 fue 1,35% superior. Otra región con rendimiento muy superior al promedio nacional es la región Ica, su rendimiento el año 2013 fue de 27.603 kilos/ha, 74.25% mas que el promedio nacional. El rendimiento de la región Junín, la principal región productora fue de 19.536 kilos/ha, 23.33% superior al promedio nacional..

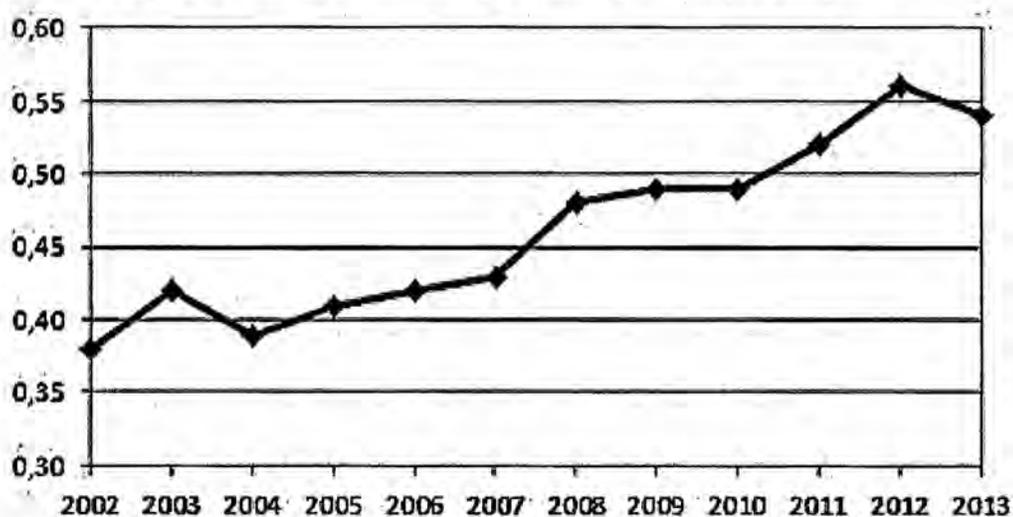
Figura 5: Rendimiento Nacional- Kilogramos por hectáreas



Fuente: Minag(Series Historicas de Producción Agrícola), 2013

El precio en chacra por kilogramo de la naranja considerando el promedio nacional fue de S/. 0.54 el año 2013, un 3.57% menor que el precio del año anterior. Los mayores precios por kilo de naranja en chacra el año 2013 se pagaron en las regiones de Lima e Ica con S/.1.20 y S/. 1.17 por kilo respectivamente. En la región Junín fue de S/.0.37 por kilo, 31.48% menos que el promedio nacional; el precio en la región San Martín fue de S/.0.37 y en Puno S/. 0.50 y en Cuzco S/.0.55.

Figura 6: Precios en Chacra de la Naranja – Soles por kilogramo

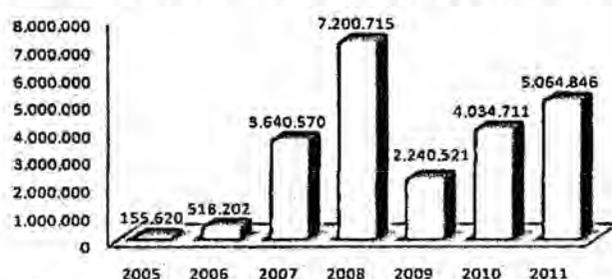


Fuente: Minag(Series Historicas de Producción Agrícola), 2013

EL MERCADO

Las exportaciones de naranjas en el año 2011 fueron de US \$ 5.064,846 millones de dólares, reportaron un crecimiento de dólares, reportando un crecimiento del 25.53% respecto al valor de las exportaciones del año 2010. En la figura también se puede apreciar que el pico del valor de las exportaciones peruanas se alcanzó el año 2008. Expresado en kilogramos, se exportaron 11,318,088 kilos de naranjas el año 2011, cantidad 44,16% mayor que los kilos de naranjas exportadas el año 2010.

Figura 7: Exportaciones Peruanas de Naranjas, frescas o secas



Fuente: Sunat (Anuario Estadístico de Comercio Exterior), 2011

2.2.4. CÁSCARA DE NARANJA

La cáscara de naranja está compuesta por FLAVEDO y ALBELO:

EXOCARPO O FLAVEDO

Es el tejido exterior que está en contacto con la epidermis, en él abundan vesículas que contienen la mayor parte de los pigmentos y los aceites esenciales de la naranja, estos últimos se encuentran en numerosos sacos o glándulas cuyo diámetro varía de 0,4 a 0,6 milímetros. Los pigmentos son carotenoides y éstos, al igual que los aceites esenciales, se encuentran en gran cantidad en el flavedo, la cantidad de carotenoides (20-30mg/ 100g) y la de los aceites esenciales es de (0,05 a 1 ml por 100 cm² de superficie). También existe una cutícula externa formada por ceras y otros lípidos (Primo, 1998).

Figura 8: Caracterización de las partes de la naranja



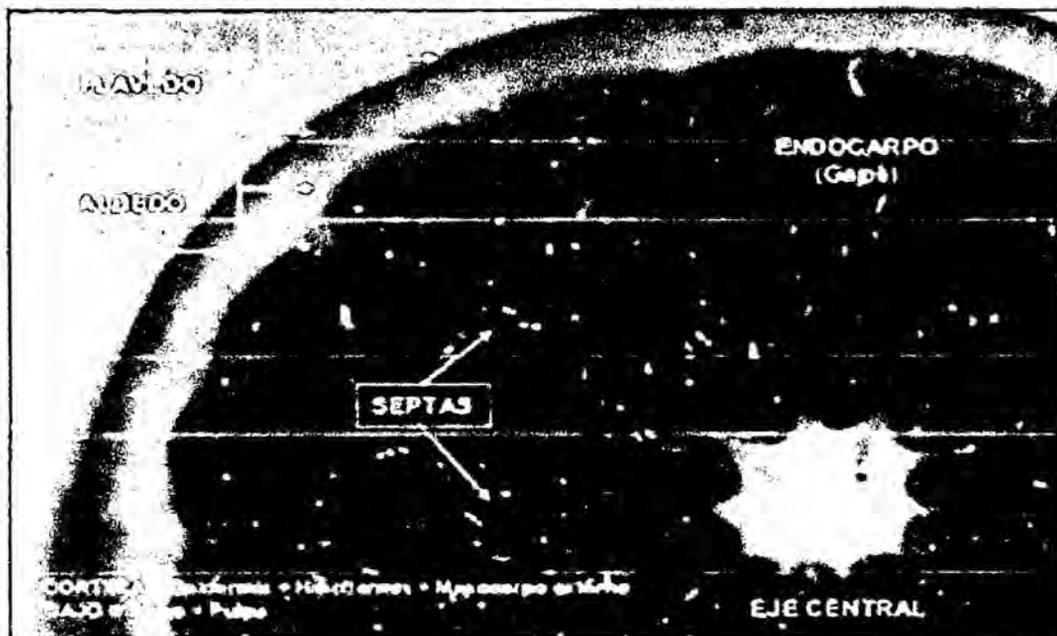
Fuente: Manual Técnico Agrícola, 2013

MESOCARPO O ALBEDO

Debajo del flavedo está el albedo, un tejido esponjoso y blanco, forma el eje central del fruto que proporciona agua y materiales nutritivos.

El albedo puede constituir del 20 % al 60% de la totalidad del fruto, variando el grosor de la corteza por ejemplo en las naranjas varía de 4 mm a 12 mm. El albedo fresco contiene de un 75% a 80% de agua, mientras que sus principales componentes, calculados en relación a la materia seca, son el 44% de azúcares, 33% de celulosa y 20% de sustancias pépticas (Ruiz et al, 2007). El compuesto más importante que se obtiene del albedo es la pectina, que se obtiene en grandes cantidades, para su utilización como en la fabricación de mermeladas y jaleas, también se utiliza como agente adhesivo y como activo encapsulante en la deshidratación de alimentos y líquidos (Ruiz et al, 2007).

Figura 9: Caracterización de las partes de la naranja



Fuente: Manual Técnico Agrícola, 2011

COMPOSICIÓN DE LA CÁSCARA DE NARANJA

Tabla 2: Composición nutricional de naranja valencia. Contenida en 100 gr

NUTRIENTE	UNIDADES	NARANJA CON CÁSCARA α	NARANJA SIN CÁSCARA β	CÁSCARA DE NARANJA
Agua	G	82.30	86.75	72.50
Energía	Kcal	63	47	97
Proteínas	G	1.30	0.94	1.50
Lípidos Totales	G	0.30	0.12	0.20
Cenizas	G	0.60	0.44	0.80
Carbohidratos	G	15.50	11.75	25.00
Fibra total dietaria	G	4.5	2.4	10.6
Azucares total	G	....	9.35	.....
Minerales				
Calcio	Mg	70	40	161
Hierro	Mg	0.80	0.10	0.80
Magnesio	Mg	14	10	22
Fosforo	Mg	22	14	21
Potasio	Mg	196	181	212
Sodio	Mg	2	0	3
Zinc	Mg	0.11	0.07	0.25
Cobre	Mg	0.06	0.05	0.09
Manganeso	Mg	.....	0.03	.....
Selenio	Mcg	0.7	0.5	1.0
Vitaminas				
Vitamina C	Mg	71.0	53.20	136.00
Tiamina	Mg	0.100	0.087	0.120
Riboflavina	Mg	0.050	0.040	0.090
Niacina	Mg	0.500	0.282	0.900
Ácido Pantotenico	Mg	0.330	0.250	0.490
Vitamina B-6	Mg	0.093	0.060	0.176
Folatos, total	Mcg	30	30.00	30.00
Colina, total	Mg	....	8.4	.....
Vitamina A	IU	250	225	420
Vitamina E		....	0.18	0.25
Otros				
Beta – caroteno	Mcg	....	71	....
Alfa – caroteno	Mcg	....	11	....
Beta – criptoxantina	Mcg	....	116	....
Luteína + zeaxantina	Mcg	....	129	....
α Sin semillas.		β Por diferencia.		

Fuente: USDA, 2007

Tabla 3: Concentración de flavonoides en flavedo, albedo y cáscara de naranja de variedad Valencia (mg por 100 gr. De peso fresco)

FLAVONOIDE	FLAVEDO	ALBEDO	CÁSCARA +
Flavanonas			
Eriocitrina	8.2	3.6	5.9
Neoeriocitrina	0.0	0.0	0.0
Narirutina	13.3	118	66.5
Naringina	0.0	0.0	0.0
Hesperidina	495	2300	1410
Neohesperidina	0.0	0.0	0.0
Neoponcirina	10.1	73.0	42.1
Poncirina	0.0	0.0	0.0
Flavonas			
Rutina	0.0	0.0	0.0
Isorroifolina	2.3	0.0	1.1
Roifolina	11.8	0.0	5.8
Diosmina	11.1	0.0	5.5
Neodiosmina	6.0	0.0	3.0
Flavonas Polimetoxiladas			
Sinensetina	64.6	4.5	34.0
Nobiletina	33.7	3.1	18.1
Tangeretina	15.7	1.6	8.5
Heptametoxiflavona	4.1	0.0	2
+ Datos calculados a partir de los resultados experimentales de flavedo y albedo			

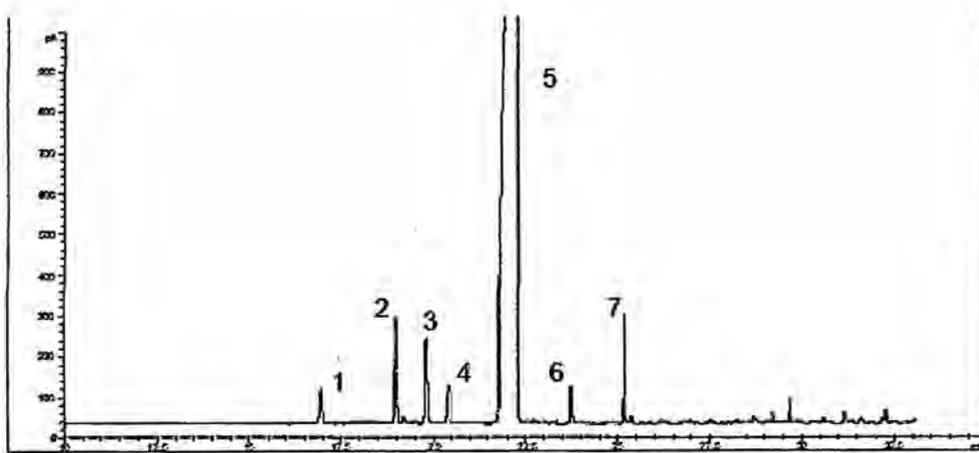
Fuente: Nogata, 2006

Tabla 4: Composición de los aceites esenciales de la cáscara de naranja obtenido por HDMO

Nº de Hidrodestilaciones	Cantidad de Tiempo		Rendimiento de aceite esencial	Rendimiento %
	Ciclos	Minutos		
1	4	15min	2.0 ml	0.20
2	4	15min	2.1 ml	0.21
3	4	15min	1.8 ml	0.18

Fuente: Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona, 2007

Figura 10: Perfil cromatográfico del aceite esencial de cáscara de naranja dulce *Citrus Sinensis*, variedad Valenciana, cultivada en Labateca (Colombia).



Fuente: Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona, 2007.

Tabla 5: La identificación de cada pico se explica en la siguiente tabla:

Nº	T_R min	Concentración relativa (%)	IK_lit (1)	IK_exp (2)	Identificación
1	16.962	0.43%	921	922	Isocitroneleno
2	19.009	1.62%	953	952	Canfeno
3	19.820	1.66%	978	979	trans -p- Metano
4	20.426	0.69%	1004	1003	p- Menta- 1 (7), 8 - dieno
5	21.957	90.93%	1031	1034	Limoneno
6	23.747	0.45%	1072	1071	Dihidromircenol
7	25.210	1.78%	1200	1202	trans- Dihidrocarvona

(1) Índices de Kovats determinados experimentalmente, calculados en columna no polar HP - 5
 (2) Índices de Kovats reportados por la literatura en columna DB - 5
 (Adams, 1995)

Fuente: Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona

2.2.5. ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son productos químicos que forman los componentes odoríferos de un gran número de vegetales. El término aceite esencial se aplica también a las sustancias sintéticas similares preparadas a partir del alquitrán de hulla y en las sustancias semisintéticas preparadas a partir de los aceites naturales esenciales.

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter, aceites vegetales y minerales. Los aceites esenciales proceden de las flores, frutos, hojas, raíces, semillas y corteza de los vegetales. Los aceites se forman en las partes verdes (con clorofila) del vegetal y al crecer la planta son transportadas a otros tejidos, en concreto a los brotes en flor. Se desconoce la función exacta de un aceite esencial en un vegetal; puede ser para atraer los insectos para la polinización, o para repeler a los insectos nocivos, o puede ser simplemente un producto metabólico secundario. Los aceites volátiles se pueden obtener de las plantas o frutos por extrusión, maceración y arrastre de vapor. Los aceites esenciales son los principales constituyentes del aroma y sabor de las especias. Estos son destilados por arrastre de vapor sencillo, en seco, a vacío u obtenidos por presión en frío (Farrel, 1985).

Las especias y sus aceites esenciales presentan la propiedad de inhibir el crecimiento de microorganismos, expresada como actividad antimicrobiana, actuando como agentes bacteriostáticos o anti fúngicos. Estas propiedades se han conocido durante siglos. La canela, el comino y el tomillo se utilizaban en el antiguo Egipto en los embalsamientos, en India y China para conservar alimentos y como remedios medicinales. Otra propiedad funcional de los aceites esenciales es la de actuar como antioxidantes, retrasando o inhibiendo la oxidación de los aceites y lípidos en general. La canela por ejemplo presenta este tipo de actividad, pero no es tan efectiva como la mostrada por los aceites de romero, salvia y orégano (Hirasa y Takemasa, 2002)

Los aceites esenciales se caracterizan por sus propiedades físicas como densidad, viscosidad, índice de refracción y actividad óptica. La mayoría de los aceites esenciales tiene una densidad menor a la del agua excepto los aceites de almendras amargas, mostaza, canela, perejil o clavo. El índice de refracción es una propiedad característica de cada aceite esencial y cambia cuando este se diluye o mezcla con otras sustancias (Orduño, 2006)

Tabla 6: Características de los aceites esenciales

Características	Naranja	Limón
Color	Naranja / Incoloro	Amarillo / Incoloro
Olor	Típico del fruto	Típico del fruto
Aspecto	Brillante	Brillante
Densidad a 20° C	0.84 - 0.85	0.851 - 0.855
Índice de refracción a 20 °C	1.4710 - 1.4770	1.4743 - 1.4757
Rotación óptica a 20° C	92 - 99	57.9 - 62.3
Residuo fijo %	2 - 4.5	2.2 - 2.5
Solubilidad en alcohol de 90°	9 - 14.5	8.5 - 19
Aldehídos %	1 - 2.5	2.2 - 3.8

Fuente: Sánchez, 2003

2.2.6. METODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Los diferentes procesos de extracción utilizados en la obtención de aceites esenciales y extractos aromáticos, se pueden resumir de la siguiente forma:

TABLA 7: Métodos de extracción de mezclas aromáticas

MÉTODO	PROCEDIMIENTO		PRODUCTOS OBTENIDOS
Métodos directos	Extracción	Compresión de Cáscara	Aceites esenciales cítricos
		Raspado de Cáscara	
	Macerado	Lesiones mecánicas en cortezas	Gomas, resinas, bálsamos
Destilación	Directa		Aceites esenciales y aguas aromáticas
	Arrastre con vapor de agua(directo indirecto, a presión, a vacío)		
	Destilación – maceración (liberación enzimáticas de agliconas en agua caliente)		
Extracción con solvente	Solventes volátiles Técnicas de vanguardia	En caliente	Infusiones y resinoides alcohólicos
		En frío	
	Solventes fijos (grasas y aceites)	En caliente	Concretos y absolutos. Absolutos de pomadas. Absolutos de enflorados.
		En frío	
Técnicas de vanguardia	Utilización de ultrasonidos en el proceso extractivo de hidrodestilación.		
	Extracción por microondas.		
	Extracción con fluidos en estado supercrítico.		

2.2.7. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES POR ARRASTRE DE VAPOR

En la destilación por arrastre con vapor de agua, la muestra vegetal generalmente fresca 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, por

ejemplo las utilizadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, a la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada. La destilación por arrastre con vapor que se emplea para extraer la mayoría de los aceites esenciales es una destilación de mezcla de los líquidos inmiscibles y consiste en una vaporización a temperaturas inferiores a las de la ebullición de cada uno de los componentes volátiles por efecto de una corriente directa de vapor de agua, el cual ejerce la doble función de calentar la mezcla hasta su punto de ebullición y adicionar tensión de vapor a la de los componentes volátiles del aceite esencial, los vapores que salen de la cámara extractora se enfrían en un condensador donde regresan a la fase líquida, los dos productos inmiscibles, agua y aceite finalmente se separan en un dispositivo decantador o vaso florentino.

La siguiente figura, muestra el Modulo de Extracción de aceite esenciales que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos y Operaciones Unitarias (LIPOU-FIPA) de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos.

Figura 12: Modulo de extracción de aceites



Fuente: LIPOU-FIPA.

2.2.8. SECADO

El secado es una operación en la cual se elimina parcial o totalmente, por evaporación, el agua de un sólido o un líquido. El producto final es siempre sólido lo cual diferencia el secado de la evaporación. En esta última, aunque hay eliminación de agua, se parte siempre de un líquido para obtener un concentrado líquido.

Aun cuando el objetivo principal no sea secar un alimento, el secado puede producirse cuando se efectúan otras operaciones de tratamiento o conservación.

Los objetivos del secado básicamente son:

- 1.- Conservación para prolongar vida de anaquel.
- 2.- Reducción de peso y volumen para facilitar empaque y transporte.
- 3.- Presentación de alternativas de consumo.

2.2.9. MÉTODOS DE SECADO PARA LA CÁSCARA DE NARANJA

SECADO POR MICROONDAS

Las microondas son parte del espectro electromagnético y en consecuencia, se componen de campos magnéticos y eléctricos. En el calentamiento de alimentos por microondas, los campos eléctricos interactúan con las moléculas de agua e iones en el alimento, generando calor en forma volumétrica en el interior del mismo. La estructura de la molécula está constituida por un átomo de oxígeno, cargado negativamente y dos átomos de hidrógeno, cargados positivamente. La molécula de agua es un dipolo eléctrico que, cuando se lo somete a un campo eléctrico oscilante de elevada frecuencia, los dipolos se reorientan con cada cambio de polaridad. Así se produce la fricción dentro del alimento que hace posible que el mismo se caliente.

La diferencia principal entre las microondas y la radiación infrarroja es que las microondas inducen una fricción entre las moléculas de agua, que provoca calor; en cambio, la energía infrarroja es simplemente absorbida y convertida en calor. El calor generado por las microondas no es uniforme. En el interior de los alimentos, se producen gradientes de temperatura que ocasionan la difusión del agua y provocan cambios en las propiedades de éstos que a su vez tienen efecto sobre la generación de calor. En síntesis, podemos decir que: “las ondas electromagnéticas son responsables de la generación de calor, la transferencia de humedad y de los cambios bioquímicos y transformaciones físicas que se producen en el alimento.”

Estos equipos constan de tres componentes principales:

- ✓ El magnetrón que genera los campos electromagnéticos productores de microondas
- ✓ Un tubo de aluminio denominado guía. En su interior, la energía se va reflejando y va siendo conducida hasta la cámara de calentamiento.
- ✓ Una cámara de calentamiento donde se dispone el alimento para ser calentado.

Las dos propiedades que determinan la interacción del alimento con las microondas son la constante dieléctrica y la pérdida dieléctrica. La constante dieléctrica representa la habilidad del material para almacenar energía electromagnética y el factor de pérdida dieléctrico efectivo tiene en cuenta la disipación de energía o la generación de calor. El aire en el interior del horno de microondas absorbe muy poca energía de las microondas, por lo tanto el alimento es calentado directamente por las ondas electromagnéticas; a excepción de los hornos microondas combinados que también trabajan con convección de aire calentado por una resistencia eléctrica. El tamaño, la forma y las propiedades de los alimentos afectan la distribución espacial de la absorción de las microondas.

SECADO CONVECTIVO POR AIRE CALIENTE

El secado convectivo por aire caliente son utilizados para secar partículas en forma laminar o en pasta. El calor se suministra a través de aire caliente o gas, el cual fluye sobre la superficie del sólido. El aire, los gases inertes, el vapor sobrecalentado, o gases de combustión directa pueden ser utilizados en sistemas de secado convectivo (Mujumdar, 2000)

La utilización del secado convectivo por aire caliente como tratamiento térmico único, en todas sus variantes, permite procesar cualquier producto alimenticio para la obtención de un producto final estable. Sin embargo produce en los alimentos algunas transformaciones que pueden atentar con su calidad final. Entre ellas podemos mencionar: alteraciones en la forma y la textura del producto; composición y estructura no uniforme, cambios de sabor y aroma, modificación del color, degradación de componentes nutricionales, mala capacidad de rehidratación, etc. (Mascheroni, 2006).

SECADO CONVECTIVO POR AIRE CALIENTE ASISTIDO POR ENERGIA RADIANTE

Se ha demostrado que un sistema que combine las tecnología de secado por energía radiante con la de secado convectivo, es más rápido y eficiente que el uso de secado por energía radiante y aire caliente por separado (Kocabiyik, 2011). La transferencia de calor y materia se lleva a cabo más eficientemente y consecuentemente los tiempos de secado disminuyen significativamente, se incrementa la eficiencia energética y el consumo de energía específica disminuye. Además, el costo energético y operativo de los sistemas de secado es menor que el del sistema de secado convectivo y se ha comprobado que existen mejoras en la calidad de los productos alimenticios y agrícolas (Kocabiyik, 2011).

2.2.10. USOS DE ACEITES ESENCIALES Y DE LA CÁSCARA DE NARANJA SECA.

Los aceites esenciales tienen propiedades medicinales y fueron utilizados desde la antigüedad para curar enfermedades.

La ciencia moderna los procesa para obtener drogas o remedios específicos para prevenir o curar diversas afecciones tanto del ser humano como de animales. Con base en sus propiedades son ampliamente utilizados para el aparato digestivo, respiratorio, nervioso y circulatorio. Actualmente son de amplia utilización en el mundo en aromaterapia.

Estos aceites proveen a la industria alimenticia sabores y aromas característicos, muy utilizados en panaderías, confituras, golosinas, gaseosas, helados, conservantes, galletas, lácteos, etc.

Se los utiliza en la industria química para proveer aromas a productos de limpieza, tales como desodorantes ambientales, sahumerios y jabones, detergentes, lavavajillas, productos de uso hospitalario, también a insecticidas y desinfectantes.

Son empleados en la industria cosmética para la fabricación de colonias, perfumes, jabones de tocador, cremas de diversos tipos, champús, desodorantes, acondicionadores y fijadores capilares, etc.

Tienen diversos usos en la agroindustria como insecticidas naturales, alimentos balanceados para el engorde de porcinos y aves, aromatizantes de tabaco, etc. De acuerdo con el producto procesado, el material vegetal residual, una vez extraído el aceite se utiliza como complemento alimenticio de ganado vacuno, porcino o avícola o como abono natural. También se puede usar para infusiones, fortificador de harinas (Martínez, 2003)

2.3. Definiciones de términos

ABSORCIÓN Radiación electromagnética por la materia. También puede hacer referencia a distintas cuestiones: al amortiguamiento ejercido por un cuerpo ante una radiación que lo traspasa; a la atracción desarrollada por un sólido sobre un líquido con la intención de que las moléculas de éste logren penetrar en su sustancia; a la capacidad de un tejido o de una célula para recibir una materia que procede de su exterior.

ACEITES ESENCIALES Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes).

Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden ser:

- Compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos),
- Monoterpenos,
- Sesquiterpenos
- Fenilpropanos.

ACTIVIDAD ÓPTICA Sólo ciertas sustancias químicas tienen actividad óptica; el origen de esta es un campo complejo de la química y, en realidad, no es necesario dominarlo para apreciar la polarimetría básica. Un ejemplo de una molécula ópticamente activa es un azúcar. El agua y otros disolventes comunes que son ópticamente activos y, por lo tanto, cuando se preparan soluciones,

la sustancia química ópticamente activa (por ejemplo, el azúcar en el agua) es la que causa rotación, no el disolvente.

ALBEDO que es la región situada debajo del exocarpo, formado por un tejido blanco esponjoso de células parenquimáticas.

CÉLULAS EPIDÉRMICAS cubren las estructuras primarias de la planta. Son células aplanadas conforma a menudo irregulares, interdigitadas, otras veces con formas más regulares, poligonales, sobretodo hexagonales. No dejan espacio intercelular. A menudo se dotan de una capa hidrófoba externa llamada cutícula. Las células epidérmicas no son más que uno de los variados componentes de la epidermis.

CÉLULAS PAREMQUIMÁTICAS son los que podríamos llamar las células fundamentales de la planta en cuanto que parece que el resto de células se han adaptado para generar estructuras que permitan a estas llevar una vida confortable. Sus principales ocupaciones son la fotosíntesis y el almacenamiento de sustancias de reserva.

CITRICULTURA La citricultura es la actividad agrícola que se dedica al cultivo de productos que contienen ácido cítrico o sabor citrino, tales como el limón, la naranja, la mandarina y la toronja.

CONSTANTE DIELECTRICA La permitividad relativa o constante dieléctrica es una constante física adimensional (no tiene unidades) que describe como un campo eléctrico afecta un material.

DESTILACIÓN La destilación es la operación de separar mediante el proceso de vaporización y condensación los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada una de las sustancias ya

que el punto de ebullición es una propiedad intensiva de cada sustancia, es decir, no varía en función de la masa o el volumen, aunque sí en función de la presión.

DISIPACIÓN Esparcir y desvanecer las partes que forman por aglomeración un cuerpo.

ELECTROMAGNETISMO El electromagnetismo es una rama de la física que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría, cuyos fundamentos fueron sentados por Michael Faraday y formulados por primera vez de modo completo por James Clerk Maxwell. La formulación consiste en cuatro ecuaciones diferenciales vectoriales que relacionan el campo eléctrico, el campo magnético y sus respectivas fuentes materiales (corriente eléctrica, polarización eléctrica y polarización magnética), conocidas como ecuaciones de Maxwell.

ESPECTRO ELECTROMAGNETICO El espectro electromagnético (o simplemente espectro) es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética de ese objeto.

FLAVEDO que es la región más externa y constituye la parte visible de la corteza, formada por células epidérmicas de color verde cuando el fruto es inmaduro y naranja o amarillo según la especie, en la madurez.

HIDROLATO Es el agua usada en la extracción de aceites esenciales que contiene moléculas aromáticas, cabe destacar que el hidrolato no posee las mismas propiedades que el aceite esencial, pese a que procede del mismo proceso. Es hidrosoluble.

ÍNDICE DE KOVATS Es un método de cuantificación de los tiempos de elución relativa de los diferentes compuestos en cromatografía de gases de forma que ayuda a identificar positivamente los componentes de una mezcla.

ÍNDICE DE REFRACCION Es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo de forma más precisa es el cambio de fase por unidad de longitud.

INHIBIR Suspender transitoriamente una función orgánica. Suspender transitoriamente una función o actividad del organismo mediante la acción de un estímulo adecuado.

INMISCIBLES Dicho de una sustancia que no se disuelve, que queda en fases separadas o formando una suspensión.

MAGNETRÓN Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía electromagnética en forma de microondas.

NARANJA ACHATADAS Se refiere al tipo de naranja aplastada o que sobresale menos entre otras de la misma especie.

NARANJA ELIPSOIDALES Tipo de naranja cuyas secciones planas son circunferencias o elipses.

POLIEMBRIONICAS Contienen más de un embrión darán varias plantas idénticas a la planta madre como el limón y la naranja.

RADIACIÓN INFRAROJA La radiación infrarroja, o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética y térmica, de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde unos 0,7 hasta los 1000 micrómetros.¹ La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin, es decir, -273,15 grados Celsius (cero absoluto).

SECADO Es un método de conservación de alimentos consistente en extraer el agua de estos, lo que inhibe la proliferación de microorganismos y dificulta la putrefacción. El secado de alimentos mediante el sol y el viento para evitar su deterioro ha sido practicado desde antiguo. El agua suele eliminarse por evaporación (secado al aire, al sol, ahumado o al viento) pero, en el caso de la liofilización, los alimentos se congelan en primer lugar y luego se elimina el agua por sublimación

SEMISÍNTETICAS Que se obtiene de elementos naturales mediante un proceso de síntesis química.

VASO FLORENTINO Instrumento de laboratorio que sirve para separar el aceite esencial del hidrolato.

VOLÁTILES La volatilidad desde el punto de vista físico químico y de la termodinámica es una medida de la tendencia de una sustancia a pasar a fase vapor. Se ha definido también como una medida de la facilidad con la que una sustancia se evapora.

CAPÍTULO III
VARIABLES E HIPOTESIS

3.1. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

**3.1.1. VARIABLES DE LA EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES
ESENCIALES**

VARIABLES INDEPENDIENTES

- **Densidad de carga.** Cantidad de cáscara entre el volumen de la cesta estacionaria: kg/m³
- **Humedad de la cáscara.** Porcentaje de agua presente en la cáscara.

VARIABLES DEPENDIENTES

- **Tiempo de extracción.** El tiempo óptimo para la extracción de aceites esenciales.
- **Volumen de aceite extraído.** Cantidad de aceite obtenido después del proceso de destilación.

3.1.2. VARIABLES DEL SECADO POR MICROONDAS

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Nivel de potencia
- Cantidad de cáscara de naranja.(densidad de carga de la cáscara de naranja)

VARIABLE DEPENDIENTES

- Humedad final del producto seco
- Tiempo de secado

3.1.3. VARIABLES DEL SECADO POR AIRE CALIENTE

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Temperatura
- Humedad inicial de la cáscara

VARIABLE DEPENDIENTE

- Humedad final del producto seco
- Tiempo de secado

3.1.4. VARIABLES DEL SECADO POR AIRE CALIENTE ASISTIDO CON ENERGIA RADIANTE

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Temperatura.
- Potencia de los focos.
- Humedad inicial de la cáscara

VARIABLE DEPENDIENTE

- Humedad final del producto seco.
- Tiempo de secado.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1. EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Variable	Tipo	Operacionalización	Indicador	Técnica	Instrumento
Tiempo	Dependiente	Medir el tiempo durante el proceso de extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja	Desde que cae la primera gota hasta no notar variación en el volumen del aceite	Hoja de datos, Medición del tiempo	Cronómetros
Volumen de aceite extraído	Dependiente	Será la cantidad de aceite extraído al final del proceso	Será expresado en mililitros (ml)	Análisis del incremento volumétrico	Vaso florentino
Cantidad de cáscara de naranja.	Independiente	Calcular la cantidad de cáscara de naranja para la extracción de aceites, la optimización del proceso y para el cálculo de los factores de conversión	Se expresará en kilogramos de cáscara de naranja que se utilizará al comienzo del proceso de extracción de aceites esenciales	Control de peso inicial	Balanzas
Humedad de la cáscara	Independiente	La humedad de la cáscara de naranja actuará de manera importante en el volumen final de aceite extraído	La humedad que será expresada en porcentaje antes y después del proceso de extracción de aceites esenciales.	Variación de peso	Balanza de Humedad

Tabla 8: Operacionalización de variables- Elaboración propia

3.2.2. SECADO POR MICROONDAS

Variable	Tipo	Operacionalización	Indicador	Técnica	Instrumento
Nivel de potencia	Independiente	Se trabajará a potencia baja, con el fin de obtener una mayor cantidad de data en la evaluación del proceso	Potencia establecida en el microondas antes del proceso de secado	Potencia baja	Panel de selección y control del microondas
Cantidad de cáscara de naranja	Independiente	Controlar la cantidad de cáscara de naranja para iniciar el proceso de secado y analizar las variaciones de peso durante el proceso	Expresado en kilogramos de cáscara de naranja que se utilizará al comienzo del proceso secado	Hoja de datos	Balanza
Humedad final del producto seco	Dependiente	Se medirá al concluir el proceso de secado que será cuando no se encuentre variación en el peso final y llegará a la humedad de equilibrio	La humedad que será expresada en porcentaje después del proceso de secado de la cáscara de naranja	Variación de peso	Balanza de humedad
Tiempo de secado	Dependiente	Medir el tiempo durante el proceso de secado de la cáscara de naranja desde el minuto cero hasta no obtener variación en el peso final	Desde el tiempo cero hasta no notar variación en el peso del producto seco	Hoja de datos	Panel de selección y control del microondas

Tabla 9: Operacionalización de variables- Elaboración propia

3.2.3. SECADO POR AIRE CALIENTE

Variable	Tipo	Operacionalización	Indicador	Técnica	Instrumento
Temperatura	Independiente	Se seleccionará la temperatura predeterminada	La temperatura será de 60°C	Establecida	Panel de selección y control del equipo de secado por aire forzado
Humedad inicial de la cáscara	Independiente	Se medirá con la intención de obtener al final del proceso la pérdida de humedad	La humedad que será expresada en porcentaje antes del proceso de secado de la cáscara de naranja	Peso	Balanza de humedad
Humedad final del producto seco	Dependiente	Se medirá al concluir el proceso de secado, que será cuando no se encuentre variación en el peso final	La humedad que será expresada en porcentaje, después del proceso de secado de la cáscara de naranja	Variación de peso	Balanza de humedad
Tiempo de secado	Dependiente	Medir el tiempo durante el proceso de secado de la cáscara de naranja, desde el minuto cero hasta no obtener variación en el peso final	Desde el tiempo cero hasta no notar variación en el peso del producto seco	Hoja de datos	Panel de selección y control del equipo de secado por aire forzado

Tabla 10: Operacionalización de variables- Elaboración propia

3.2.4. SECADO POR AIRE CALIENTE ASISTIDO POR ENERGIA RADIANTE

Variable	Tipo	Operacionalización	Indicador	Técnica	Instrumento
Temperatura	Independiente	Se seleccionará la temperatura predeterminada	La temperatura será de 60°C	Establecida	Panel de selección y control del equipo de secado por aire forzado asistido con energía radiante
Velocidad de aire	Independiente	Se seleccionará la velocidad de aire predeterminada	La velocidad de aire será de 1,5 m/s	Establecida	Panel de selección y control del equipo de secado por aire forzado asistido con energía radiante
Potencia de los focos	Independiente	De la potencia de los focos dependerá la radiación emitida	Será expresada en Watts y se medirá antes del proceso	Hoja de datos, cálculos	Panel de selección y control del equipo de secado, calculadoras científicas
Humedad inicial de la cáscara	Independiente	Se medirá con la intención de obtener al final del proceso la pérdida de humedad	La humedad que será expresada en porcentaje antes del proceso de secado de la cáscara de naranja	Peso	Balanza de humedad
Humedad final de producto seco	Dependiente	Se medirá al concluir el proceso de secado que será cuando no se encuentre variación en el peso final	La humedad que será expresada en porcentaje después del proceso de secado de la	Variación de peso	Balanza de humedad

	Tiempo de secado		Dependiente		Medir el tiempo durante el proceso de secado de la cáscara de naranja desde el minuto cero hasta no obtener variación en el peso final	cáscara de naranja	Desde el tiempo cero hasta no notar variación en el peso del producto seco		Hoja de datos		Panel de selección y control del equipo de secado
--	-------------------------	--	-------------	--	--	--------------------	--	--	---------------	--	---

Tabla 11: Operacionalización de variables- Elaboración propia

3.3. Hipótesis

Hipótesis General

- 1) Después de los procesos mencionados se contribuirá al estudio de la extracción de aceites esenciales y secado de cáscara de naranja (*citrus sinensis*, var. *Valencia late*)

Hipótesis Específicas

- 1) Los datos fisicoquímicos del aceite esencial extraído serán acordes con los datos bibliográficos
- 2) Del proceso de extracción del aceite esencial, dependerán los parámetros de extracción del aceite esencial
- 3) La curva y cinética de extracción dependerán de los parámetros de extracción obtenidos.
- 4) De la humedad de la cáscara de naranja no dependerá el volumen y el tiempo final de extracción de los aceites esenciales
- 5) Del proceso de extracción de los aceites esenciales se desprenderá el coeficiente global de transmisión de calor
- 6) La determinación del método de secado más efectivo dependerá del tiempo de proceso (secado)
- 7) Las curvas y cinética de secado dependerán de la humedad y el tiempo final de cada uno de los procesos

CAPÍTULO IV METODOLOGIA

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente tema de tesis es:

- o **Histórica:** Porque hemos recopilado información de temas de investigación pasados, sobre cómo se ha ido enfocando y realizando el aprovechamiento de “desechos y residuos” como lo es la cáscara de naranja.

- o **Descriptiva:** Porque describiremos los datos y características de los procedimientos realizados, es decir especificaremos cada uno de los procesos seguidos.

- o **Correlacional:** Porque analizando nuestro tema de tesis encontramos que la cáscara de naranja teniendo muchos atributos y cualidades utilizables en la industria de alimentos, no se aprovecha en su totalidad.

- o **Explicativa:** Se aplicará porque por medio de esta obtendremos respuestas del comportamiento de fenómenos que se dan durante la investigación.

- o **Estadístico:** Para tabular e inferir un análisis a los resultados del diagnóstico que se realizarán.

4.2 Diseño de la investigación

Tabla 12: Diseño de investigación

Grupo Experimental	Observaciones	Tratamientos	Observaciones
RG1	O1	X1	O4
		X2	O5
		X3	O6
RG2	O2	X1	O7
		X2	O8
		X3	O9
RG3	O3	X1	O10
		X2	O11
		X3	O12

Fuente: Elaboración propia

- o **RG1** será el grupo experimental 1 donde extraeremos el aceite esencial con una materia prima al 30% de humedad y luego secaremos la cáscara de naranja mediante el secado por microondas (X1), secado por aire caliente (X2), secado por aire caliente asistido con energía radiante (X3), con sus respectivas observaciones para cada uno de los tratamientos realizados.
- o **RG2** será el grupo experimental 2 donde extraeremos el aceite esencial con una materia prima al 45% de humedad y luego secaremos la cáscara de naranja mediante el secado por microondas (X1), secado por aire caliente (X2), secado por aire caliente asistido con energía radiante complementaria (X3), con sus respectivas observaciones para cada uno de los tratamientos realizados.
- o **RG3** será el grupo experimental 3 donde extraeremos el aceite esencial con una materia prima al 60% de humedad y luego secaremos la cáscara de naranja mediante el secado por microondas (X1), secado por aire caliente (X2), secado por aire caliente

asistido con energía radiante complementaria (X3), con sus respectivas observaciones para cada uno de los tratamientos realizados.

- o **O1, O2, O3** serán las observaciones obtenidas durante el proceso de extracción de aceites esenciales para cada uno de los grupos experimentales
- o **O4, O5, O6, O7, O8, O9, O10, O11, O12** serán las observaciones obtenidas durante los diferentes procesos de secado X1, X2, X3

4.3 Población y muestra

Para este tipo de investigación se usará la materia-prima recolectada directamente de los vendedores de jugo de naranja que dejan la cáscara para diferentes usos o simplemente va como residuo que se elimina a la basura. El peso aproximado para las pruebas será de aproximadamente de 5 kg que es la capacidad media de carga del equipo de extracción de aceites esenciales que cuenta la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos: laboratorio de Ingeniería de procesos y Operaciones Unitarias-LIPOU-FIPA, de donde se extraerá el aceite esencial de la materia prima mencionada, y luego con la cáscara que salga después de dicho proceso obtendremos el producto seco.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Durante las corridas experimentales de la extracción de aceites esenciales se realizarán las lecturas de los volúmenes de aceite recogidos en el material de vidrio florentino que estará correlacionado con el tiempo en las tomas de las muestras; durante los ensayos de secado usando los métodos descritos, se tomarán los pesos durante los tiempos programados

de secado que se usaran para la representación de las curvas y cinéticas de secado. Las curvas obtenidas se analizarán y se contrastarán.

Se realizó y/o recolectó los siguientes análisis al producto final: densidad, viscosidad, índice de refracción y pH del aceite esencial, además se evaluó el rendimiento del producto seco.

4.5 Procedimientos de recolección de datos

Se obtuvieron los datos que corresponden a la densidad, viscosidad, índice de refracción y pH del aceite esencial, además del rendimiento del producto seco, con los equipos que cuenta la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos en el laboratorio de Ingeniería de procesos y Operaciones Unitarias-LIPOU-FIPA, siguiendo todos los procedimientos estándares para la recopilación de la data. Dichos datos se registraron y evaluaron posteriormente

4.6 Procedimiento estadístico y análisis de datos

De lo anteriormente mencionado se obtuvo una data, que fue recolectada y posteriormente evaluada, cabe destacar que por cada uno de los análisis mencionados se procuró tomar varias muestras para luego determinar un promedio y de esta manera ser más exactos en los datos obtenidos.

4.7 Plan de Análisis Estadístico de datos

Existen diferentes software que auxilian al investigador para el análisis de la estadística descriptiva que serán usados en la caracterización de la materia prima, tal como lo ofrecen las funciones estadísticas que se pueden encontrar en la hoja de Cálculo Excel; se

usarán otros programas como el Minitab para la comparación respectiva de los cálculos estadísticos aplicados.

Como técnica de análisis estadístico, para comparar el comportamiento de los métodos usados tanto para los procesos de extracción de aceites esenciales y la operación unitaria de secado, el análisis de varianza ANOVA será aplicado con el objeto de establecer las diferencias significativas del comportamiento de las variables dependientes en los diferentes procesos.

CAPITULO V RESULTADOS

5.1 Materiales y métodos

5.1.1. Materiales

5.1.1.1. EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

- Equipo de destilación por arrastre de vapor
- Probetas
- Vaso florentino
- Vaso de precipitados de 500 ml
- Mangueras para el flujo del líquido de enfriamiento
- Cáscara de naranja variedad *Valencia Late* con tres diferentes niveles de humedad
(60%, 45%, 30 %)
- Agua (temperatura ambiente)
- Botellas de vidrio, con sus tapones para colocar el aceite
- Jeringas
- Balanza
- Cronómetros
- Reglas

5.1.1.2. SECADO DE LA CÁSCARA DE NARANJA

- Microondas
- Equipo de secado por aire caliente
- Bagazo de cáscara de naranja
- Balanzas
- Balanza de humedad
- Recipientes
- Calculadora científica
- Mortero
- Papel aluminio
- Focos

5.1.1.3. ANALISIS AL PRODUCTO FINAL

- Picnómetro
- Agua
- Balanza
- Refractómetro
- Potenciómetro marca Hannah
- Termómetro de mercurio
- Termómetro digital
- Viscosímetro de Ostwald
- Vaso de precipitados de 100 ml
- Vaso de precipitados de 600 ml
- Cronometro
- Cocinilla
- Pipetas
- Propipeta
- Soporte universal
- Calculadora

5.1.2. Métodos

5.1.2.1. EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

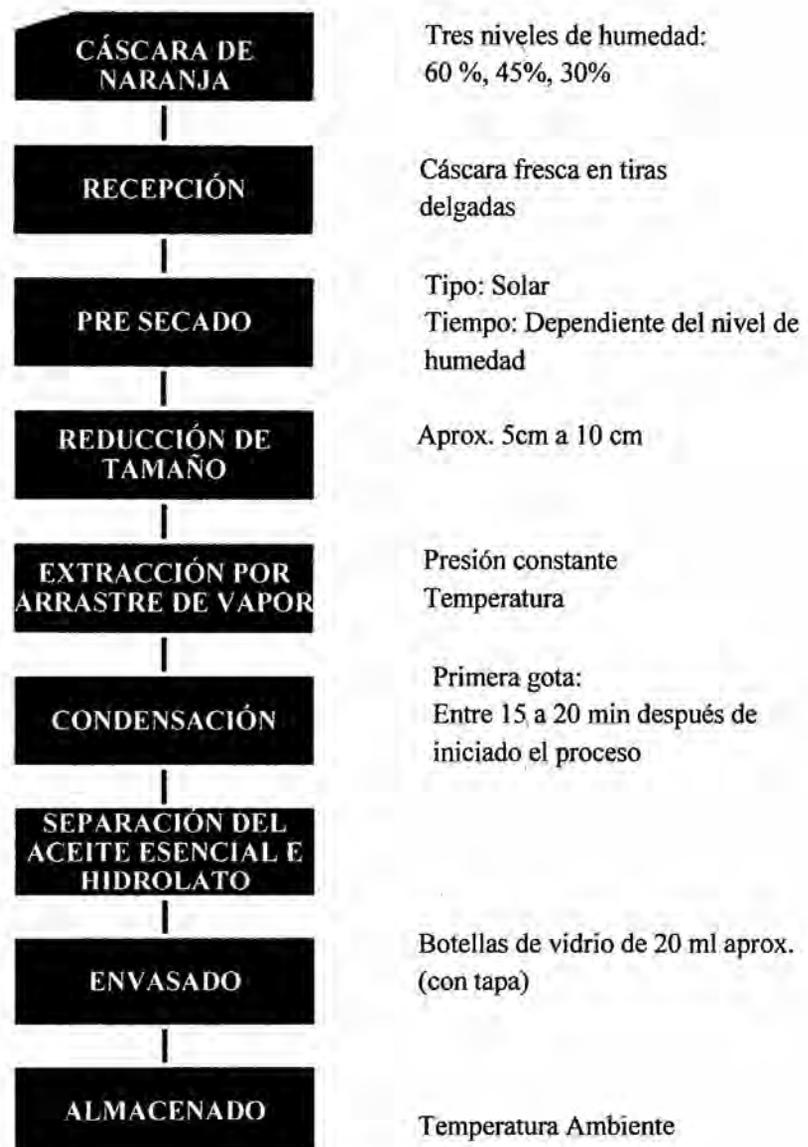


Figura 13: Flujograma de extracción de Aceites esenciales- Elaboración propia

5.1.2.2.SECADO DE LA CÁSCARA DE NARANJA

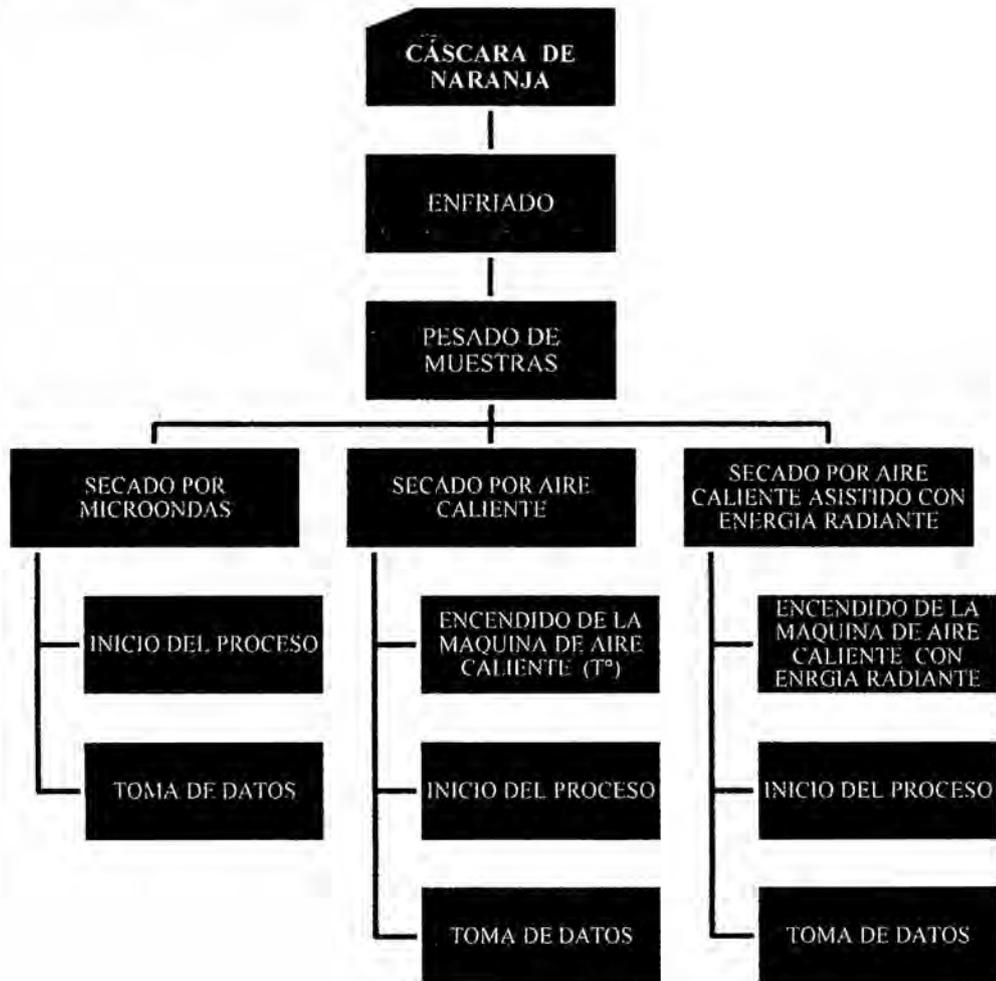


Figura 14: Flujograma de extracción de Secado- Elaboración propia

5.1.3. Procedimientos

5.1.3.1. EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

a) RECEPCIÓN.

Este proceso consistió en recibir y acopiar la cáscara de naranja en tiras delgadas, se tuvo en cuenta también que esta materia prima se encuentre en condiciones óptimas (es decir que no presenten daños físicos ni biológicos)

Figura 16: Recepción de materia prima



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

b) **PRE SECADO.**

Se dejó secar la cáscara hasta conseguir los siguientes niveles de humedad: 60, 45 y 30%

Figura 17: Pre secado de materia prima

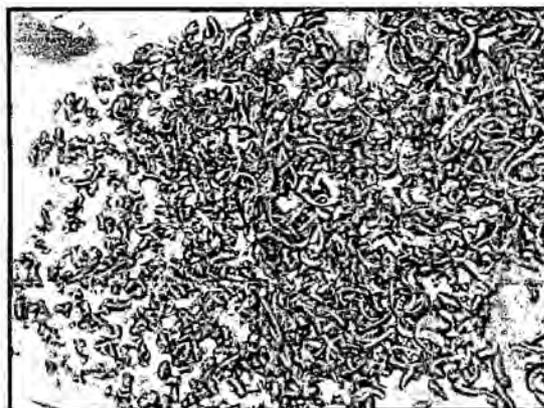


Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

c) **REDUCCIÓN DE TAMAÑO.**

Se cortó la cáscara en porciones más pequeñas para que la densidad de carga aumente en el recipiente del extractor de aceites esenciales y a la vez para mejorar y facilitar la posterior extracción. Los trozos de cáscara midieron en promedio entre 5 a 10 cm.

Figura 18: Reducción de tamaño de materia prima



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

d) EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR.

Esta extracción se produjo sometiendo a la materia prima a una serie de procesos y/o técnicas características de la destilación por arrastre de vapor, esta consiste en separar sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otros productos no volátiles; de esta forma, compuestos orgánicos de alto punto de ebullición fueron destilados con cierta rapidez por debajo del punto de ebullición del agua, al lograr ser arrastrados por el vapor generado. Cabe destacar que este proceso se realizó a presión constante. Durante la condensación la primera gota cayó entre 15 a 20 minutos después de iniciado el proceso. Se tomaron datos para el cálculo del caudal de flujo de enfriamiento, volúmenes, medidas de los recipientes, etc.

① : Válvula de seguridad

② : Cuerpo

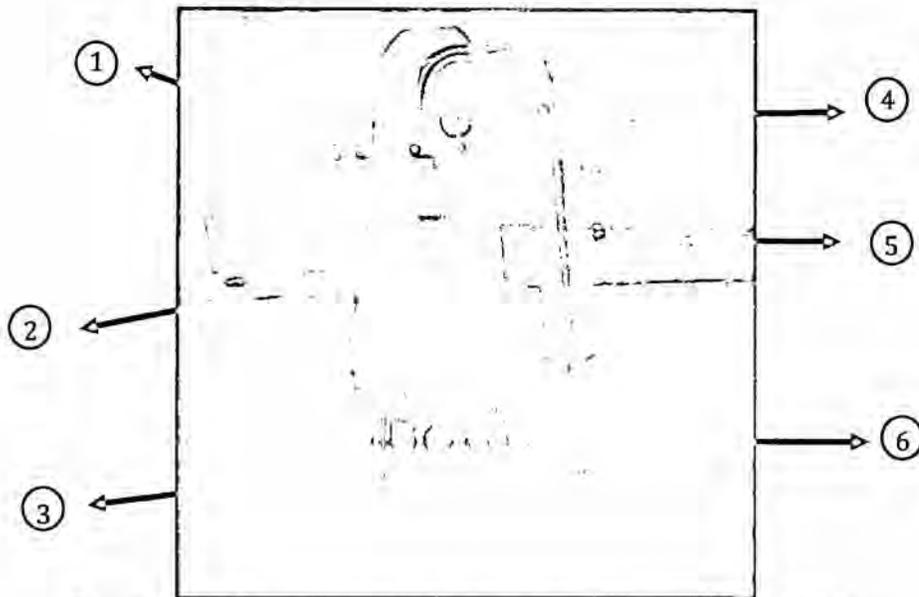
③ : Soporte

④ : Manómetro

⑤ : Condensador

⑥ : Florentino

Figura 19: Equipo para la extracción de aceites esenciales



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

e) SEPARACIÓN DEL ACEITE E HIDROLATO.

La separación del aceite esencial y el hidrolato se realizó con el vaso florentino que permite cuantificar la cantidad de aceite, debido a que el aceite y el agua forman dos fases y en este estado es sencillo extraer el aceite esencial.

Figura 20: Vaso florentino para la separación del aceite



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

f) **ENVASADO.**

Se envasó en recipientes de vidrio (botellas) de 20 ml.

Figura 21: Envasado



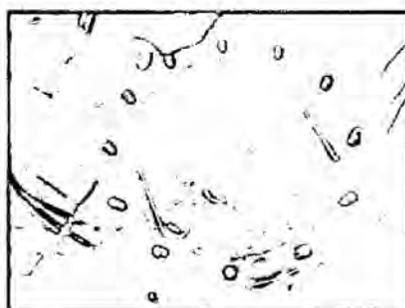
Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

5.1.3.2. SECADO DE LA CÁSCARA DE NARANJA

a) **ENFRIADO.**

Se dejó en reposo a la cáscara (luego de la extracción de aceite esencial), para que llegue a una temperatura aproximada de 20°C (T° ambiente). Se midió con la ayuda de un termómetro.

Figura 22: Enfriado



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

b) PESADO DE MUESTRAS

Se pesó la cantidad de cáscara para someterla a secado; ya sea por el método que fuese, esto para tener un mayor control de la posterior pérdida de humedad.

Figura 23: Pesado

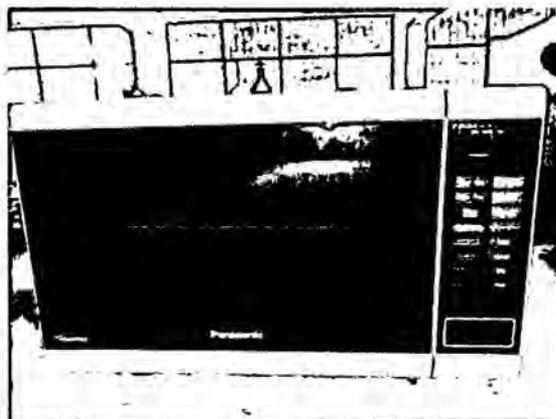


Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

SECADO POR MICROONDAS.

Este proceso consiste en exponer la cáscara de naranja al calor del microondas durante un período de tiempo controlado con el fin de reducir el nivel de humedad.

Figura 24: Secado por microondas



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

a) INICIO DEL PROCESO.

Se introdujo la muestra dentro de un recipiente acondicionado, se expandió la muestra dentro en el mismo y se puso en funcionamiento el microondas a una potencia baja.

Figura 25: Inicio del proceso



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

b) TOMA DE DATOS.

Durante el proceso de secado se tomaron datos importantes en un intervalo de tiempo de un minuto, para así obtener la curva de secado; masa (gr) vs tiempo (s). El secado se continuó hasta que la variación de peso entre minuto y minuto fue mínima.

Figura 26: Inicio del proceso



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

SECADO POR AIRE CALIENTE.

Este proceso consistió en secar la cáscara de naranja por aire caliente durante un período de tiempo controlado.

Figura 27: Equipo para secado por aire caliente



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

a) ENCENDIDO DEL SECADOR CONVECTIVO POR AIRE CALIENTE.

Se acondicionó el equipo a una temperatura de 60°C y una velocidad de aire de 1.5 m/s.

Figura 28: Encendido del equipo



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

b) INICIO DEL PROCESO.

Se introdujo la muestra dentro de un recipiente acondicionado, se expandió la muestra, y se inició el proceso en las condiciones ya mencionadas

Figura 29: Inicio del proceso



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

c) TOMA DE DATOS.

Durante el proceso de secado se tomaron datos importantes en un intervalo de tiempo de un minuto, para así obtener la curva de secado; masa (gr) vs tiempo (s). El secado se continuó hasta obtener un peso aproximadamente constante.

Figura 30: Toma de data



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

SECADO CONVECTIVO POR AIRE CALIENTE ASISTIDO CON ENERGÍA RADIANTE.

Este proceso consistió en disminuir la humedad de la cáscara de naranja mediante un secado por aire caliente esta vez asistido con energía radiante durante un período de tiempo controlado.

Figura 31: Acondicionamiento del equipo

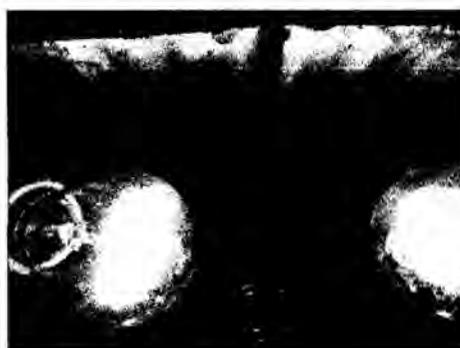


Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

a) ENCENDIDO DEL SECADOR CONVECTIVO POR AIRE CALIENTE ASISTIDO CON ENERGIA RADIANTE.

Se puso en funcionamiento el secador a una temperatura de 60°C, una velocidad de aire de 1.5 m/s. La red eléctrica para los focos incandescentes se fijó con $I= 16 \text{ A}$ y $V=220 \text{ v}$

Figura 32: Encendido del equipo



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

b) INICIO DEL PROCESO.

Se introdujo la muestra dentro de un recipiente acondicionado para soportar las condiciones dentro del equipo, se expandió la muestra dentro en el mismo y se inició el proceso en las condiciones ya mencionadas

Figura 33: Inicio del proceso

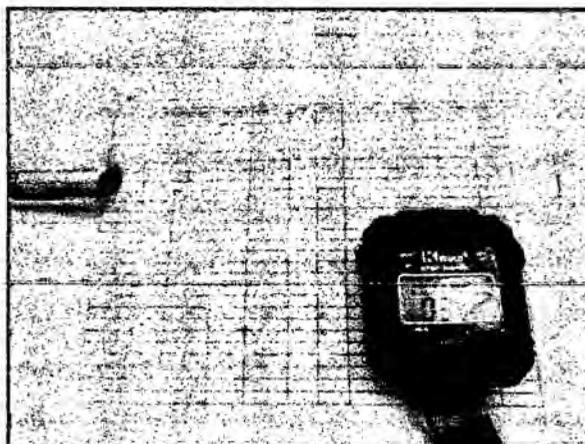


Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

c) TOMA DE DATOS.

Durante el proceso de secado se tomaron datos importantes en un intervalo de tiempo de un minuto, para así obtener la curva de secado; masa (gr) vs tiempo (s). El secado se continuó hasta obtener un peso aproximadamente constante.

Figura 34: Toma de datos



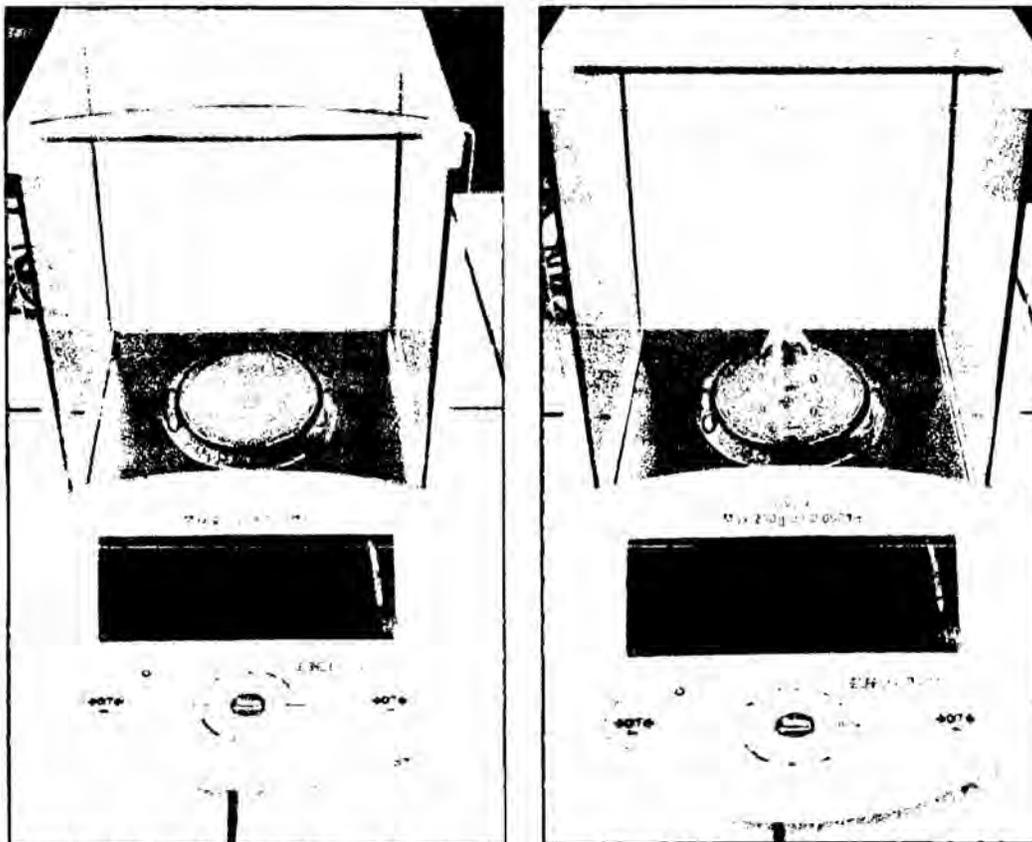
Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

5.1.3.3. ANÁLISIS AL PRODUCTO FINAL

5.1.3.3.1. DENSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL

- a) Preparamos el picnómetro de vidrio, que tiene un volumen exacto y conocido. Y posteriormente se pesó el picnómetro vacío, limpio y seco (p)

Figura 35: Toma de data

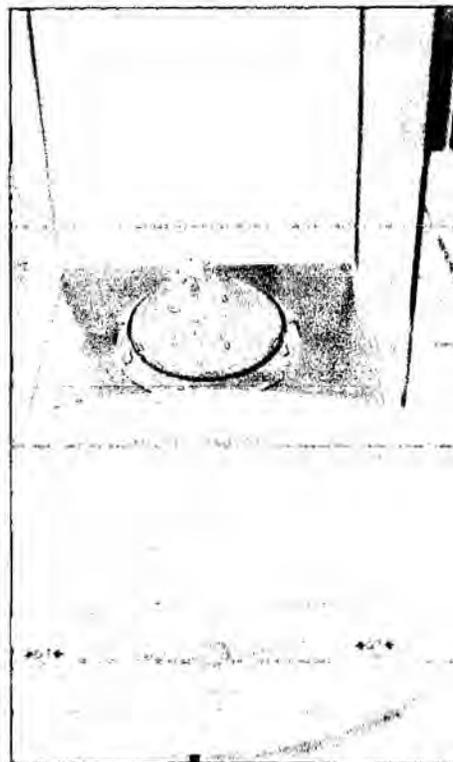


Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

- b) Luego de tomar ese dato, se llenó el picnómetro con agua destilada ($T=20^{\circ}\text{C}$) hasta el borde inferior del cuello, sosteniéndolo en alto y evitando el derrame del mismo, se tapó y secó el cuerpo del picnómetro, finalmente se pesó el mismo con el agua (p1)

- c) Con la muestra a la temperatura establecida (20°C), se llenó el picnómetro hasta el borde inferior del cuello, sosteniéndolo en alto y evitando el derrame de la muestra.
- d) Se colocó la tapa respectiva, luego se secó el cuerpo del picnómetro con mucho cuidado, asegurándonos que el material con el que estábamos secando no deje residuos.
- e) Se pesó el picnómetro lleno y se apuntó dicho dato (p2)

Figura 36: Pesado de la muestras de aceite



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

- f) Se calculó la densidad del aceite esencial de cáscara de naranja utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho_{ae} = \left(\frac{p2 - p}{p1 - p} \right) \rho_w$$

Donde:

ρ_{ae} = Densidad del aceite esencial de cáscara de naranja

p =Peso del picnómetro vacío

$p1$ =Peso del picnómetro lleno de agua

$p2$ =Peso del picnómetro lleno de aceite

ρ_w =Densidad del agua a 20°C

- g) Se volvió a realizar la toma de datos, para luego calcular un promedio y su respectiva desviación estándar. De esta manera la densidad final será más exacta.

5.1.3.3.2. VISCOSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL

- a) Se tomó 10 ml de la muestra del aceite esencial de cáscara de naranja, con ayuda de la pipeta y propipeta respectiva.
- b) Se utilizó el viscosímetro de Ostwald

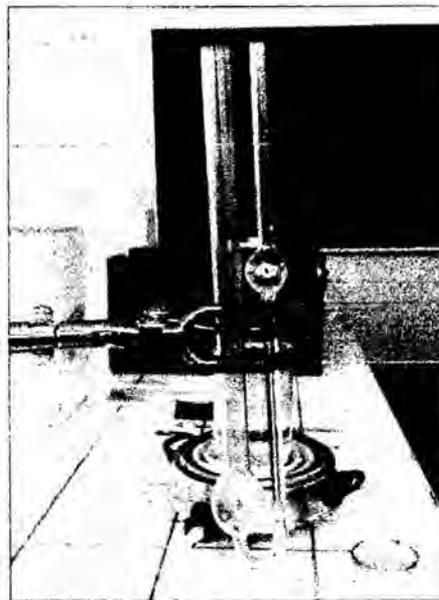
Figura 37: Materiales utilizados para la determinación de la viscosidad



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

- c) Se tomó los datos del tiempo de escurrimiento del agua destilada, cabe destacar que se tomaron los datos de temperatura también.
- d) Se tomó los datos del tiempo de escurrimiento del aceite esencial de cáscara de naranja, se midió previamente la temperatura.

Figura 38: Medición de temperatura y data del tiempo de escurrimiento



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

- e) Se determinó la viscosidad del aceite esencial mediante la siguiente formula:

$$\mu_{ae} = \mu_w \left(\frac{\rho_{ae}}{\rho_w} \right) \left(\frac{\vartheta_{ae}}{\vartheta_w} \right)$$

Donde:

μ_{ae} = Viscosidad del aceite	(kg/ms)
μ_w = Viscosidad del agua	(kg/ms)
ρ_{ae} = Densidad del aceite	(kg/m ³)
ρ_w = Densidad del agua	(kg/m ³)
ϑ_{ae} = Tiempo del aceite	(s)
ϑ_w = Tiempo del agua	(s)

- f) Se repitió dicha medición, por lo que se promedió los datos obtenidos hallando finalmente una viscosidad promedio y una desviación estándar para el mismo.

5.1.3.3.3. ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL

- a) Antes de depositar la muestra en el refractómetro, se mantiene una temperatura próxima a la que se va a tomar la lectura

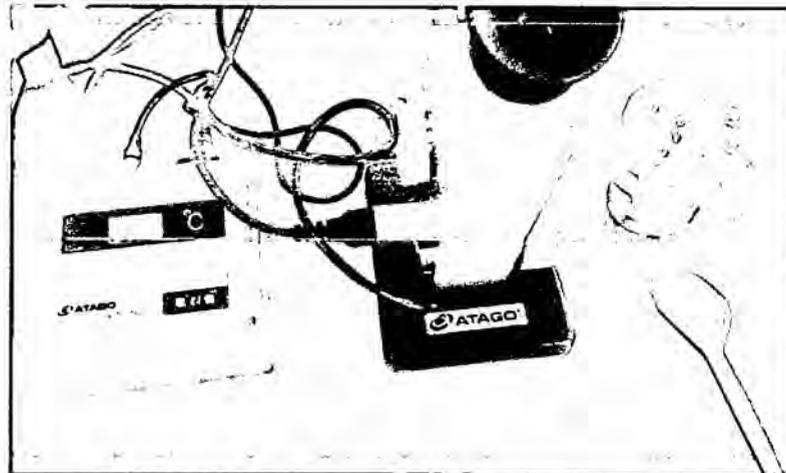
Figura 39: Equipo para la determinación del índice de refracción



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

- b) Se hace circular una corriente de agua en el refractómetro, con el objeto de que el instrumento este a la temperatura en la cual se efectuaran las lecturas

Figura 40: Medición del índice de refracción



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

- c) Se coloca la muestra en los prismas limpios y secos y se espera que se estabilice la temperatura y se efectúa la lectura.

Figura 41: Medición del índice de refracción



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

5.1.3.3.4. PH DEL ACEITE ESENCIAL

- a) Se acondicionó el potenciómetro marca Hanna con resolución 0,01, para la medición del pH del aceite esencial de cáscara de naranja

Figura 42: Equipo para la determinación del pH



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

- b) Se realizó una medición con agua destilada para verificar que el equipo se encontraba en los rangos correctos, ya que por teoría sabemos el pH agua es neutro (pH=7)

Figura 43: Acondicionamiento del equipo



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

- c) Finalmente se puso una parte del aceite esencial en un vaso de precipitados y se colocaron los bulbos del potenciómetro, teniendo cuidado que no tengan contacto con la base del vaso de precipitados.
- d) Se realizaron varias mediciones para luego calcular un promedio y ser más exactos con el dato proporcionado.

Figura 44: Medición del pH

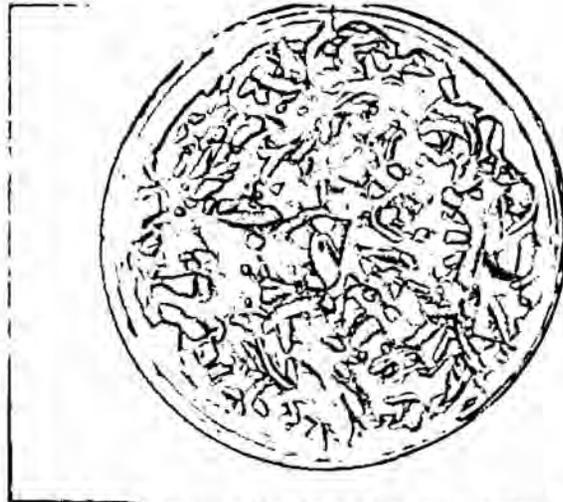


Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

5.1.3.3.5. RENDIMIENTO DEL PRODUCTO SECO

- a) Se pesó la placa Petri vacía, seca y limpia
- b) Se colocó la cáscara (a la que ya se le extrajo el aceite esencial) en la placa, se pesó y se apuntó el peso P1

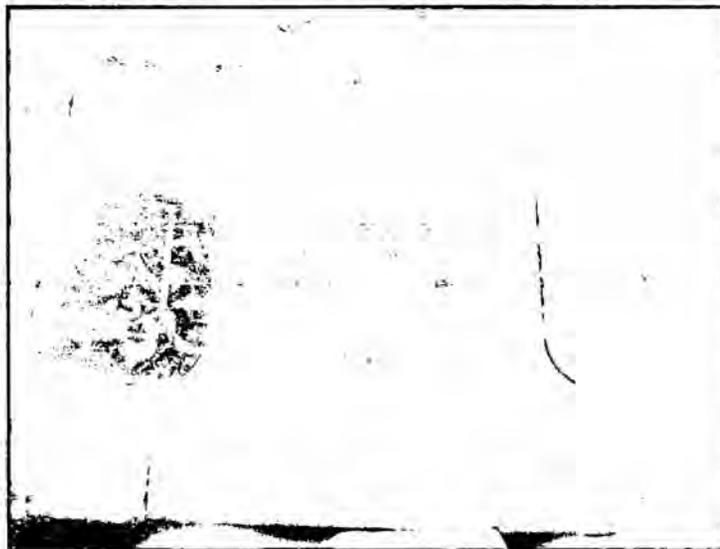
Figura 45: Pesado de muestras



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

c) Se inició el proceso de secado por las tres formas planteadas

Figura 46: Producto seco antes de la molienda



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

d) Al terminar dicho proceso, se realizó la molienda respectiva y se pesó el producto seco, se apuntaron dichos pesos P2

Figura 47: Producto seco después de la molienda



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

e) Se calculó el rendimiento

Figura 48: Calculo del rendimiento



Fuente: Módulo de extracción de aceites esenciales LIPOU-FIPA

5.2 Datos obtenidos

5.2.1. Naranja

TABLA 13: Se tomaron aleatoriamente 25 naranjas (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*). Se tuvieron en cuenta datos como: peso unitario total, diámetro, peso del zumo, peso de la cáscara y el peso del bagazo. A continuación presentamos los datos obtenidos en esta toma de datos:

Nº	PESO (gr)	DIÁMETRO (cm)	PESO ZUMO (gr)	PESO CÁSCARA (gr)	PESO BAGAZO (gr)
1	125.60	6.50	71.62	28.86	53.98
2	206.80	7.25	111.03	59.70	94.77
3	125.44	6.15	65.43	39.94	60.01
4	150.84	6.51	94.89	20.82	55.95
5	140.29	6.42	83.54	25.54	56.75
6	166.60	6.77	87.26	40.39	79.43
7	180.00	7.10	112.47	35.41	67.53
8	146.95	6.45	94.12	17.67	52.83
9	137.61	6.43	97.04	12.48	40.57
10	133.21	6.27	91.49	13.67	41.72
11	150.95	6.38	85.81	35.13	65.14
12	158.28	6.53	103.38	28.75	54.9
13	123.12	6.13	82.76	20.82	40.36
14	153.85	6.62	94.19	35.31	59.66
15	123.08	6.80	81.27	10.78	41.81
16	114.04	6.10	77.63	13.37	36.41
17	158.24	6.71	97.41	25.74	60.83
18	124.69	5.90	74.76	23.87	49.93
19	133.14	6.32	89.58	19.39	43.56
20	160.94	6.57	80.18	40.79	80.76
21	195.51	7.20	120.78	42.72	74.73
22	135.66	6.14	86.54	22.08	49.12
23	138.44	6.23	92.58	19.76	45.86
24	157.61	6.55	98.1	32.64	59.51
25	109.01	5.92	66.95	18.81	42.15
SUMATORIA	3649.90	...	2240.81	684.44	1408.27
PROMEDIOS	146.00	6.48	89.63	27.38	56.33

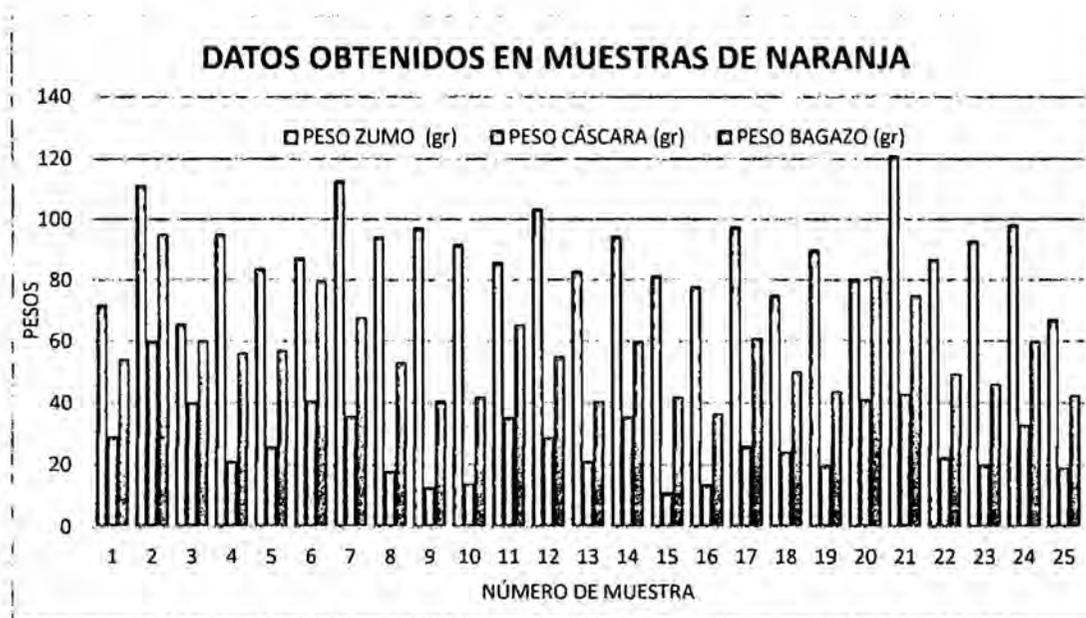
FUENTE: Elaboración propia

TABLA 14: Ahora mostramos los respectivos estadísticos para los datos obtenidos y mostrados en la tabla 1:

ESTADÍSTICO	PESO (gr)	DIÁMETRO (cm)	PESO ZUMO (gr)	PESO CÁSCARA (gr)	PESO BAGAZO (gr)
MEDIA	146.00	6.48	89.63	27.38	56.33
MEDIANA	140.29	6.45	89.58	25.54	54.90
MODA	#N/A	#N/A	#N/A	20.82	#N/A
Nº DE DATOS	25	25	25	25	25
V. MÍNIMO	109.01	5.90	65.43	10.78	36.41
V. MÁXIMO	206.80	7.25	120.78	59.70	94.77
RANGO	97.79	1.35	55.35	48.92	58.36

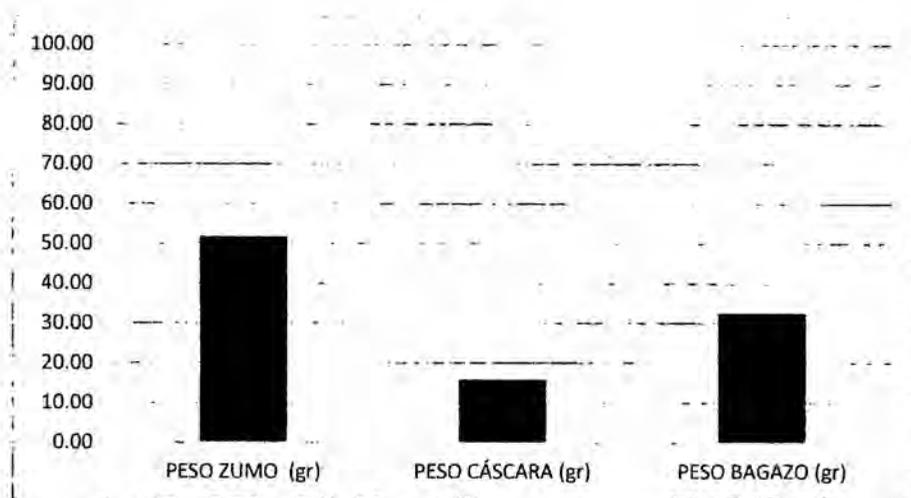
FUENTE: Elaboración propia

Figura 49: Esta figura nos ayudará a observar y analizar cada uno de los pesos tanto del zumo, del bagazo, y de la cáscara en las diferentes muestras. Como se puede observar el mayor porcentaje de peso en una naranja es representada por el zumo, seguido por el bagazo y finalmente se encuentra la cáscara, la suma de pesos de los dos últimos es aproximadamente igual al peso del zumo, como se puede observar a continuación:



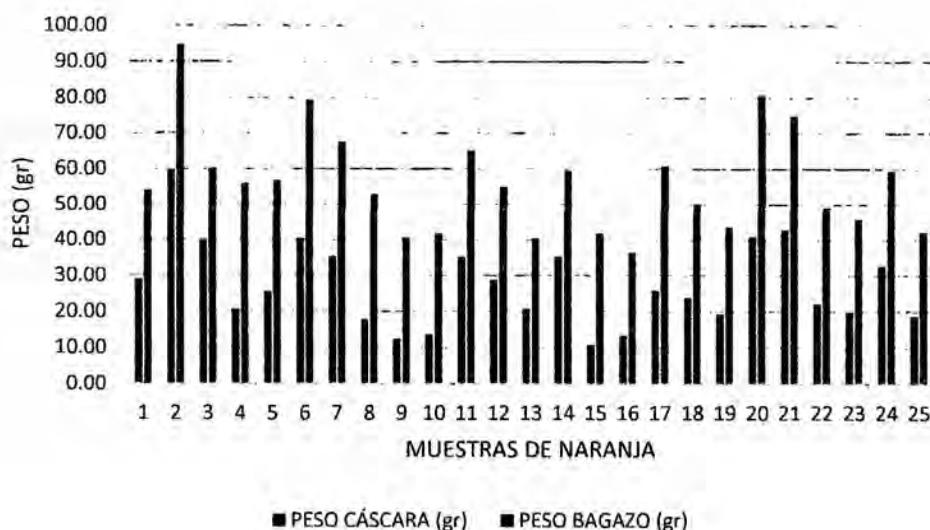
FUENTE: Elaboración propia

Figura 50: Se puede observar en la siguiente figura, la comparación en porcentajes de las medias de peso del zumo, cáscara y bagazo de la naranja., pudiéndose de esta manera comparar dichos valores.



FUENTE: Elaboración propia

Figura 51: A continuación mostramos un versus entre el peso del bagazo y el peso de la cáscara, hemos tenido en cuenta los datos de la tabla 1:



FUENTE: Elaboración propia

5.2.2. Extracción de los aceites esenciales

5.2.2.1. HUMEDAD: 60 - 45 - 30%

En la Tabla 15, se presentan los resultados de los volúmenes extraídos de aceites esenciales para muestras con 60, 45 y 30% de humedad.

Tabla 15. Medición de la altura (mm) de aceite esencial extraído de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*) en el florentino y volumen de extracción (cm³)

Tiempo (min)	Humedad 60%bh		Humedad 45%bh		Humedad 30%bh	
	h(mm)	V ₁ (cm ³)	h(mm)	V ₂ (cm ³)	h(mm)	V ₃ (cm ³)
0	0	0	0	0	0	0
1	1	1,04	1,4	1,46	1,5	1,56
2	2,5	2,60	2,8	2,91	2,7	2,81
3	4	4,16	4,1	4,27	3,9	4,06
4	5	5,20	5	5,20	4,9	5,10
5	6,5	6,76	6,6	6,87	6,7	6,97
6	7,5	7,80	7,6	7,91	8	8,32
7	8,1	8,43	8,5	8,85	8,6	8,95
8	9	9,37	9,5	9,89	9,7	10,09
9	10	10,41	10,4	10,82	10,5	10,93
10	10,8	11,24	11,1	11,55	11,5	11,97
11	12	12,49	12,1	12,59	12,3	12,80
12	13	13,53	13,1	13,63	13	13,53
13	14,2	14,78	14,5	15,09	14,5	15,09
14	14,8	15,40	15	15,61	15	15,61
15	15,5	16,13	15,6	16,23	15,7	16,34
16	15,8	16,44	15,9	16,55	16	16,65
17	15,9	16,55	16	16,65	16,2	16,86
18	16	16,65	16,1	16,75		
19	16,1	16,75	16,3	16,96		
20	16,2	16,86				

Fuente: Elaboración propia (2015)

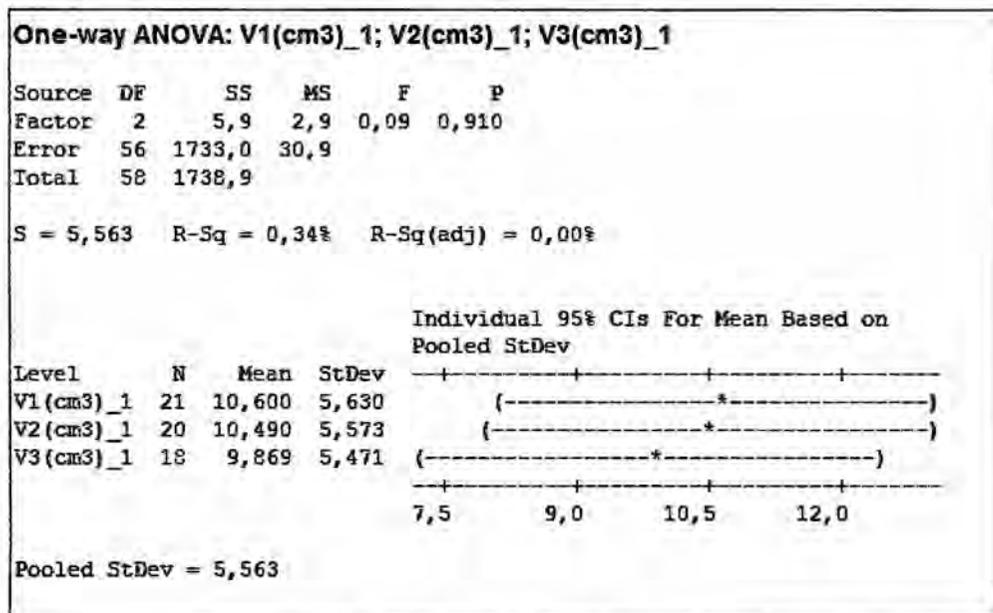
En el proceso de extracción de aceite esencial de la cáscara de naranja, se observa que al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) no se evidencia diferencia significativa entre las muestras ($p > 0.05$) correspondientes a 60, 45 y 30% de humedad en base húmeda en la

cáscara de naranja, las cuales fueron sometidas a la extracción de aceite esencial por la técnica de arrastre de vapor. Los datos se presentan en la tabla 15.

En la figura 52, se presenta las curvas volumétricas de extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja. Se observa un tiempo de extracción de 20, 19 y 17 min para las muestra de 60, 45 y 30% de humedad en base húmeda, respectivamente, se extrajeron 16,86; 16,96 y 16,86cm³ de aceite, partiendo de un peso medio de 5 kg de muestra en cada ensayo.

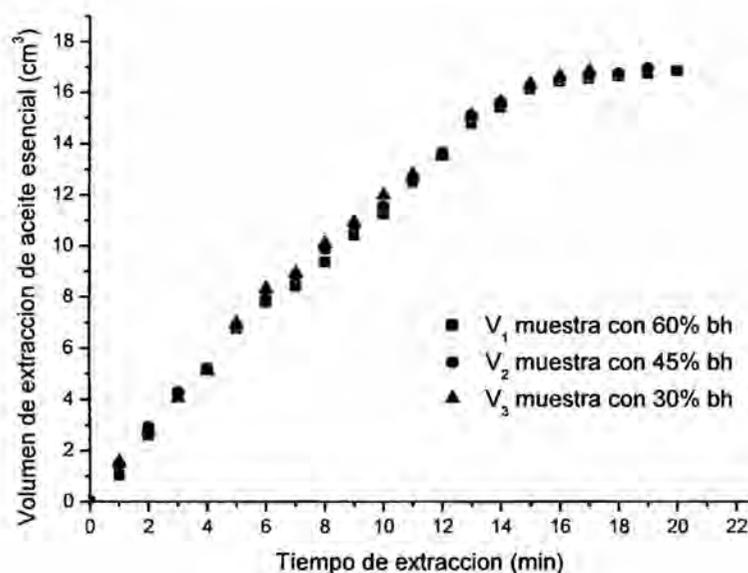
Siendo el factor de Conversión del producto de: **3,40cm³/kg de cáscara de naranja**

Tabla 16. Análisis de Varianza para los volúmenes extraídos de aceite esencial en función del tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 52: Curva volumétrica de extracción de aceites esenciales de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*)



Fuente: Elaboración Propia

Modelamiento matemático de los volúmenes de extracción de aceites esenciales del bagazo de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*)

Para la muestra de 60% de Humedad en base húmeda: El modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la extracción volumétrica de aceite esencial de cáscara de naranja usado en este proyecto de investigación se presenta en la ecuac. 1,

$$V = a(1 - e^{-k \cdot t}) \quad (1)$$

Dónde:

t: tiempo

a y *k*: Constantes

Haciendo uso de la opción de Solver de Excel y del método de quase-newton se determinaron los valores de las constantes de: $a = 25,0619$; $k = 0,06238$ y un valor de $R^2=0,9971$. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 15.

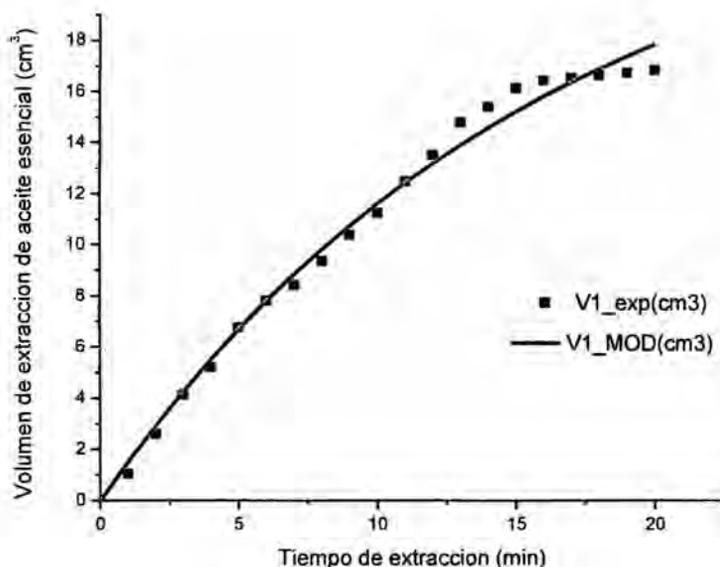
Tabla 17. Valores experimentales y predictivos de la extracción volumétrica de aceites esenciales de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*) con 60% de humedad en base húmeda

Tiempo (min)	Humedad 60%bh		
	h(mm)	V ₁ _exp(cm ³)	V ₁ _MOD(cm ³)
0	0	0	0
1	1	1,04	1,52
2	2,5	2,60	2,94
3	4	4,16	4,28
4	5	5,20	5,53
5	6,5	6,76	6,72
6	7,5	7,80	7,82
7	8,1	8,43	8,87
8	9	9,37	9,85
9	10	10,41	10,77
10	10,8	11,24	11,63
11	12	12,49	12,44
12	13	13,53	13,21
13	14,2	14,78	13,92
14	14,8	15,40	14,60
15	15,5	16,13	15,23
16	15,8	16,44	15,82
17	15,9	16,55	16,38
18	16	16,65	16,91
19	16,1	16,75	17,40
20	16,2	16,86	17,86

Fuente: Elaboración propia

En la figura 53 se observa los datos experimentales, hasta los primeros 15 min de extracción la curva fue creciendo hasta su agotamiento sucediendo a los 20 min a partir del cual los valores de lectura del espesor de aceite esencial se repetían, constituyendo éste el tiempo óptimo de extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja para las condiciones experimentales planteadas.

Figura 53: Curva de extracción de aceite esencial de cascara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*) a partir de una muestra de 60% de humedad en base húmeda



Fuente: Elaboración Propia

Para la muestra de 45% de Humedad en base húmeda: El modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la extracción volumétrica de aceite esencial de cáscara de naranja usado en este proyecto de investigación se presenta en la ecuac. 1,

Haciendo uso de la opción de solver de Excel y del método de **quase-newton** se determinaron los valores de las constantes de: $a = 25,680009$; $k = 0,0621$ y un valor de $R^2=0,9975$. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 18.

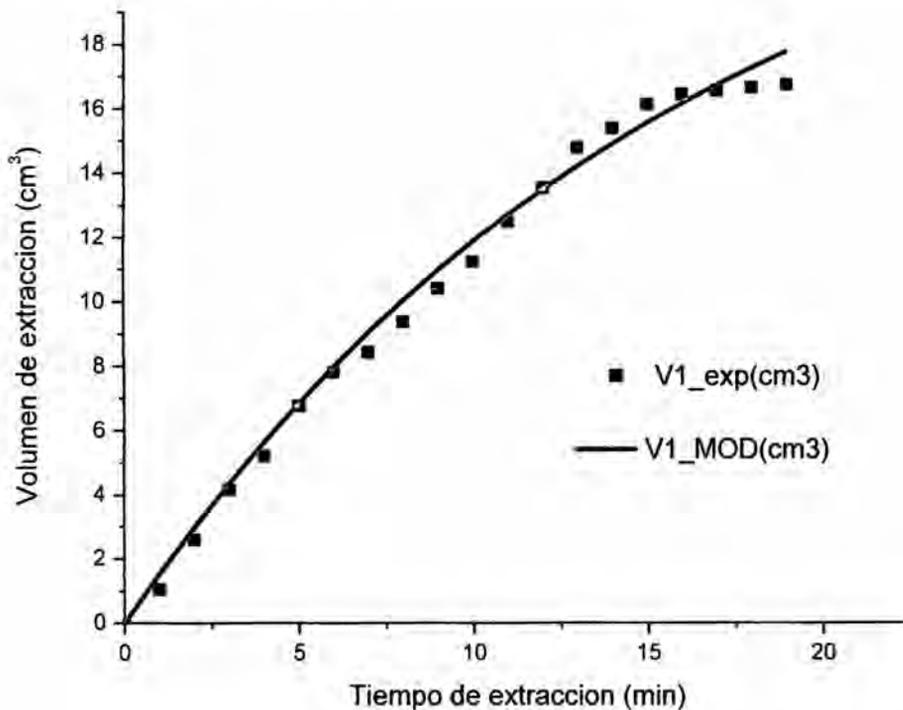
En la figura 54, se observa la evolución de la extracción volumétrica del aceite esencial con el tiempo. Puede observarse que aproximadamente a los 15 min de extracción se va consiguiendo el agotamiento del proceso de extracción del aceite esencial de las cáscaras de naranja.

Tabla 18. Valores experimentales y predictivos de la extracción volumétrica de aceites esenciales de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*) con 45% de humedad en base húmeda.

Tiempo (min)	Humedad 45%bh		
	h(mm)	V _{1_exp} (cm ³)	V _{1_MOD} (cm ³)
0	0	0	0
1	1	1,46	1,55
2	2,5	2,91	3,00
3	4	4,27	4,37
4	5	5,20	5,65
5	6,5	6,87	6,86
6	7,5	7,91	7,99
7	8,1	8,85	9,06
8	9	9,89	10,06
9	10	10,82	11,00
10	10,8	11,55	11,88
11	12	12,59	12,71
12	13	13,63	13,50
13	14,2	15,09	14,23
14	14,8	15,61	14,92
15	15,5	16,23	15,57
16	15,8	16,55	16,18
17	15,9	16,65	16,75
18	16	16,75	17,29
19	16,1	16,96	17,79

Fuente: Elaboración propia (2015)

Figura 54: Curva de extracción de aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*) a partir de una muestra de 45% de humedad en base húmeda



Fuente: Elaboración Propia

Para la muestra de 30% de Humedad en base húmeda: El modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la extracción volumétrica de aceite esencial de cáscara de naranja usado en este proyecto de investigación se presenta en la ecuac. 1,

Haciendo uso de la opción de solver de Excel y del método de Quase-Newton se determinaron los valores de las constantes de: $a = 29,54738$; $k = 0,05218$ y un valor de $R^2=0,9990$

Los valores obtenidos se muestran en la tabla 19.

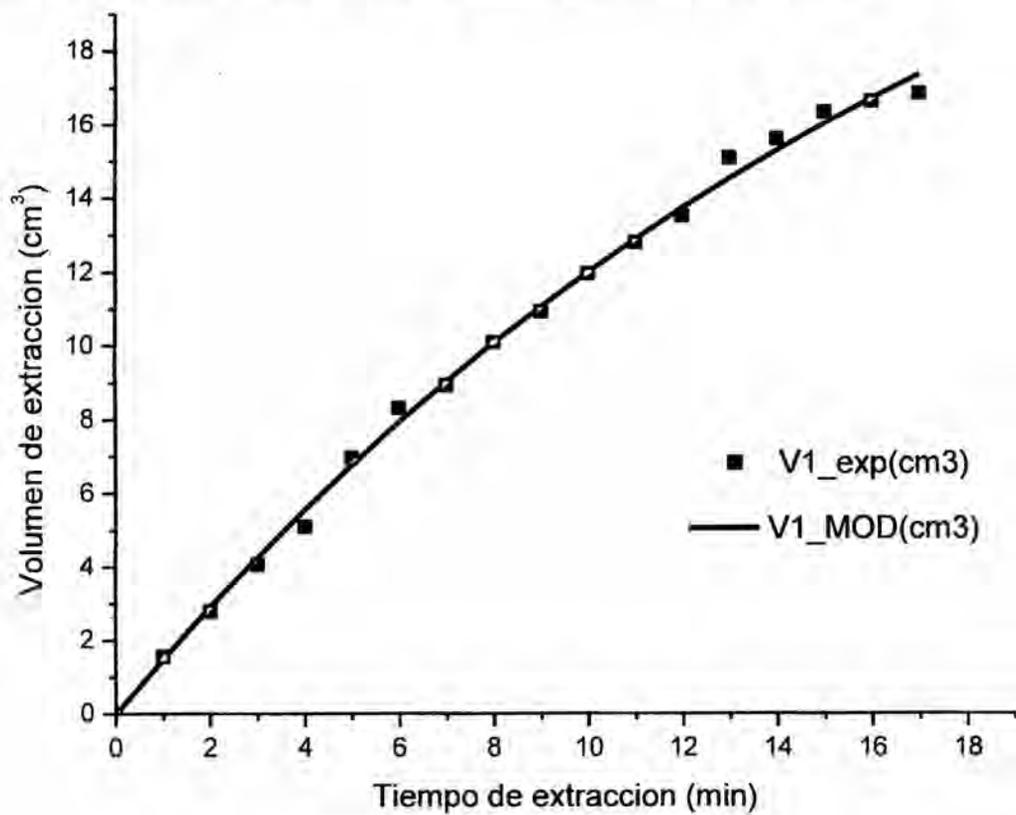
Tabla 19. Valores experimentales y predictivos de la extracción volumétrica de aceites esenciales de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*) con 30% de humedad.

Tiempo (min)	Humedad 30%bh		
	h(mm)	V ₁ _exp(cm ³)	V ₁ _MOD(cm ³)
0	0	0	0
1	1	1,56	1,50
2	2,5	2,81	2,93
3	4	4,06	4,28
4	5	5,10	5,57
5	6,5	6,97	6,79
6	7,5	8,32	7,94
7	8,1	8,95	9,04
8	9	10,09	10,08
9	10	10,93	11,07
10	10,8	11,97	12,01
11	12	12,80	12,90
12	13	13,53	13,75
13	14,2	15,09	14,55
14	14,8	15,61	15,32
15	15,5	16,34	16,04
16	15,8	16,65	16,73
17	15,9	16,86	17,38

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la figura 55, se presenta la evolución de la extracción volumétrica del aceite esencial de la cáscara de naranja con el tiempo. Puede observarse aproximadamente, que también a los 15 min de extracción se va consiguiendo el agotamiento del proceso de extracción del aceite esencial de las cáscaras de naranja.

Figura 55: Curva de extracción de aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*) a partir de una muestra de 30% de humedad en base húmeda

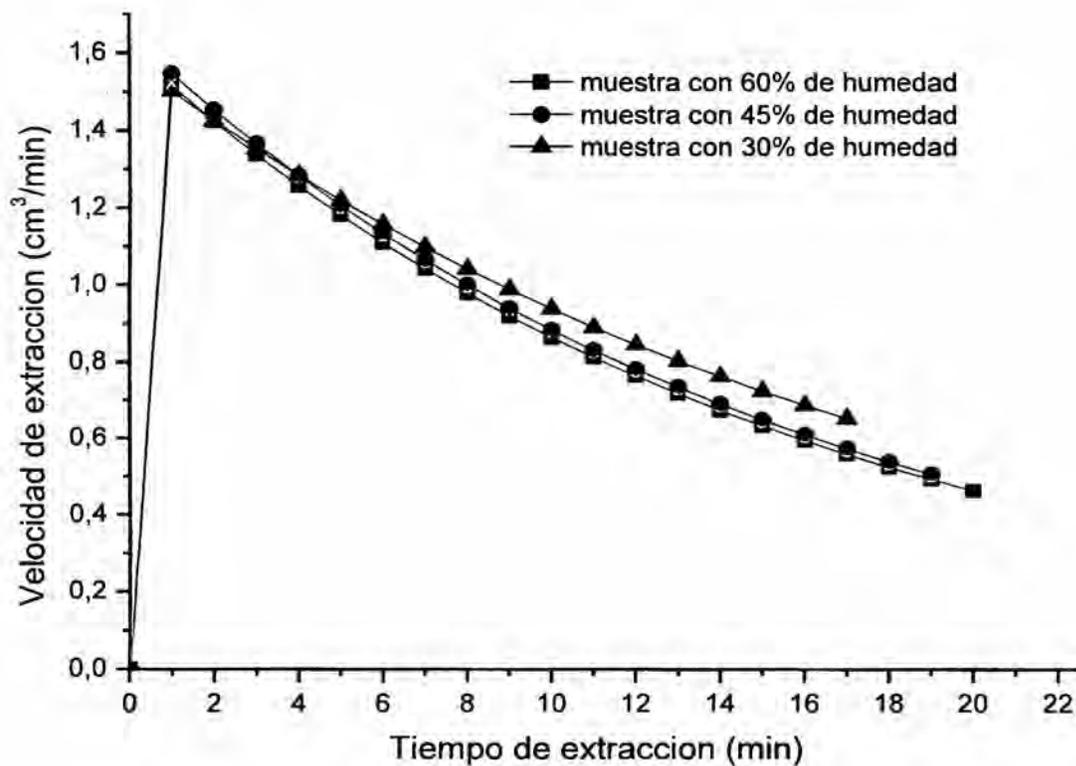


Fuente: Elaboración Propia

CINETICA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*)

En la figura 56, se muestra la cinética de extracción del aceite de cáscara de naranja para las muestras experimentadas con humedad inicial de 60, 45 y 30% de humedad. Los datos usados fueron los obtenidos con los modelos matemáticos, esto es para observar las curvas suavizadas que corrigen los errores cometidos durante las lecturas de la altura de aceite leídas en el florentino. Desde el inicio de la operación se observa que la velocidad de extracción de los aceites esenciales es decreciente hasta la finalización de todo el proceso de extracción.

Figura 56: Cinética de extracción de aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*) a partir de una muestra de 60%, 45% y 30% de humedad en base húmeda



Fuente: Elaboración Propia

5.2.3. Secado de la cáscara de naranja

5.2.3.1. Secado por aire caliente

TABLA 20: En la siguiente tabla se muestran las condiciones y/o parámetros que se tuvieron en cuenta durante el proceso de secado con aire caliente:

DATOS DE SECADO DE CÁSCARA DE NARANJA	
TIPO DE SECADO :	CON AIRE CALIENTE
DIMENSIONES DE LA BANDEJA :	
PESO DE LA BANDEJA (g)	146.87
HUMEDAD INICIAL DEL PRODUCTO (%bh)	51.82
VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO (m/s)	1.5
TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO (°C)	60
ESPESOR MEDIO DE LA CASCARA (mm)	0.913
VALORES DE LAS CONSTANTES	
K =	0.070220305
n =	0.86894593

FUENTE: Elaboración propia

✓ De la curva de secado

En la figura 57, se observa la curva completa de secado de tiras de bagazo de cáscaras de naranja en un secador convectivo con aire caliente a la temperatura de 60°C y velocidad de aire a 1,5m/s hasta el valor de la humedad de equilibrio en base seca de 0,02 kg_{H2O}/kgss. Empleándose un tiempo medio de **65 min** para llegar a la humedad en base húmeda de **10%bh** (0,10Kg_{H2O}/kgss) y de 105 min para llegar a la humedad de equilibrio.

La curva presenta una rápida caída de la humedad durante los primeros 20 min del proceso de secado presentando una típica caída de la humedad de velocidad de secado en estado decreciente que se observa en la mayoría de los productos agroindustriales.

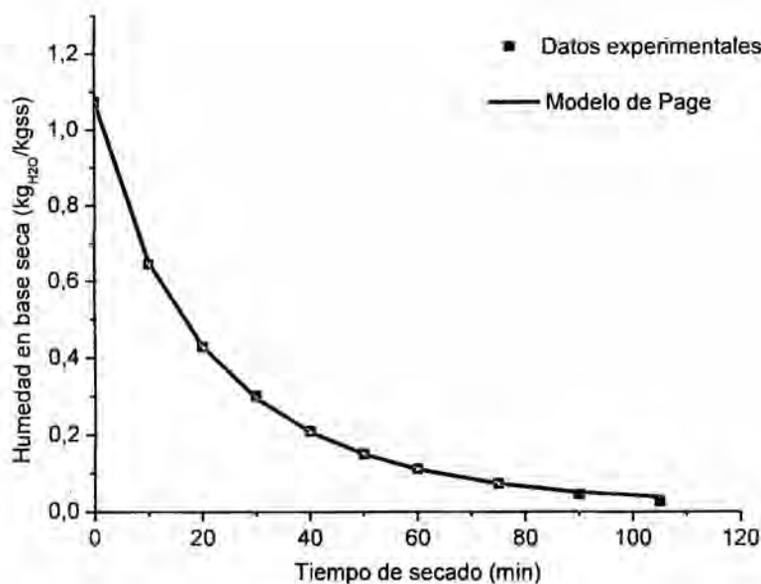
Los datos experimentales de la humedad en base seca fueron ajustados a una ecuación no lineal según el Modelo matemático de Page (ecuac. 1), observándose un buen ajuste de éste a los valores experimentales, obteniéndose un coeficiente de determinación de $R^2= 0,9998$;

$$\frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \exp[-K \cdot t^n] \quad (1)$$

Siendo para este caso el modelo matemático para este tipo de producto de la forma (ecuac. 2):

$$X = 0,02 + 1,055 \exp[-0,07022 \cdot t^{0,8689}] \quad (2)$$

Figura 57: Curva de secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja a 60°C con aire caliente

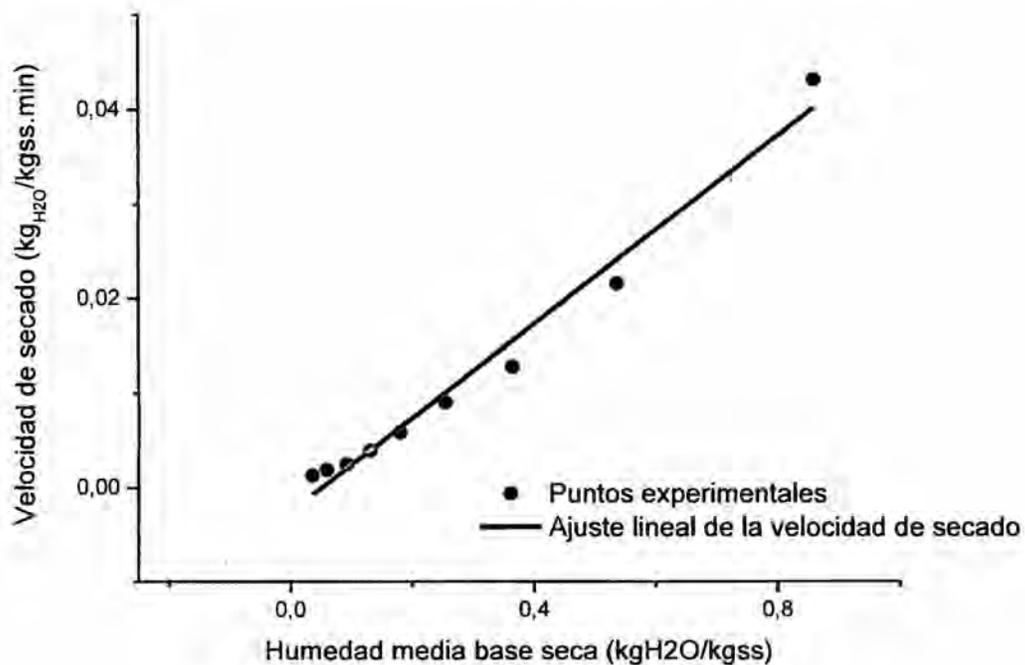


FUENTE: Elaboración propia

✓ **De la velocidad de secado**

En la figura 58, se presenta el comportamiento de la velocidad de secado en relación a la variación de la humedad media del bagazo de tiras de la cáscara de naranja. Se observa que desde el inicio de la operación la velocidad de secado es decreciente y de comportamiento lineal.

Figura 58: Velocidad de secado del bagazo de tiras de cáscara de naranja



FUENTE: Elaboración propia

Siendo el comportamiento matemático de la relación lineal ($R^2 = 0,9795$) tal como mostrado en la ecuac. 3:

$$\frac{dX}{dt} = 0,0497X - 0,0025 \quad (3)$$

✓ **De la difusividad efectiva de Humedad del proceso de secado**

La difusividad efectiva fue calculada por la basada en la ley de Fick (ecuac. 4)

$$MR = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n + 1)^2} \exp[-(2n + 1)^2 \pi^2 D_{eff} t] \quad (4)$$

Utilizándose el primer término de la serie (ecuac.5) para una geometría de placa plana:

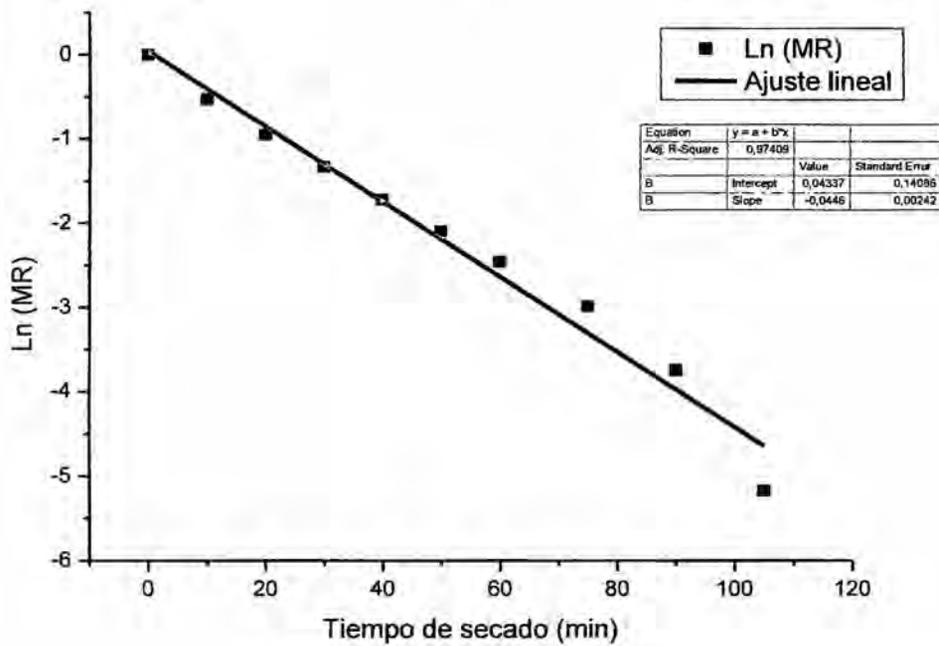
$$MR = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left[-\frac{\pi^2 D_{eff} \cdot t}{4L^2}\right] \quad (5)$$

El resultado obtenido ha demostrado que el proceso de secado es completamente controlado por la resistencia interna a la transferencia de masa (período decreciente a la velocidad de secado), por lo que los resultados experimentales pueden ser interpretados usando el modelo difusional de la ecuación de Fick. Asumiendo que la distribución de humedad es uniforme en todo el espesor de las tiras de bagazo de la cáscara de naranja y la resistencia externa a la transferencia de masa es despreciable.

De la ecuac. 5, la difusividad efectiva de humedad fue calculada usando el método de la pendiente al graficar el logaritmo de MR vs el tiempo de secado, tal como se presenta en la ecuac. 6:

$$\ln(MR) = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 \cdot D_{eff} \cdot t}{4 \cdot L^2} \quad (6)$$

Figura 59: Representación del Ln (MR) versus el tiempo de secado



FUENTE: Elaboración propia

Resultando el valor de la Difusividad efectiva, para un espesor medio de la cáscara de naranja de 0,913cm de:

$$D_{eff} = \frac{4(0,913 \cdot 0,01/2)^2 \cdot 0,0446}{60 \cdot \pi^2} = 6,278 \cdot 10^{-9} (m^2/s)$$

El valor obtenido de la difusividad efectiva de humedad, se encuentra aceptable dentro del rango de valores publicados en la bibliografía.

5.2.3.3. Secado por aire caliente asistido con energía radiante complementaria

TABLA 21: Se muestran las condiciones y/o parámetros que se tuvieron en cuenta durante el proceso de secado con aire caliente asistido con energía radiante complementaria:

DATOS DE SECADO DE CÁSCARA DE NARANJA	
TIPO DE SECADO :	AC +E. RADIANTE COMPLEMENTARIA
DIMENSIONES DE LA BANDEJA :	
PESO DE LA BANDEJA (g)	146.87
HUMEDAD INICIAL DEL PRODUCTO (%bh)	51.82
POTENCIA DE LOS FOCOS	l = 16 v = 224.5
POTENCIA (W)	3592
VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO (m/s)	1.5
TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO (°C)	60
ESPESOR MEDIO DE LA CÁSCARA (mm)	0.913
VALORES DE LAS CONSTANTES	
K =	0.070220305
n =	0.86894593

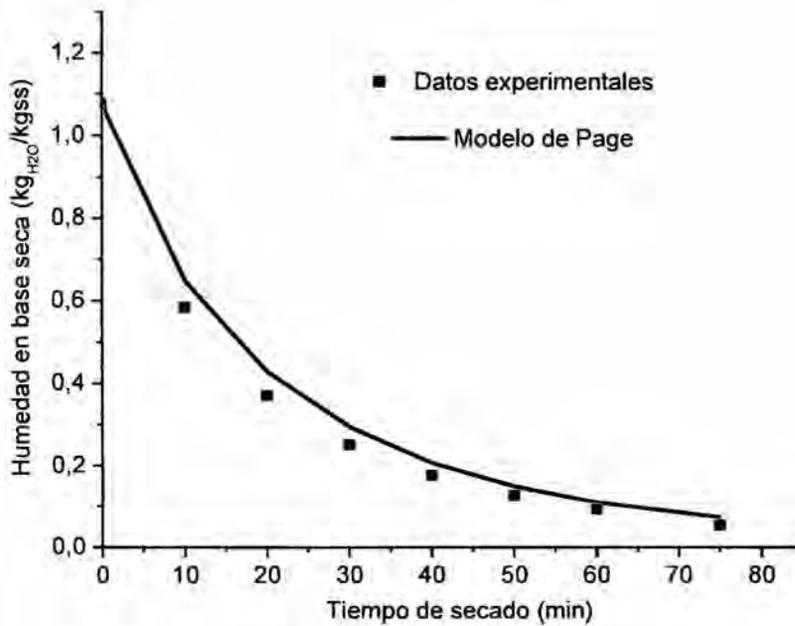
FUENTE: Elaboración propia

✓ De la curva de secado

En la figura 60, se observa la curva completa de secado de tiras de bagazo de cáscaras de naranja en un secador convectivo con aire caliente a la temperatura de 60°C y velocidad de aire a 1,5m/s asistido con energía radiante de 3 592 W de potencia calorífica en el lecho del

secador hasta el valor de la humedad de equilibrio en base seca de 0,02 kg_{H2O}/kgss. Empleándose un tiempo medio de **50 min** para llegar a la humedad en base húmeda de **10%bh** (0,10Kg_{H2O}/kgss) y de 75min para llegar a la humedad de equilibrio.

Figura 60: Curva de secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja a 60°C con aire caliente asistido con energía radiante



FUENTE: Elaboración propia

Los datos experimentales de la humedad en base seca fueron ajustados al Modelo matemático de Page (ecuac. 1), observándose un buen ajuste de éste a los valores experimentales, obteniéndose un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,9959$;

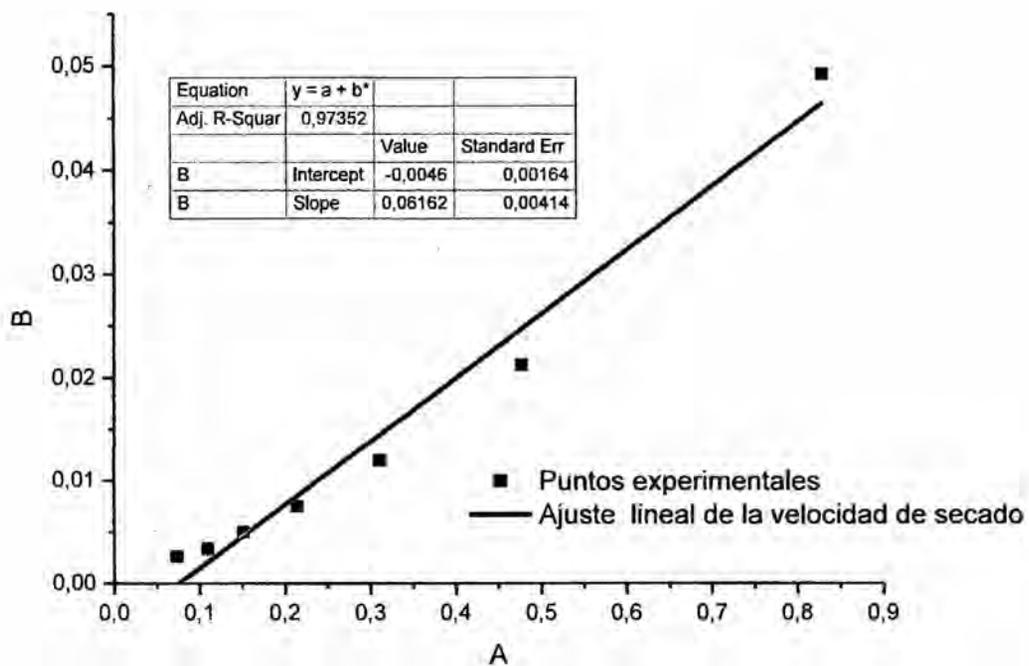
Siendo para este caso el modelo matemático para este tipo de producto (ecuac. 7), toma la forma de:

$$X = 0,02 + 1,055 \exp[-0,09660 \cdot t^{0,81167}] \quad (7)$$

✓ **De la velocidad de secado**

En la figura 61, se presenta el comportamiento de la velocidad de secado en relación a la variación de la humedad media del bagazo de tiras de la cáscara de naranja en secado convectivo con aire caliente y asistido con energía radiante. Se observa que desde el inicio de la operación de secado la velocidad de secado es del periodo decreciente y de comportamiento lineal.

Figura 61: Velocidad de secado del bagazo de tiras de cáscara de naranja en secado con aire caliente asistido con energía radiante



FUENTE: Elaboración propia

Siendo el comportamiento matemático de la relación lineal ($R^2 = 0,9735$) tal como mostrado en la ecuac. 8:

$$\frac{dX}{dt} = 0,06162X - 0,0046 \quad (8)$$

5.2.3.1. Secado por microondas

TABLA 22. En la siguiente tabla se muestran los parámetros y/o condiciones utilizados durante el secado de la cáscara de naranja mediante el microondas

DATOS DE SECADO DE CÁSCARA DE NARANJA	
TIPO DE SECADO :	CON MICROONDAS
DIMENSIONES DE LA BANDEJA :	
PESO DE LA BANDEJA (g)	98.7
HUMEDAD INICIAL DEL PRODUCTO (%bh)	51.82
POTENCIA (W)	Potencia Baja
ESPESOR MEDIO DE LA CÁSCARA (mm)	0.913
VALORES DE LAS CONSTANTES	
K =	0.005608962
n =	1.665148843

FUENTE: Elaboración propia

✓ **De la curva de secado**

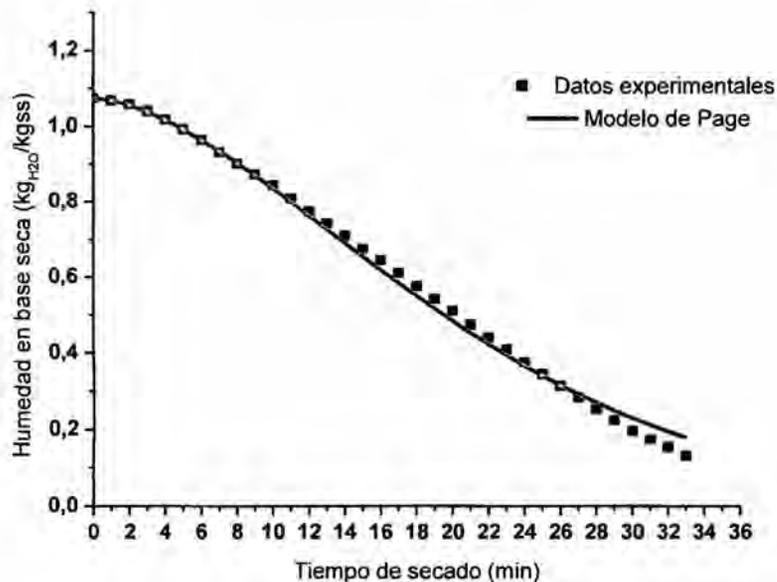
En la figura 62 se observa la curva completa de secado de tiras de bagazo de cáscaras de naranja en un microondas usando potencia baja (700 W) hasta el valor de la humedad de **10% en base húmeda**, empleándose un tiempo medio de secado de **33min**.

Los datos experimentales de la humedad en base seca fueron ajustados al Modelo matemático de Page (ecuac. 1), observándose un buen ajuste de éste a los valores experimentales, obteniéndose un coeficiente de determinación de $R^2= 0,9993$;

Siendo para este caso el modelo matemático para este tipo de producto usando la tecnología de microondas (ecuac. 9) de:

$$X = 0,02 + 1,055 \exp[-0,003767 \cdot t^{1,79277}] \quad (9)$$

Figura 62: Curva de secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja usando microondas de potencia baja (700 W)

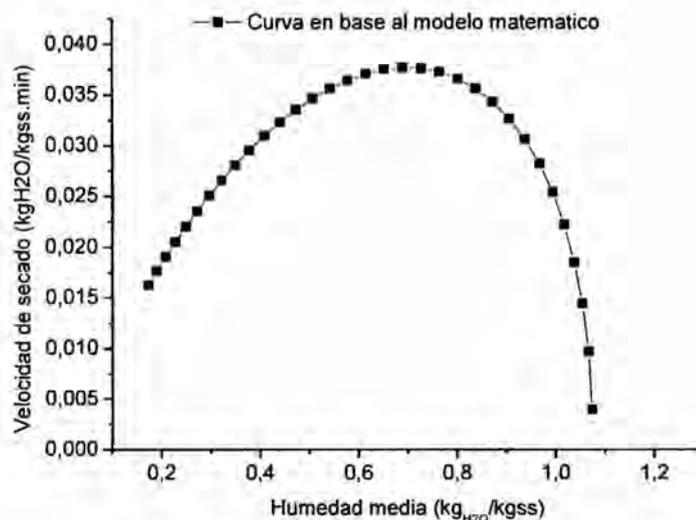


FUENTE: Elaboración propia

✓ De la velocidad de secado

En la figura 63, se presenta el comportamiento de la velocidad de secado en relación a la variación de la humedad media del bagazo de tiras de la cáscara de naranja en el secado con microondas usando los valores obtenidos por el modelo matemático. Se observa que desde el inicio de la operación de secado la velocidad de secado es creciente hasta llegar a un valor aproximado de $0,70 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{ss}}$ que se presenta a los 15 min de secado, para luego caer en forma decreciente hasta el valor final de aprox. de 10% en base húmeda ($0,1314 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{ss}}$).

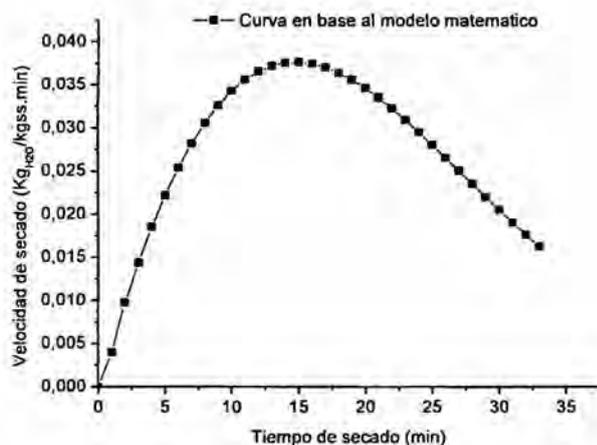
Figura 63: Curva de la velocidad de secado vs la humedad media en el secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja aplicando el secado en microondas



FUENTE: Elaboración propia

En la figura 64 se presenta la curva de la velocidad de secado versus el tiempo, tal como se indicó, a los 15 min, se observa la tasa más alta de velocidad de secado de $0,037 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{ss}}.\text{min}$. Es decir, usando la tecnología de microondas, se ha observado que en el secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja se observa dos periodos de velocidad de secado: uno creciente y otro decreciente.

Figura 64: Curva de la velocidad de secado de tiras de bagazo de cáscara de naranja versus el tiempo de secado.



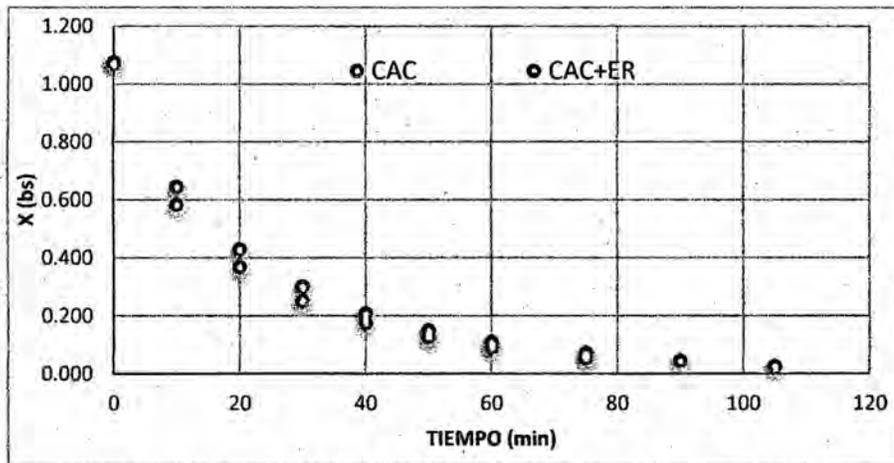
FUENTE: Elaboración propia

TABLA 23: En la siguiente tabla comparativa podemos observar los tiempos de secado en minutos y la humedad en la base seca para cada uno de los tres diferentes métodos de secado (CAC: Con aire caliente, CAC+ER: Con aire caliente asistido con energía radiante, M-O: Con microondas)

Tiempo (min)	CAC	CAC+ER	M-O
	X(bs)	X(bs)	X(bs)
0	1.076	1.0756	1.0756
10	0.644	0.5832	0.8439
20	0.428	0.3706	0.5104
30	0.300	0.2512	0.1965
40	0.209	0.1762	
50	0.150	0.1263	
60	0.111	0.0928	
75	0.073	0.0535	
90	0.045		
105	0.026		

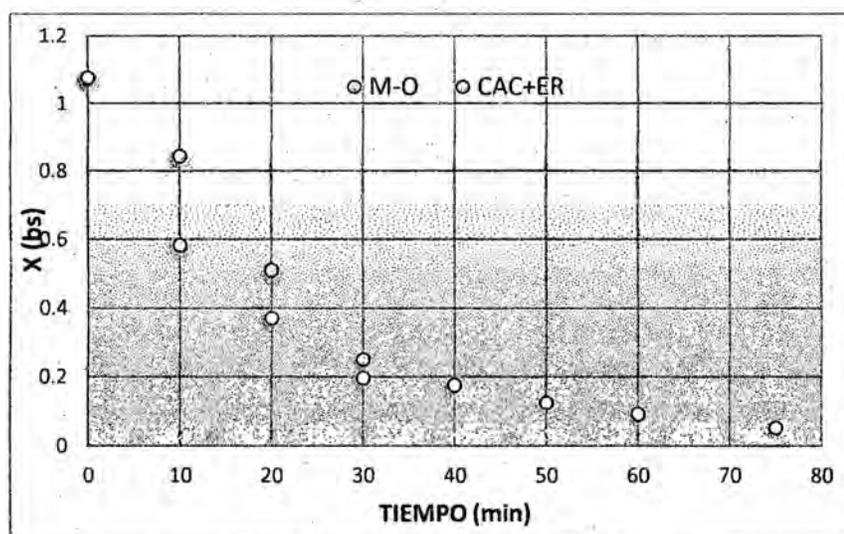
FUENTE: Elaboración propia

Figura 65: En la siguiente figura podemos observar y comparar las dos diferentes curvas: una de ellas es del secado con aire caliente y la otra con aire caliente asistido con energía radiante. Cabe destacar que para cada una de estas curvas se utilizaron los datos de tiempo (min) y la humedad en la base seca



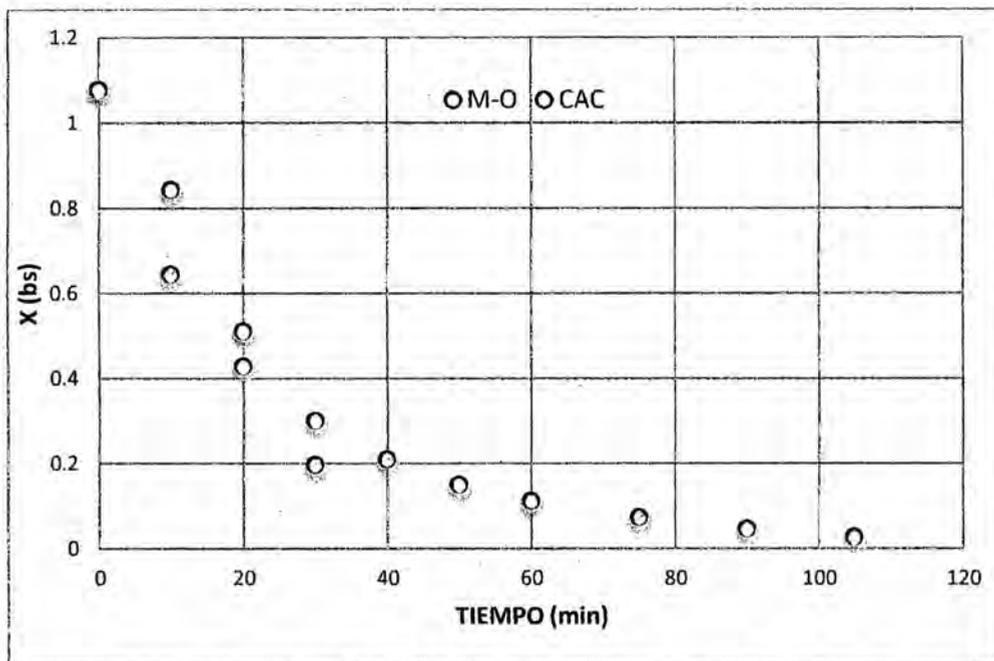
FUENTE: Elaboración propia

Figura 66: Tenemos dos curvas: una de ellas pertenece a los datos obtenidos en el secado en microondas y la otra al secado por aire caliente asistido con energía radiante. Se utilizaron los datos de tiempo (min) y la humedad en la base seca.



FUENTE: Elaboración propia

Figura 67: Observamos dos curvas: una de ellas pertenece a los datos obtenidos en el secado en microondas y la otra al secado por aire caliente. Cabe destacar que para cada una de estas curvas se utilizaron los datos de tiempo (min) y la humedad en la base seca.



FUENTE: Elaboración propia

5.2.4. De los análisis realizados al producto final

5.2.4.1. DENSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL

TABLA 24: Como ya se mencionó la densidad se determinó con el método del picnómetro, obteniéndose de esta manera los siguientes datos para el posterior cálculo de la densidad:

MÉTODO DEL PICNOMETRO		
p =	peso del picnómetro vacío	24.0631 g
p1 =	peso del picnómetro lleno de agua	49.0234 g
p2 =	peso del picnómetro lleno con aceite	45.1107 g
D_w =	Densidad del agua a 20°C	998.2000 kg/m ³
D_{aceite} =	Densidad del aceite a 20°C	841.7252 kg/m³

FUENTE: Elaboración propia (LIPOU-FIPA)

TABLA 25: Más adelante se obtuvieron los siguientes valores correspondientes a la densidad:

DENSIDAD DEL A. E. DE CÁSCARA DE NARANJA		
D1 =	841.730	kg/m ³
D2 =	841.740	kg/m ³
D3 =	841.700	kg/m ³
D4 =	841.780	kg/m ³
D5 =	842.100	kg/m ³
Densidad promedio	841.810	kg/m³
Desviación estándar	0.165	

FUENTE: Elaboración propia (LIPOU-FIPA)

5.2.4.2. VISCOSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL

TABLA 26: Para el cálculo de la viscosidad, se utilizó un viscosímetro capilar de vidrio tipo Ostwald, y además se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

Datos para el cálculo de la viscosidad de aceite esencial de cáscara de naranja			
Temperatura a 20°C			
Densidad del agua	998.2	kg/m ³	$\mu_{aceite} = \mu_{agua} \left(\frac{\rho_{aceite}}{\rho_{agua}} \right) \left(\frac{\theta_{aceite}}{\theta_{agua}} \right)$
Viscosidad del agua	0.001	(kg/ms)	
Densidad del aceite	840.3	kg/m ³	

FUENTE: Elaboración propia (LIPOU-FIPA)

TABLA 27: Con lo anteriormente mencionado se obtuvieron los siguientes valores para la viscosidad del aceite esencial de cáscara de naranja:

Tiempo aceite(s)	Tiempo agua(s)	Viscosidad del aceite (kg/ms)	Viscosidad del aceite (cP)
16.63	16.25	0.000861501	0.861500794
16.8	16.26	0.000869772	0.869772232
16.74	16.2	0.000869876	0.869875776
16.54	16.17	0.000861078	0.861077583
16.86	16.27	0.000872342	0.872342066
16.9	16.16	0.000880364	0.880363739
16.78	16.14	0.000875196	0.875195799

PROMEDIO	0.000870018	0.870018284
DESV STANDARD	6.97376E-06	0.006973756

FUENTE: Elaboración propia (LIPOU-FIPA)

5.2.4.3.ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL

TABLA 28:

Se obtuvieron los siguientes datos que pertenecen al índice de refracción del aceite esencial de cáscara de naranja

ÍNDICE DE REFRACCIÓN	
IR1=	1.4726
IR2=	1.4731
IR3=	1.473
IR4=	1.4728
IR5=	1.4732
IR promedio 1.47	
Desviación estándar 0.00024	

FUENTE: Elaboración propia (LIPOU-FIPA)

5.2.4.4.PH DEL ACEITE ESENCIAL

TABLA 29: Se muestran los datos obtenidos para el parámetro fisicoquímico de pH:

ph del aceite esencial	
PH1=	1.58
PH2=	1.56
PH3=	1.57
PH4=	1.6
PH5=	1.53
pH promedio 1.57	
Desviación estándar 0.02588	

FUENTE: Elaboración propia (LIPOU-FIPA)

5.2.4.5. RENDIMIENTO DEL PRODUCTO SECO

TABLA 30: Según lo explicado anteriormente, el producto seco llegó a una humedad del 10% de base húmeda, por lo que la comparación del rendimiento se hizo en cuestión del tiempo de proceso, siendo el más efectivo en este aspecto el secado por microondas

MO: Secado por microondas

AC: Secado por aire caliente

AC+ER: Secado por aire caliente asistido con energía radiante

TIPO DE SECADO	TIEMPO DE PROCESO
MO	30
AC	105
AC+ER	75

FUENTE: Elaboración propia (LIPOU-FIPA)

Se calculó el rendimiento que se obtuvo para el producto seco:

$$M_o = 232,20 \text{ gr}$$

$$Y_o = 51,82 \%$$

$$Y_f = 10 \%$$

$$M_{seca} = (1 - Y_f) = M_o(1 - Y_o)$$

$$M_{seca} = M_o \left(\frac{1 - Y_o}{1 - Y_f} \right)$$

$$M_{seca} = 232,20 \left(\frac{1 - 0,5182}{1 - 0,10} \right)$$

$$M_{seca} = 124,30 \text{ gr de producto seco}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_{seca}}{M_o}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{124,30}{232,20} = 0,54 \frac{\text{kg prod. seco}}{\text{kg de bagazo}}$$

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Debido al aumento de consumo de naranjas (desayunos al paso, fast food) se incrementó también los desechos producidos por los mismos, por lo que se determinó que la cáscara representa el 20 % del peso total de la naranja, una cantidad estimable teniendo en cuenta la cantidad de naranja que se procesa diariamente.
- Se contribuyó proporcionando la data de la densidad, viscosidad, índice de refracción y pH del aceite esencial, además del rendimiento del producto seco (tiempo), que son considerados como gran aporte para este tema ya que no se cuenta con estos datos en bibliografía, los mismos que abren paso para que se realicen regulaciones a futuro en la producción de este tipo de productos en el Perú.
- Se determinó el factor de conversión para el proceso de extracción de aceites esenciales siendo: 3,40 cc/kg de cáscara de naranja en un promedio de 20 minutos en el equipo-escala de laboratorio utilizado. Mencionando a la vez que se realizó dicho proceso con cáscara de naranja con tres diferentes niveles de humedad.
- El nivel de humedad no influye de manera significativa en el volumen final del aceite extraído ni en el tiempo de extracción, determinado de esta manera por los ensayos realizados con los tres niveles de humedad y con el análisis de varianza ANOVA
- Se determinó el coeficiente global de condensación cuyo valor fue 213 W/m²K

- El rendimiento del producto seco fue de 0,54 kgss/kg bagazo es decir que por cada kilo de bagazo de la cáscara (que ya paso por el proceso de extracción) obtendremos 0,54 kg de producto seco.
- Se observó que el método de secado más efectivo en relación con el **tiempo** fue el secado realizado con microondas, seguido por el secado por aire caliente más energía radiante, se trabajó con un nivel de humedad final de 10% de base húmeda.

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES

- Se contribuyó al estudio de la extracción de aceites esenciales y secado de cáscara de naranja (*citrus sinensis*, var. *Valencia late*)
- Se establecieron los parámetros de extracción del aceite esencial, mediante la técnica de destilación con arrastre de vapor, además de ello se determinó que la humedad de la cáscara no influye en el volumen de aceite ni en el tiempo de proceso
- Se determinó la curva y cinética de extracción de los aceites esenciales de la cáscara de naranja, estableciendo modelos matemáticos que ajustaron los datos experimentales obtenidos
- Se determinó y evaluó el factor conversión del proceso de extracción de los aceites esenciales que fue de 3,40 cm³ de aceite esencial/ kg de cáscara de naranja en un tiempo total de 20 minutos.
- Se determinó el coeficiente global de transmisión de calor durante el proceso de condensación del vapor cuyo valor fue de 213 W/m²K
- Se determinó el método de secado más efectivo para la cáscara de naranja, determinándose así que el más efectivo fue el secado por microondas
- Se elaboraron las curvas y cinética de secado para cada método, estableciéndose los modelos matemáticos respectivos.
- Se determinó la densidad del aceite esencial que fue de 841.810 kg/m³, la viscosidad de 0,87 cP, el índice de refracción de 1,47 y el pH de 1,57 del aceite esencial, además de un rendimiento de 0,54 $\frac{kg\ prod.seco}{kg\ de\ bagazo}$ para el producto seco.

CAPÍTULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

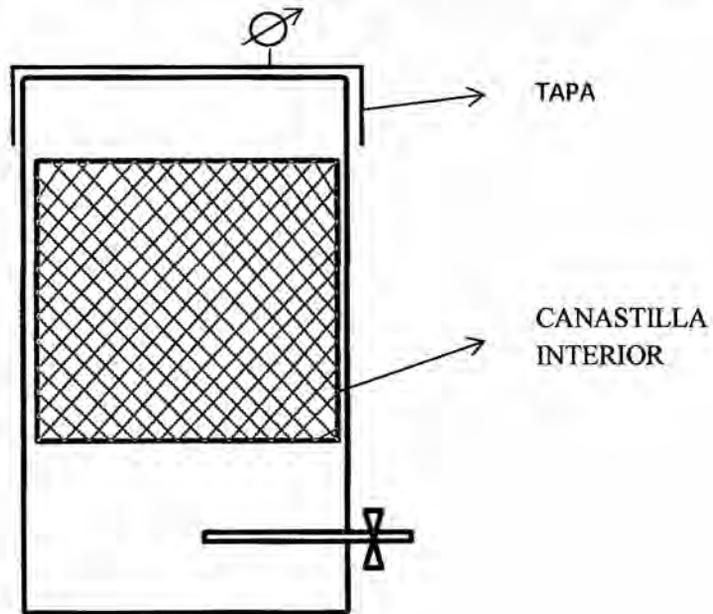
- Quiroz, V. (2009) Utilización de Residuos de Cáscara de Naranja para la Preparación de un Desengrasante Doméstico e Industrial. Tesis para la obtención del título de ingeniería ambiental. Universidad internacional SEK. Quito-Ecuador.
- Cano, M. Chávez, Q. Godínez, L. Monzón, L. (1991) Obtención y caracterización del aceite esencial y oleoresina de la pimienta negra (*pipernigrum l*) cultivada en Guatemala una alternativa de desarrollo agroindustrial para el agricultor guatemalteco. Guatemala
- Gutiérrez, E. Roldán, V. (2010) Factibilidad del proyecto de extracción de aceites esenciales de la naranja en Antioquia. Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 5. p. 119-133. Medellín.
- Lossi, N. (2012). Obtención de Aceite Esencial del Flavelo del Fruto del Naranja Dulce (*Citrus Sinensis L.*) Tipo Blanca, Variedad Valencia, Empleando el método de destilación por arrastre de vapor a nivel laboratorio, en función de diferentes tipos de corte y contenido de humedad. Tesis para optar el título de ingeniera Química. Universidad de San Carlos. Guatemala.

- TechnoServes Inc. (2004). Estudio de competitividad del sector agrícola. Dirección general de promoción agrícola, Asociación de productores cítricos del Perú, Soluciones empresariales para la pobreza rural. Perú.
- Yáñez, R. Mancilla, L. Parada, D. (2007) Estudio del Aceite Esencial de la Cáscara de Naranja Dulce (*Citrus Sinenses*, Variedad Valenciana) Cultivada en Labateca (Norte de Estander, Colombia). Instituto de Investigación en Producción Verde, Universidad de Pamplona. BISTUA Vol.5 No.1. ISSN 0120-4211. Colombia.
- Cerón, S. Cardona, A. (2011) Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja. Ingeniería y Ciencia. Volumen 7, número 13, páginas 65–86. ISSN 1794–9165. Colombia.
- De los Ángeles, M. (2003) Extracción del Aceite Esencial de Mandarina (*Citrus Reticulata*) Utilizando Dióxido de Carbono en Condición Supercrítica como Solvente. Para optar al Título de Ingeniero Químico. Universidad Central de Venezuela. Caracas- Venezuela
- Castaño, S. (2012) Evaluación de la Capacidad Conservante de los Aceites Esenciales de Clavo (*Syzygium Aromaticum*) y Canela (*Cinnamomum Verum*), Sobre la Levadura (*Rhodotorula Mucilaginosa*) En Leche Chocolateada. Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín.

- MINAG (2011) Ministerio De Agricultura y Riego. Series Históricas De Producción Agrícola. Perú.
- Della, R. (2010).Secado de Alimentos por Métodos Combinados: Deshidratación Osmótica y Secado por Microondas y Aire Caliente. Tesis de Maestría en Tecnología de los Alimentos. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Chaparro H, Castillejos G, Carmona E, Escalona B, Pérez C. (2013) Evaluación sensorial de salchichas con harina de cáscara de naranja y/o penca de Maguey. NACAMEH Vol. 7, No. 1. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México.
- Moreno A, Hernández J, Rovero R, Tablante A, Rangel L.(2000). Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscaras de naranja. Cienc. Tecnol. Aliment. Vol. 3, No. 1. Universidad Simón Rodríguez, Venezuela.
- Vásquez R, Marreros V, Alenguer A. (2001). Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*zingiber officinale*).Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.1, nº 1, p. 38 – 42. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú.

ANEXOS

✓ MEDIDAS DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR



TAPA

D: 29,0 cm

CANASTILLA

Di: 29,7 cm

De: 30,0 cm

Hi: 33,8 cm

He: 34,0 cm

✓ CAUDAL DEL FLUJO DE ENFRIAMIENTO (AGUA) EN EL CONDENSADOR

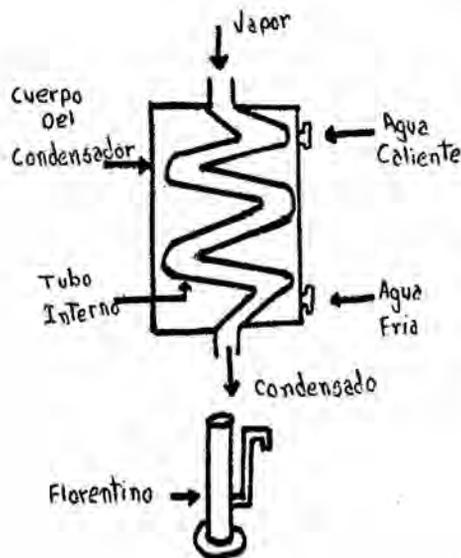
V (cm ³)	Tiempo (s)	Q (cm ³ /s)	Q (m ³ /s)
335	6,40	52,34	5,234 x 10 ⁻⁵
480	9,47	50,69	5,069 x 10 ⁻⁵
675	13,90	48,56	4,856 x 10 ⁻⁵
805	16,47	48,88	4,888 x 10 ⁻⁵

Fuente: Elaboración propia

✓ CAUDAL DEL CONDENSADO

$$Q_{cond} = \frac{1815 \text{ cm}^3}{20 \text{ min}} = 90,75 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 9,075 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

➤ CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN LA CONDENSACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES EN EL CONDENSADOR DEL MÓDULO DE EXTRACCIÓN.



1) Características de condensador:

- Material de convección: acero inox.305
- Longitud total de tubo interior 1.9 m
- N° de vueltas 12
- Diámetro de la horquilla 5 cm
- Espesor de la pared del tubo 0.9 mm interno
- Diámetro interno del tubo interno 1³/₄ = 0.00695 m
- Diámetro exterior del tubo interior 0 0.00815 m

2) Metodología de cálculo del coeficiente global:

El coeficiente global de transferencia de calor está en función a tres resistencias térmicas:

- Resistencia convectiva en la superficie exterior del tubo interno del condensador.
- Resistencia conductiva del tubo interno del condensador
- Resistencia convectiva en la superficie interior del tubo interno del condensador

Cálculo del diámetro equivalente:

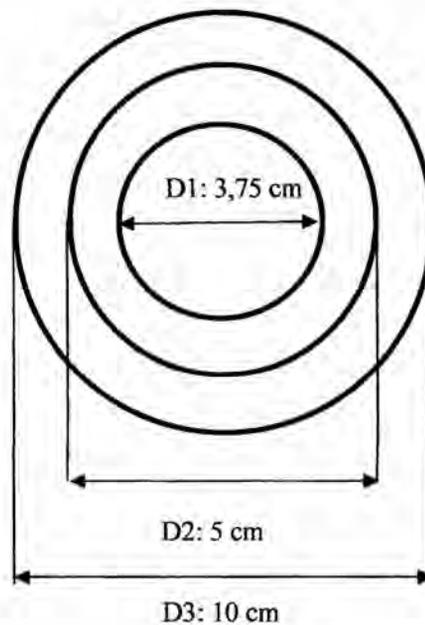
$$D_e = 4 R_h$$

Dónde:

R_h

Radio hidráulico

$$R_h = \frac{\text{Área del sección de paso}}{\text{Perímetro mojado}}$$



$$\frac{\pi}{4} D_i^2 - \frac{\pi}{4} d_2^2 + \frac{\pi}{4} d_1^2 = \text{Area secc. de paso (Asp)}$$

$$Asp = \frac{\pi}{4} (D_i^2 - d_2^2 + d_1^2)$$

$$Asp = 0,006983 \text{ m}^2$$

Perímetro Mojado

$$P_m: \pi D_1 + \pi d_i + \pi d_2 = \pi(D_1 + d_i + d_2)$$

$$P_m = 0,588 \text{ m}$$

$$R_n = \frac{0,006983}{0,588} = 0,0119$$

Diametro Equivalente

$$D_e = 4(R_n) = 4(0,0119)m = 0,0475$$

$$D_e = 0,0475$$

Flujo de Agua en el Condensador

$$Q = 112,5 \frac{e}{h} = 0,00008125 \frac{m^3}{s}$$

$$\bar{v} = \frac{Q}{A_{sp}} = \frac{0,00008125 \text{ m}^3 / s}{0,006983 \text{ m}^2} = 0,004475 \text{ m/s}$$

Cálculo del numero de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \bar{v} D_e}{u}$$

Temperatura de entrada: 22°C

Temperatura de salida: 54°C

$$\therefore T_b = 0,5(22 + 54) - 38^\circ C \quad (311K)$$

$$\frac{T(k)}{311} \frac{k(\frac{w}{mk})}{0,628} \frac{\rho(\frac{kg}{m^3})}{998} u \cdot \frac{10^4 kg}{ms} Pr \quad 4,6$$

$$Re = \frac{993 * 0,004475 * 0,0475}{6,95 * 10^{-4}}$$

$$Re = 304$$

El número de Nusselt Promedio para $Pr \geq 0.5$ esta dado por una correlación mas bien aplicada, propuesta por para cuerpos cilindricos; flujo externo (mills,1995).

$$Nu = 0,3 + \frac{0,62R_e^{1/2} \cdot P_r^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,4}{P_r}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} ; R_e < 10^4$$

$$Nu = 17,48$$

De la definición de Nusselts:

$$Nu = \frac{h \cdot D}{K}$$

$$h_o = \frac{Nu \cdot k}{D} = \frac{Nu \cdot K}{d_2} = \frac{17,98 \cdot 0,628}{0,05}$$

$$h_o = 219,6 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Condensación interior en tubos

$$h = 0,555 \left[\frac{\rho_l (\rho_l - \rho_v) k_l^3 h_{fg}}{U_l \Delta T_e D} \right]^{1/4} , \text{ propiedades a } T_f \text{ (} H_{fg} \text{ y } \rho_v \text{ a } T_{sat})$$

$$h_{fg} = h_{fg} + \frac{3}{8} C_{p_l} \Delta T_e$$

T_{sat} : Temperatura de saturación

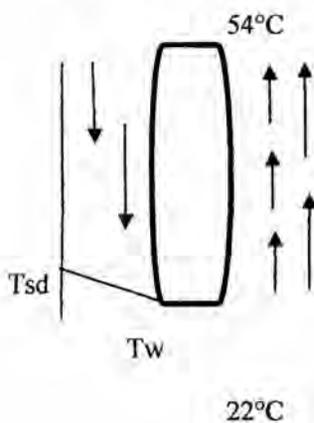
T_s : Temperatura de superficie

$$\Delta T_e: T_s - T_{sat}$$

$$\Delta T_e = T_{sat} - T_N = 100 - 38 = 62^\circ\text{C}$$

$$\rho_l, U_l \text{ y } k_l \quad T_f = 0,5(T_{sat} + T_N)$$

$$T_f = 0,5(100 + 38) = 69^\circ\text{C}$$



Vapor Saturado:

$P_{atm-abs}$	$T^{\circ}C$	$P_r \left(\frac{kg}{m^3} \right)$	$h_{fg} \left(\frac{Kcal}{Kg} \right)$	$h_{fg} \left(\frac{kJ}{kg} \right)$
1,00	99,1	0,5797	539,40	
1,08	100,0	0,600	538,80	2257,70
1,50	110,8	0,8472	531,90	

$$\therefore 2257,7 \times 10^{-3} \frac{J}{kg}$$

Propiedades del agua

K	$K_l \left(\frac{W}{mk} \right)$	$U_l \cdot 10^4 \left(\frac{kg}{ms} \right)$	$\rho_L \left(\frac{kg}{m^3} \right)$	P_r	$C_p \left(\frac{J}{KgK} \right)$
390	0,661	4,31	980	2,70	4184

Calculo de h_{fg}

$$h'_{fg} = 2257,7 \cdot 10^3 + \frac{3}{8} \cdot 4184(62) = 2354978 \frac{J}{kg}$$

$$h_{con} = 0,555 \left[\frac{9,81 \cdot 980(980 - 0,60)0,661^2 \cdot 2354978}{4,31 \cdot 10^{-4} \cdot 62 \cdot 0,00815} \right]^{\frac{1}{4}} \left(\frac{w}{mk} \right)$$

$$h_{cond} = 7267,7 \left(\frac{w}{M^2k} \right)$$

Asumiendo:

Que la resistencia a la inducción es mínima, solo se tendrá en cuenta los efectos convectivos; por lo que:

$$U = \frac{h_{com} \cdot h_{co}}{h_{cond} + h_{co}} = 213 w/m^2k$$

DATOS OBTENIDOS DURANTE EL PROCESO DE SECADO CON MICROONDAS EN POTENCIA BAJA. ESTOS DATOS SE OBTUVIERON EN UN TOTAL DE 33 MINUTOS:

Tiempo (min)	Masa total(g)	Masa Muestra(g)	Y	X(bs)	R (kgH ₂ O/kgss.min)	Humedad media	R (kgH ₂ O/kgss.min)	X_mod (Page)	DM ²
0	183.91	85.21	0.51820	1.0756	0.006820256	1.072139893	0.006820256	1.07550021	0
1	183.63	84.93	0.51661	1.0687	0.010717545	1.063370992	0.010717545	1.069646053	8.3958E-07
2	183.19	84.49	0.51409	1.0580	0.016563479	1.049730481	0.016563479	1.056939262	1.1512E-06
3	182.51	83.81	0.51015	1.0414	0.022652993	1.030122245	0.022652993	1.039302896	4.6047E-06
4	181.58	82.88	0.50466	1.0188	0.02581954	1.005885978	0.02581954	1.017648781	1.1315E-06
5	180.52	81.82	0.49824	0.9930	0.029229668	0.978361374	0.029229668	0.992639789	1.1318E-07
6	179.32	80.62	0.49077	0.9637	0.032152635	0.947670223	0.032152635	0.964822177	1.157E-06
7	178	79.3	0.48229	0.9316	0.03020399	0.91649191	0.03020399	0.934672999	9.4808E-06
8	176.76	78.06	0.47407	0.9014	0.029473249	0.88665329	0.029473249	0.902621158	1.516E-06
9	175.55	76.85	0.46579	0.8719	0.028011765	0.857910783	0.028011765	0.869057854	8.1728E-06
10	174.4	75.7	0.45767	0.8439	0.035319182	0.826245309	0.035319182	0.834342127	9.1447E-05
11	172.95	74.25	0.44708	0.8086	0.03434486	0.791413288	0.03434486	0.798803926	9.5683E-05
12	171.54	72.84	0.43638	0.7742	0.032396216	0.75804275	0.032396216	0.762745904	0.00013213
13	170.21	71.51	0.42590	0.7418	0.032152635	0.725768325	0.032152635	0.690151006	0.00023716
14	168.89	70.19	0.41510	0.7097	0.03434486	0.692519577	0.03434486	0.654091752	0.00038185
15	167.48	68.78	0.40311	0.6753	0.031421893	0.659636201	0.031421893	0.618469281	0.00045179
16	166.19	67.49	0.39170	0.6439	0.033126957	0.627361775	0.033126957	0.583462827	0.00064801
17	164.83	66.13	0.37919	0.6108	0.034832021	0.593382286	0.034832021	0.549229165	0.00071487
18	163.4	64.7	0.36547	0.5760	0.03434486	0.558793846	0.03434486	0.515903514	0.00066141
19	161.99	63.29	0.35133	0.5416	0.031178313	0.526032259	0.031178313	0.483600529	0.00072052
20	160.71	62.01	0.33794	0.5104	0.036293505	0.492296535	0.036293505	0.452415379	0.00047238
21	159.22	60.52	0.32164	0.4741	0.034832021	0.456733588	0.034832021	0.422424911	0.00028536
22	157.79	59.09	0.30523	0.4393	0.030934732	0.423850211	0.030934732	0.39368886	0.00021591
23	156.52	57.82	0.28997	0.4084	0.032883377	0.391941156	0.032883377	0.366251117	8.5532E-05
24	155.17	56.47	0.27299	0.3755	0.030934732	0.360032102	0.030934732	0.340141015	1.9569E-05
25	153.9	55.2	0.25626	0.3446	0.031178313	0.32897558	0.031178313	0.315374635	3.953E-06
26	152.62	53.92	0.23861	0.3134	0.030691152	0.298040847	0.030691152	0.291956103	8.5763E-05
27	151.36	52.66	0.22039	0.2827	0.028742507	0.268324018	0.028742507	0.269878872	0.00025364
28	150.18	51.48	0.20252	0.2540	0.029473249	0.23921614	0.029473249	0.249126971	0.0006075
29	148.97	50.27	0.18333	0.2245	0.028011765	0.210473633	0.028011765	0.229676216	0.0011028
30	147.82	49.12	0.16421	0.1965	0.022409412	0.185263044	0.022409412	0.211495367	0.00140153
31	146.9	48.2	0.14825	0.1741	0.021191509	0.163462584	0.021191509	0.194547227	0.00073726
32	146.03	47.33	0.13260	0.1529	0.02143509	0.142149284	0.02143509	0.178789672	0.00224277
33	145.15	46.45	0.11616	0.1314				0.120265989	2.8351E-06

FUENTE: Elaboración propia

DATOS OBTENIDOS DURANTE EL PROCESO DE SECADO CON AIRE CALIENTE. ESTOS DATOS SE OBTUVIERON EN UN TOTAL DE 105 MINUTOS

Tiempo (min)	Masa total(g)	Masa Muestra(g)	y	X(bs)	R (kgH ₂ O/kgss.min)	Humedad media	R (kgH ₂ O/kgss.min)	X_mod (Page)	Diff*2
0	232.18	85.31	0.51820	1.075550	0		0	1.075550021	0
10	214.44	67.57	0.39171	0.643945	0.043161	0.859747317	0.043160541	0.647992882	1.6388E-05
20	205.57	58.7	0.29979	0.428142	0.021580	0.536043261	0.02158027	0.42888185	5.4751E-07
30	200.29	53.42	0.23058	0.299682	0.012846	0.363912017	0.012845978	0.293923974	3.3156E-05
40	196.56	49.69	0.17282	0.208933	0.009075	0.2543076	0.009074905	0.206745016	4.7876E-06
50	194.14	47.27	0.13048	0.150056	0.005888	0.179494374	0.00588774	0.148911313	1.3096E-06
60	192.52	45.65	0.09962	0.110642	0.003941	0.130348775	0.00394138	0.109851797	6.2423E-07
75	190.99	44.12	0.06840	0.073418	0.002482	0.092029805	0.002481609	0.073037656	1.4446E-07
90	189.82	42.95	0.04302	0.044952	0.001898	0.059184974	0.001897701	0.05174	4.6074E-05
105	189.04	42.17	0.02532	0.025975	0.001265	0.035463707	0.001265134	0.0392075	0.00017509
								Promedio	2.7813E-05

FUENTE: Elaboración propia

DATOS OBTENIDOS DURANTE EL PROCESO DE SECADO CON AIRE CALIENTE ASISTIDO CON ENERGÍA RADIANTE COMPLEMENTARIA. ESTOS DATOS SE OBTUVIERON EN UN TOTAL DE 75 MINUTOS:

Tiempo (min)	Masa total(g)	Masa Muestra(g)	y	X(bs)	R (kgH ₂ O/kgss.min)	Humedad media	R (kgH ₂ O/kgss.min)	X_mod (Page)	Dif ²
0	215	68.13	0.51820	1.075550				1.07550021	0
10	198.84	51.97	0.36838	0.583243	0.049230718	0.82939643	0.049230718	0.647992882	0.00419257
20	191.86	44.99	0.27039	0.370600	0.021264258	0.476921547	0.021264258	0.42888185	0.00339674
30	187.94	41.07	0.20075	0.251179	0.011942105	0.310889731	0.011942105	0.293923974	0.00182712
40	185.48	38.61	0.14983	0.176236	0.00749428	0.213707806	0.00749428	0.206745016	0.00093078
50	183.84	36.97	0.11212	0.126275	0.004996187	0.151255472	0.004996187	0.148911313	0.00051242
60	182.74	35.87	0.08489	0.092764	0.003351101	0.109519034	0.003351101	0.109851797	0.00029201
75	181.45	34.58	0.05075	0.053464	0.002619952	0.073113892	0.002619952	0.073037656	0.00038312
								Promedio	0.00144184

FUENTE: Elaboración propia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA EXTRACCION DE ACEITES ESENCIALES Y SECADO DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*)"

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>PROBLEMA GENERAL La cáscara de naranja pese a tener muchas potencialidades es desechada sin darle ningún tipo de uso. El volumen que se desecha diariamente es muy alto.</p>	<p>OBJETIVOS GENERALES Contribuir al estudio de la extracción de aceites esenciales y secado de cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>, var. <i>Valencia late</i>)</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extraer aceite esencial por la técnica de destilación con arrastre de vapor. • Evaluar físico químicamente el aceite esencial extraído. • Establecer los parámetros de extracción del aceite esencial, mediante la técnica de destilación con arrastre de vapor. • Determinar la curva y cinética de extracción de los aceites esenciales de la cáscara de naranja. 	<p>HIPOTESIS DESCRIPTIVA</p> <p>¿Se encontrara el valor de conversión del aceite extraído en cm³/kg dependiendo del equipo empleado?</p> <p>¿La extracción del aceite esencial y secado del bagazo de la cáscara como producto de humedad intermedia contribuirá al estudio de este proceso de ingeniería?</p> <p>¿Qué a menor contenido de humedad del producto, la cantidad del aceite será mayor</p>	<p>EXTRACCION DE ACEITES ESENCIALES</p> <p>VARIABLES INDEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Densidad de carga. Cantidad de cáscara entre el volumen de la cesta estacionaria: kg/m³ - Humedad de la cáscara. Porcentaje de agua presente en la cáscara. <p>VARIABLES DEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de extracción. El tiempo óptimo para la extracción de aceites esenciales. - Volumen de aceite extraído. <p>SECADO POR MICROONDAS</p> <p>VARIABLES INDEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de potencia - Cantidad de cáscara de naranja.(densidad de carga de la cáscara de naranja) <p>VARIABLES DEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedad final del producto seco - Tiempo de secado

	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el factor conversión del proceso de extracción de los aceites esenciales. • Determinar el coeficiente global de transmisión de calor durante el proceso de condensación del vapor. • Realizar el secado de la cáscara de naranja por tres diferentes métodos de secado: con microondas, mediante aire caliente y aire caliente asistido con energía radiante complementaria. • Encontrar el método de secado más efectivo para la cáscara de naranja. • Elaborar las curvas y cinética de secado para cada método. 	<p>por lo tanto aumentará el factor de conversión de la extracción de aceites esenciales?</p>	<p><u>SECADO POR AIRE CALIENTE</u></p> <p>Variables independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad inicial de la cáscara <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedad final del producto seco - Tiempo de secado <p><u>SECADO POR AIRE CALIENTE ASISTIDO CON ENERGIA RADIANTE COMPLEMENTARIA</u></p> <p>Variables independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura. - Potencia de los focos. - Humedad inicial de la cáscara <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedad final del producto seco. - Tiempo de secado.
--	--	---	---

OTROS

BASE DE DATOS DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAÑETE ACERCA DE LOS COMERCIANTES ACREDITADOS EN ESTA PROVINCIA

Nº	UBICACIÓN	COMERCIANTE	RUBRO
1	ENTRAD DEL C.N.I AL CTDO. DE LA MUEBLERIA WILLIAM	ARIOLA CAZALLO, FIDEL	CHURROS
2	AL COSTADO INMB. MZ. C.L.T. 20 STA. ROSA DE HUALCARA	TORRE ESPINOZA, MARIA GUILLERMINA	PAN
3	FRENTE AL MERCADO SR. DE LA ASCENSION DE CACHUY	CANDELA QUISPE, JESUS HAYDEE	DESAYUNO Y COMIDA
4	FRENTE AL MERCADO SR. DE LA ASCENSION DE CACHUY	SANTO PEVES, ROSARIO SOLEDAD	DESAYUNO Y COMIDA
5	AL COSTADO DE LA PUERTA N° 1- MERCADO. DE FRUTA DON MARIANO	RODRIGES VASQUEZ, FRANK	EMOLIENTE
6	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	SAAVEDRA HUANCA ROSA	DESAYUNO
7	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	QUISPE SOTELO, ROBERTO ANTONIO	DESAYUNO
8	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	SASVEDRA HUANCA, EVA	DESAYUNO
9	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	BONIFACIO TASAYCO, LUIS ALBERTO	DESAYUNO Y COMIDA
10	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	RAMOS TUPAC, HELEN DEL ROSARIO	DESAYUNO
11	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	MERGE DE YAURIVILCA, LUCINDA	JUGO DE NARANJA
12	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	AVILES HUAUYA, AURORA ESPERANZA	FRUTA
13	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	FERNANDEZ BAUTISTA, MARIA ANGELA	DESAYUNO
14	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	MEDINA DE MENDOZA, FELEICITA SIXTA	JUGO DE NARANJA
15	PAN. SUR FRENTE A LA EMP. SOYUZ	HUAMAN PALOMINO, ADELAIDA	CAÑA DULCE
16	PAN. SUR AL CTDO. DE LA EMP. ORMEÑO	ANTESANA HUAMANI, MARI LUZ	EMOLIENTE Y DESAYUNO
17	PAN. SUR AL CTDO. DE LA EMP. ORMEÑO	QUISPE ROCA , JUANA FRANCISCA	EMOLIENTE Y DESAYUNO
18	PAN. SUR AL CTDO. DE LA EMP. ORMEÑO	ESPINOZA ARIAS, INOCENTA LUCIA	DESAYUNO Y COMIDA
19	PAN. SUR AL CTDO. DE LA EMP. ORMEÑO	VILA VILA, RICARDO	DESAYUNO
20	PAN. SUR AL CTDO. DE LA EMP. FLORES	UCHARINA QUISPE, ADELAIDA	JUGOS DE NARANJA
21	PAN. SUR AL CTDO. DE LA EMP. FLORES	VARA SURCO, NIEVE JOVANA	DESAYUNO

22	PAN. SUR ENTRADA A COOP. MONTALVAN	GUTIERREZ LEON, ROSA MARIA	DESAYUNO
23	PAN. SUR AL CTDO. DEL GRIFO AUTOPASA	GERRA QUIESPE, MAXIMILIANA	DESAYUNO
24	PAN. SUR AL CTDO. DEL GRIFO AUTOPASA	ALDAMA GERRA, SUSY Y HERM. NELINDA	JUGERIA Y DESAYUNO
25	PAN. SUR AL CTDO. DEL GRIFO AUTOPASA	CUEVA CANALES, CARMEN	DESAYUNO
26	PAN. SUR AL CTDO. DEL GRIFO AUTOPASA	MEZA PORTA, ELSA	DESAYUNO
27	PAN. SUR AL CTDO. DEL GRIFO AUTOPASA	MACHA LOZANO, NELSY BEATRIZ	DESAYUNO
28	PAN. SUR AL CTDO. DE LA BALANZA	QUISPE CASIMIRO, SUSANA MARIBEL	DESAYUNO Y COMIDA
29	PAN. SUR AL CTDO. DE LA BALANZA	LIBON CONDORI, ROSA MARIA	DESAYUNO Y COMIDA
30	PANAMERICANA SUR	ROMAN CHAVEZ, MELIDA LUZ	JUGO DE NARANJA
31	ESQ. DE BOLOGNESI Y JR. GARU	TANTA VALDIVIA, MARIA JUANA	
32	ESQ. STA. RITA Y 2 DE MAYO	MOSOSO GALLEGOS, LUZ NIDIA	DESAYUNO
33	ESQ. STA RITA Y O'HIGGINS	ESCAJADILLO REYES, ESTELA ANTONIA	DESAYUNO
34	CALLE STA. ROSA FTE. BCO. LA NACION	ZEVALLOS PRINCIPE, ROSA VITERVA	DESAYUNO
35	CALLE STA. ROSA FTE. BCO. LA NACION	PACHAS DE RAMOS, LIDIA	DESAYUNO
36	CALLE STA. ROSA FTE. BCO. LA NACION	CURINAUPA PAUCCARIMA, VIRGINIA	JUGO DE NARANJA
37	CALLE STA. ROSA ESPALDA BODEGA MIRIAN	CERRON, CACERES, UBALDINA	DESAYUNO
38	CALLE STA. ROSA FTE. A BETO D'LAURA	ROMERO OSORIO, GUNDER	GASEOSA Y HIELO
39	CALLE STA. ROSA FTE. A BETO D'LAURA	RODRIGEZ CORDERO, ISABEL MILAGROS	DESAYUNO C. DULCE
40	CALLE SANTA ROSA FTE. A LA BOT. 24 HORAS	GARCIA HUAMAN, ALCINA	CHURROS Y JUGO DE NARANJA
41	PROLG. STA ROSALIA FTE. BTC. UNIVERSAL	ACEVEDO ANGELES, NELIA	GOLOSINAS Y GASEOSA
42	PROLG. STA. ROSA FTE. A LA TIENDA DE ARISTI	CHAVEZ HUAMANI, MARI LUZ	EMOLIENTE Y DESAYUNO
43	CALLE STA. ROSA FRENTE A AL BTCA. 24 H.	VILLANUEVA TOLENTINO, MILAGRO DEL PILAR	EMOLIENTE
44	ESQ. PROLG. STA. ROSALIA Y STA. ROSA BAR	HUANCA LINARES, JUAN ADRIANO	EMOLIENTE Y DESAYUNO

45	ESQ. PROLG. STA. ROSALIA Y SANTA ROSA	CHAMBERGO ROJAS, INES	EMOLIENTE
46	PROLG. STA. ROSA FTE. A CODASA	ELGUERO GOMEZ, YENNY JULIA	DESAYUNO
47	PROLG. STA. ROSA FTE. A CODASA	MACHAB CARDENAS, YOVANNA	CALDO DE MOTE
48	PROLG. STA. ROSA FTE. A LA VID. ROMARIO'S.	TUPAC MATOS, ISABEL	CALDO DE MOTE
49	PROLG. STA. ROSA AL CTDO DE LA T. ARISTI	OBREGON ANDIA, RICARDINA	DESAYUNO
50	PROLG. STA. ROSA PUERTA N° 4 MERCADILLO	ALANOCA POCO, FABIA	CHICHAJORA
51	PROLG. STA ROSA FTE. A FAM. SUCACAHUA	CHAMBERGO ROJAS, ELIZABETH	EMOLIENTE
52	PROLG. STA ROSA FTE. A SU INMUEBLE	VASQUEZ SALDEDO, PEDRO EMILIANO	HAMBURGUESAS Y SALP.
53	PROLG. STA ROSA FTE. A SU INMUEBLE	FLORES DE LUCANA, MARCILINA	DESAYUNO Y COMIDA
54	PROLG. STA ROSA FTE. A SU INMUEBLE	RONDON MONTES, TANIA MARISABETH	JUGO DE NARANJA
55	JR. 2 DE MAYO Y ESQ. JR. SAN MARTIN	GARCIA HUAMANI, ERIKA	JUGO DE NARANJA
56	ESQ. JR. 2 DE MAYO Y JR. SAN MARTIN	YLLACANQUI MALDONADO, CARLOS MARTIN	GOLOSINAS Y GASEOSAS
57	JR. 2 DE MAYO PTA. CENTRAL DEL HOSP. REZ	ROJAS RODAS, FLOR ESTERLITA	SANDWICHES EN FUENTE
58	JR. 2 DE MAYO Y ESQ. JR. SAN MARTIN	GARCIA HUAMANI, MARIBEL	JUGO DE NARANJA
59	FTE. AL EX CINE SAN MARTIN	QUISPE DE LA CRUZ, FLORINDA APOLAYA	HAMBURGUESAS
60	FTE. AL EX CINE SAN MARTIN	TELLO COBOS, LEONCIO	HAMBURGUESAS
61	FTE. AL EX CINE SAN MARTIN	LUCANA GARCIA, FRANCISCA	EMOLIENTE
62	FTE. AL EX CINE SAN MARTIN	FLORES CLEMENTE, LIZ NUM	HAMBURGUESAS
63	FTE. AL EX CINE SAN MARTIN	MACO SALAZAR, GLADIS MARGARITA	HAMBURGUESAS
64	FTE. AL EX CINE SAN MARTIN	COLLAZOS PIZANGO, BLANCA	HAMBURGUESAS
65	AV. 9 DE DICIEMBRE FTE. CEMT. GENRL.	ROSA CLARA	PICARONES
66	ESQ. AV ROBERTO YAÑEZ Y AV. 9 DE DIC	DE LA CRUZ JARA, YOLANDA	FLORES
67	ESQ. AV ROBERTO YAÑEZ Y AV. 9 DE DIC	YATACO PACHAS, FILOMENA	FLORES

68	ESQ. CALLE SAN VICENTE Y DOS DE MAYO	ENCALADA SANCHEZ, JORGE LUIS	DESAYUNO Y ANTICUCHO
69	JR. SAN MARTIN	VERASTEGUI TORREON, HUMBERTO	GOLOSINA Y DESAYUNO
70	JR. SAN MARTIN	PAREDES AL VAREZ, DORITH JUANA	GOLOSINA Y GASEOSA
71	AV LIBERTADORES A M.A 7L CTDO DE LA PT 7 M.	MERANDA LICAPA, DENA	ANTICUCHO DE POLLO
72	AV LIBERTADORES A M.A 7L CTDO DE LA PT 7 M.	VELASQUEZ CRUZ, FLOR	FRUTA
73	AV LIBERTADORES A M.A 7L CTDO DE LA PT 7 M.	MARCAS ALARCON, EPIFANIA	CAÑA DULCE
74	AV. LOS LIBERTADORES AL CTDO. PTA. 9 MERCED.	LAZARO DE SANCHEZ, FLORENCIA	FRUTA
75	AV. LOS LIBERTADORES AL CTDO. PTA. 9 MERCED.	FLORES DE ROJAS AQUILINA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
76	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLG.20957	BACA ROJAS, MARIA CONCEPCION	GOLOSINAS Y GASEOSAS
77	AV. LOS LIBERTADORES FTE. REST. LAS DELIAS	TOMAIRO CRUZ, ANA	DESAYUNO
78	AV. LIBERTADORES FTE. AL P. PLAYA HERM.	PALOMINO BALDEON, MARBEL	FRUTA Y DULCE DE TORTA
79	AV. LIBERTADORES AL COSTD. P. PLAYA HERM.	BSLDEON PAMACANCHARI, FELIPA	EMOLIENTE
80	AV. LIBERTADORES FTE. AL P. PLAYA HERM.	VIVAS VILCA, LILIA DORIA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
81	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLEG. MATER CHRISTI	SERVA VILCAPUMA, REBECA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
82	AV. LIBERTADORES. AL CTD RENIEC O PASAJE	MENDOZA PEÑA, ALEJANDRINA	DESAYUNO
83	AV. LIBERTADORES. AL CTD RENIEC O PASAJE	ALDAMA GUERRA, SUSY	DESAYUNO
84	AV. LIBERTADORES. AL CTD RENIEC O PASAJE	ALDAMA GUERRA, SUSY	JUGO DE NARANJA
85	AV. LIBERTADORES FTE. AL HOST. REC	CHAMBERGO VERANO, LUIS	CEVICHE
86	AV. LIBERTADORES	VILLAVICENCIO RAYMONDI, FLORA MARIA	DESAYUNO
87	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLG. 20189	LOZANO LOZANO, SANTIAGO	GOLOSINAS Y GASEOSAS
88	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLG. 20957	PEÑA CAYCHO, OSWALDO RAFAEL	GOLOSINAS Y GASEOSAS
89	AV. LIBERTADORES AL CTDO. BTCA OROPESA	OCHOA REBAZA, ESTELA EMILIANA	PAN
90	AV. LIBERTADORES AL CTDO. BTCA OROPESA	LOPEZ DE PARIONA, ANATOLIA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
91	AV. LIBERTADORES AL CTDO. BTCA OROPESA	GUTIERREZ RAMIREZ, JUANA FELICITA	COMIDA

92	AV. LIBERTADORES AL FTE. BTCA. DHAGUI	AULLA CASTRO, DEYSI VERONICA	DESAYUNO
93	AV. LIBERTADORES FTE. AL P. PLAYA HERM.	ARIAS SUAREZ, JANETH	DESAYUNO
94	AV. LIBERTADORES FTE. AL P. PLAYA HERM.	MARCAS CONTRERAS, BERTHA	CAÑA DULCE
95	AV. LIBERTADORES FTE. CANTORAL SRL.	GONZALES OCHOA, JESSICA	PAN
96	AV. LIBERTADORES FTE. CANTORAL SRL.	HUARCAYA MAYMA, HECTOR JAVIER	FRUTA
97	AV. LOS LIBERTADORES FTE. REST. LAS DELIAS	MENESES VALENTINO, ALIPIO	FRUTA
98	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLG. 20957	ARIAS CONTRERAS, MARCO ANTONIO	BISUTERIA
99	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLG. 20957	ADRIANO CARRILLO, PAULA	GOLOSINAS Y BISUTERIA
100	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLG. 20957	MELO CONDOR, TEODORA	GOLOSINAS
101	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLG. 20957	GARCIA CHURA, MARCOS	BISUTERIA
102	AV. LIBERTADORES FTE. AL COLG. 20957	HUIZA PARQUE, GAUDENCIA	PAPITAS RELLENAS
103	AV. LOS LIBERTADORES FTE. AL COLEG. MATER CHRISTI	ROJAS FLORES, MARIA	JUGO DE NARANJA
104	AV. LIBERTADORES AL FTE. BTCA OROPESA	SALAZAR SILVESTRE, FRANCISCA	SALCHIPOLLO
105	AV. LIBERTADORES FTE. CANTORAL SRL.	SILVA AGUAYO, LORGIA	ANTICUCHOS
106	AV. LIBERTADORES FTE. CANTORAL SRL.	ANYOSA JUAREZ, INES	PICARONES
107	AV. LIBERTADORES FTE. CANTORAL SRL.	CALDERON CUBILLAS, SULY ROXANA	SALCHIPOLLO
108	AV. LIBERTADORES FTE. CANTORAL SRL.	CAMPO SAMAN DE CUBILLAS, LUZMILA	SALCHIPOLLO
109	AV. LIBERTADORES FTE. A SU INMUEBLE	CHAVEZ VERDE, ALBERTO	GOLOSINAS Y MENU
110	OVALO GRAU Y STA. ROSALIA PARD. A IMPERIAL	YLLAJANQUI MALDONADO, CIRIO ALEJANDRO	GOLOSINAS Y GASEOSA
111	ESQ. DEL HOSP. REZ. Y OVALO GRAU	GARAY VICENTE, ANA MARIA	CHURROS
112	ESQ. DEL HOSP. REZ. Y OVALO GRAU	ALARCON TOLENTINO CLAUDIA	EMOLIENTE
113	ESQ. DEL HOSP. REZ. Y OVALO GRAU	LIMAS SOSA, MARINA	GOLOSINAS
114	ESQ. DEL HOSP. REZ. Y OVALO GRAU	SANCHEZ ARIAS, LUCIA	DESAYUNOS
115	ESQ. DEL HOSP. REZ. Y OVALO GRAU	SILVA NESTARES, SOFIA SOLEDAD	DESAYUNOS

116	ESQ. DEL HOSP. REZ. Y OVALO GRAU	VASQUEZ VACA, SANTOS RICARDO	EMOLIENTE
117	HOSP. REZ. MATERN. Y PROLG. STA. ROSALIA	CEBALLOS QUISPE, JOSE VIDAL	CHURROS
118	HOSP. REZ. MATERN. Y PROLG. STA. ROSALIA	HINOSTROZA LIMAS, NEDY	GOLOSINA EN TRICICLO
119	OVALO GRAU Y PRLOG. STA. ROSALIA	PALOMINO VIVANCO, TEODORO HUAYNAMARCA HUACACHI, MARLENY	CONFITE DE COCO CAÑA DULCE Y FRUTAS
120	OVALO GRAU AL CTDO. DEL P.P. ENSUEÑO	AGUIRRE ARIAS DE CAMPOS, LUISA LEONOR	GOLOSINAS Y GASEOSA
121	OVALO GRAU AL CTDO. DEL P.P. ENSUEÑO	QUISPE CCAPA, FLORENTINA	DESAYUNOS Y COMIDA
122	OVALO GRAU AL CTDO. DEL P.P. ENSUEÑO	FUENTES SOTO, LAURA LETICIA	PAN
123	OVALO GRAU EN EL CENTRO	CONDORI MAMANI, LEOCADIO	PAN
124	PROLOG. STA ROSALIA FTE. EMERG. MATERD. H.	ROJAS FLORES, DINA	JUGO DE NARANJA
125	ESQ. JR. GRAU Y JR. SAN AGUSTIN	LIZARME CARIBE, MARUJA	SALCHIPOLLO
126	ESQ. JR. GRAU Y JR. SAN AGUSTIN	MAMANI ASTO, JACINTA ELUTERIA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
127	FTE. AL BANCO BCP. JR. GRAU	HUAMANI DE GARCIA, SEGUNDA	CHURROS
128	ESQ JR. GRAU Y SAN AGUSTIN	PEÑA CAYCHO, ANGEL RODRIGO	PERIODICO
129	ESQ JR. GRAU Y SAN AGUSTIN	NICOLAS MARTINEZ, CLARA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
130	ESQ JR. GRAU Y SAN AGUSTIN	HURTADO MATEO, HILDA MARIA	SALCHIPOLLO
131	ESQ JR. GRAU Y SAN AGUSTIN	JUAREZ HUAMANI, PAULINO	SALCHIPOLLO
132	ESQ JR. GRAU Y SAN AGUSTIN	VILCAPOMA SERVA, EVA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
133	AV. 28 DE JULIO CTDO. COLG. STA. RITA DE C.	ORTIZ NIETO, MARGILDA	EMOLIENTE
134	AV. 28 DE JULIO CTDO. COLG. STA. RITA DE C.	CAMES DE TAPE, YOLANDA ELVIRA	BISUTERIA
135	AV. 28 DE JULIO CTDO. COLG. STA. RITA DE C.	SOTELO GOMEZ, GLORIA MAGDALENA	DESAYUNO
136	AV. 28 DE JULIO CTDO. EDECAÑETE	GUEVARA CUBILLAS, OLGA	PAN Y SALCHIPOLLO
137	AV. 28 DE JULIO CTDO. COLG. STA. RITA DE C.	ROSAS ENCALADA, MARIA ISABEL	ANTICUCHOS
138	ESQ. ALFONZO UGARTE Y SAN AGUSTIN	DOLORIER ORE, MAGDA	FRUTA
139	CALLE SAN AGUSTIN	VICENTE ROSAS, MARIA ISABEL	DESAYUNO
140	ESQ. ALFONSO UGARTE Y SAN AGUSTIN		

141	ESQ. JR. SAN AGUSTIN Y JR. GRAU	BONIFACIO SANCHEZ, RUFINO	DESAYUNO
142	ESQ. JR. SAN AGUSTIN Y JR. GRAU	GALLEGO CANCHO, GLADYS BEATRIZ	EMOLIENTE
143	ESQ. JR. SAN AGUSTIN EMP. COHAHUASIS	LUYO MENDIETA, HECTOR SANTO	DESAYUNO
144	CALLE SEPULVEDA Y O'HIGGINS	VEGA DE CHOQUE LEONICIA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
145	CALLE SEPULVEDA Y 2 DE MAYO	VENTURA CURINAUPA, MARIA AURORA	COFITERIA Y PASPADILLA
146	CALLE SEPULVEDA Y O'HIGGINS	CUSI MENDOZA, FAUSTA	JUGO DE NARANJA
147	CALLE SEPULVEDA	QUISPE CONDORI, DEMETRIO	VENTA DE JUGOS
148	CALLE SEPULVEDA Y 2 DE MAYO	ROMUCHO JARA, MILAGROS VANESA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
149	CALLE SEPULVEDA Y ESQ. DE GRAU	QUIHUE ROJAS, JUANA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
150	FTE. AL I.E.P. I N°481 STA. ROSA	PEREZ VICENTE, MARIBEL	GOLOSINAS Y GASEOSAS
151	FTE. AL I.E.P. I N°481 STA. ROSA	YATACO ORMEÑO, MARIA ANGELICA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
152	FTE. AL I.E.P. I N°481 STA. ROSA	YATACO ORMEÑO, NANCY	GOLOSINAS Y GASEOSAS
153	AV. MRCL. BENAVIDES FTE. A EMG. SGRO.	VENTURO CURIÑAUPA, AURELIA	COFITERIA Y PASPADILLA
154	AV. MRCL. BENAVIDES Y GARRO	PACHAS BARRIOS, MIRTHA	DESAYUNO
155	AV. MRCL. BENAVIDES FTE. AL SEGURO	RAMOS CONTRERAS, EUDONIA ROSA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
156	AV. MRCL. BENAVIDES FTE. AL SEGURO	AQUIJE SANCHEZ, ROSA	DESAYUNO
157	AV. MRCL. BENAVIDES FTE AL BCO. PROF.	BAUTISTA ROJAS, SILVERA FELICITA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
158	AV. MRCL. BENAVIDES FTE A FERR. CLAVITO	QUISPE JULIAN, MARIA ISABEL	GOLOSINAS Y GASEOSAS
159	AV. MRCL. BENAVIDES FTE AL ARCO STA. R.	CHAVEZ CUSTODIO, PEDRO	DULCE DE TORTA
160	AV. MRCL. BENAVIDES FTE. LCAL. CUT.	AMIQUERO DE NICOLAS, MARISA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
161	URB. MIRAFLORES FTE. A SU INMUEBLE	ÑUPO DE LA CRUZ, ROSA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
162	URB. MIRAFLORES Y ESQ. DE SANTUSTIO	ROMUCHO DE CAHUANA, MARIA ELENA	GOLOSINAS Y GASEOSAS
163	CALLE STA. ROSA DIAMBULAR EN TRICICLO	CHAVEZ BARRIAL, ANA MARIA	CHICHARRON ANA
164	CALLE STA. ROSA DIAMBULAR EN TRICICLO	HURTADO GALVAN, VANESSA	CHICHARRON PEDRITO

