

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA



FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TESIS

TÍTULO:

**“SECADO DE *Capsicum annum* L. (AJÌ DULCE)
EN LECHO FLUIDIZADO”**

AUTOR:

ROXANA EDITH ESQUIVEL PAREDES

ASESORES:

Ing. ALENGUER G. ALVA ARÉVALO. Dr.

Ing. JORGE LUIS CARRANZA GONZALES. MSc.

Ing. SEGUNDO ARÉVALO DEL AGUILA. MSc.

IQUITOS - PERÚ

2018

TESIS

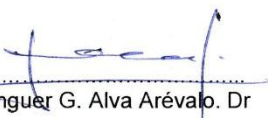
**TITULO: "SECADO DE *Capsicum annum L.* (AJÌ DULCE)
EN LECHO FLUIDIZADO"**

AUTORIZACIÓN DE LOS ASESORES

Ing. Alenguer G. Alva Arévalo Dr; Ing. Jorge Luis Carranza Gonzales MSc; Ing. Segundo Arévalo del Águila MSc; del Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

INFORMAMOS: Que la Br. Roxana Edith Esquivel Paredes ha realizado bajo nuestra dirección, el trabajo contenido en la memoria titulada "**SECADO DE *Capsicum annum L. (AJÍ DULCE)* EN LECHO FLUIDIZADO**", y considerando que el mismo reúne los requisitos necesarios para ser presentado al jurado calificador, a tal efecto para la obtención del título de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

Autorizamos: A la citada Bachiller a presentar el trabajo final de carrera, para proceder a la sustentación cumpliendo así con la normatividad vigente que regula los grados y títulos de la facultad de Industrias Alimentarias en la escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.



.....
Ing. Alenguer G. Alva Arévalo. Dr


.....
Ing. Jorge L. Carranza Gonzales, MSc


.....
Ing. Segundo Arévalo del Aguila. MSc

MIEMBROS DE JURADOS

El Jurado calificativo asignado certifica que el trabajo de investigación: "SECADO DE *Capsicum annum L.* (AJÍ DULCE) EN LECHO FLUIDIZADO", de responsabilidad del Bachiller Roxana Edith Esquivel Paredes; ha sido detalladamente revisado por los Miembros del jurado, quedando autorizado para su presentación.



Ing. Roger Ruiz Paredes
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP. 4754

Presidente



Jorge Torres Luperdi
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP. 23650

Miembro



Juan Alberto Flores Garza
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP. 31648

Miembro



Félix Humberto Cabrera Sánchez
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP. 77142

Miembro suplente



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Iquitos, siendo las 10.00 horas del día Sábado 01 de Julio de 2017, en las instalaciones del Departamento Académico de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ubicado en la calle Nauta 5ta. cuadra de esta ciudad, se dio inicio a la sustentación pública del Trabajo de Final de Carrera intitolado: "SECADO DE *Capsicum annum L.* (AJÍ DULCE) EN LECHO FLUIDIZADO", presentado por la Bachiller **ROXANA EDITH ESQUIVEL PAREDES**, con el asesoramiento de don **Alenguer Gerónimo Alva Arévalo**, don **Jorge Luis Carranza Gonzales** y don **Segundo Arévalo del Águila**.

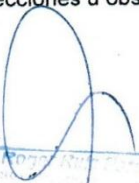


Estando el Jurado Calificador conformado por los siguientes miembros, según Resolución Decanal N°187 -FIA-UNAP-2017, del 28 de Junio de 2017.

Ing° ROGER RUIZ PAREDES	:	Presidente
Ing° JORGE AUGUSTO TORRES LUPERDI	:	Miembro
Ing° JUAN ALBERTO FLORES GARAZATÚA	:	Miembro
Ing° FÉLIX HUMBERTO CABRERA SÁNCHEZ	:	Miembro Suplente

Siendo las 11.15 horas del mismo día, se dio por concluida la sustentación, habiendo sido aprobada con la nota de 14 y el calificativo de muy bueno, estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

El Jurado Calificador alcanzará a la sustentante, si el caso lo requiere, las correcciones u observaciones presentadas.


Ing. Roger Ruiz Paredes
Presidente


Jorge Augusto Torres Luperdi
Miembro Titular


Juan Alberto Flores Garazatúa
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP: 31648
Miembro Titular


Félix Humberto Cabrera Sánchez
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP: 27182
Miembro Suplente



DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres con todo cariño y amor, porque cuando de niña en el camino me tomaban de su mano, así el doble que la mía y cuando ellos daban un paso yo tenía que dar dos, entonces me levantaban para abrazarme y cuidarme.....

Darwin y Reyna

Con el infinito amor familiar por compartir las alegrías, pero sobre todo por el espíritu de mantenernos siempre unidos:

John, Claudia, Manuel, Lidia y Josué.

De igual manera a mis abuelos y tíos, a pesar de la distancia han estado siempre dándome sus apoyos incondicionales. Y a mi amiga Ana Maria Chávez Ramírez por sus sabios consejos que me brindó durante mis estudios universitarios hasta conseguir mi ansiada profesión.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a nuestro PADRE CELESTIAL, por cuidarme y así poder concluir con el presente trabajo

Al ing. Segundo Arévalo del Águila por su apoyo incondicional, por los buenos consejos que me brindó para seguir adelante

A los docentes de mi querida facultad que tuve como privilegio de tenerlos como asesores a Ing. Dr Alenguer Alva Arévalo, al Ing. MSc. Jorge Carranza Gonzales y al Ing. MSc. Segundo Arévalo del Águila por sus apoyos en todo el desarrollo de la investigación y redacción del presente trabajo.

ÍNDICE

Página

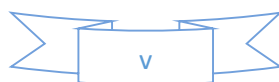
LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Marco teórico	3
2.1.1. Taxonomía del <i>capsicum annum</i>	3
2.1.2. Descripción botánica	4
2.1.3. Distribución y habitad.	6
2.1.4. Usos en la actualidad	8
2.3. Concepto de fluidización	9
2.3.1. Tipos de secaderos en lecho fluidizado	12
2.3.2. Secaderos en lecho fluidizado continuo	12
2.3.3. Secaderos en lecho fluidizado en discontinuo	12
2.4. Lecho fluidizado	13
2.4.1. Regímenes de fluidización	13
2.4.2. Características de la partícula	15
2.4.3. Clasificación de la partícula	15
2.4.4. Diámetro promedio	16
2.4.5. Esfericidad	16
2.4.6. Densidad de la partícula (ρ_p)	17
2.4.7. Área superficial (a)	17
2.4.8. Velocidades relacionadas en un lecho fluidizado	17
2.4.8.1. Velocidad superficial del gas	17
2.4.8.2. Velocidad mínima de fluidización	18
2.4.8.3. Velocidad terminal	20
2.5. Transferencia de calor en un lecho fluidizado	21
2.5.1. Transferencia de calor del gas a las partículas	21

2.5.2. Transferencia de calor del lecho a la superficie	22
2.6. CINÉTICA DE SECADO	23
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	25
3.1. Materiales	25
3.1.1. Materia prima	25
3.1.2. Equipos	25
3.1.3. Materiales de laboratorio	26
3.1.4. Reactivos y solventes	26
3.2. Descripción del equipo	27
3.2.1. Horno secador de lecho fluidizado	27
3.3. Metodología experimental	27
3.3.1. Diseño experimental de la investigación	27
3.3.2. Análisis realizados a la materia prima	28
3.3.2.1. Determinación de peso	28
3.3.2.2. Determinación de humedad	28
3.3.2.3. Determinación de cenizas	28
3.3.2.4. Determinación de grasas	29
3.3.2.5. Determinación de proteínas	30
3.3.2.6. Determinación de carbohidratos	31
3.3.2.7. Determinación de calorías	31
3.4. Proceso experimental para el secado del <i>Capsicum annum L.</i> (ají dulce)	32
3.4.1 Diagrama de flujo experimental del <i>Capsicum annum L.</i> (ají dulce)	32
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Caracterización del <i>Capsicum annum</i> (ají dulce)	37
4.1.1. Determinación de tamaño	37
4.1.2. Cálculo de las características físicas y fluido dinámicas del <i>Capsicum annum L.</i> (ají dulce)	40

4.2. Análisis estadístico	43
4.3. Cinética de secado	49
4.3.1. Curvas de humedad obtenidas del proceso de secado por fluidización	49
4.4. Rehidratación del ají dulce	51
4.5. Cálculos del balance energético para las muestras	53
4.6. Balance de agua en el secador para las muestras de ají	54
4.7. Balance del combustible consumido (gas propano)	55
CAPITULO V. CONCLUSIONES	57
CAPITULO VI. RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFIA	59



LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Cálculo de la densidad de las partículas	37
Tabla N° 2: Cálculo de la esfericidad de las partículas	38
Tabla N° 3: Obtención del diámetro promedio	39
Tabla N° 4: Características físicas de los ajíes dulces	40
Tabla N° 5: Composición fisicoquímica de muestras de ají dulce frescas y secadas en lecho fluidizado	41
Tabla N° 6: Análisis microbiológico de muestra de ají dulce secada en lecho fluidizado	42
Tabla N° 7: Análisis de varianza (ANOVA) a temperaturas de 40 °C y 60 °C	43
Tabla N° 8: Cálculo energético para diferentes temperaturas para las muestras.	53
Tabla N° 9: Balance de agua a las temperaturas de 50 °C, 60 °C para las muestras chicas.	54
Tabla N° 10: Balance del combustible consumido para chicas, medianas y grandes.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Planta de <i>Capsicum annuum</i> (ají dulce).	4
Figura N° 2: Relación de velocidad de flujo y caída de presión a lo largo del lecho	11
Figura N° 3: Esquema de secadero de lecho fluidizado	13
Figura N° 4: Diferentes regímenes de fluidización en sistemas gas – sólido.	14
Figura N° 5: Clasificación de las partículas por su densidad y diámetro promedio.	16
Figura N° 6: Curva típica de secado de humedad en función del tiempo	23
Figura N° 7: Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre	24
Figura N° 8: Diagrama de flujo para la obtención del secado de <i>Capsicum annuum</i> L (ají dulce) mediante las técnicas de secado en lecho fluidizado	32
Figura N° 9: <i>Capsicum annuum</i> (ají dulce)	33
Figura N° 10: Lavado del <i>Capsicum annuum</i> (ají dulce)	34
Figura N° 11: <i>Capsicum annuum</i> cortada para el secado	34
Figura N° 12: Equipo secador de lecho fluidizado	35
Figura N° 13: Variador de velocidad de aire en secador de lecho fluidizado	35
Figura N° 14: Fluidización de las muestras de <i>Capsicum annuum</i> en el secador	36
Figura N° 15: Envasado de <i>Capsicum annuum</i> (ají dulce)	36

Figura N° 16: Gráfica de los residuos para el contenido de humedad	44
Figura N° 17: Gráfica de la interacción de los factores durante el proceso	45
Figura N° 18: Superficie de respuesta para el contenido de humedad final.	46
Figura N° 19: Gráfica de contorno para el contenido de humedad final.	47
Figura N° 20: Gráfica de contorno del efecto de la temperatura Vs. peso.	48
Figura N° 21: Tiempos de secado para las muestras en estudio.	49
Figura N° 22: Velocidad de secado versus contenido de humedad.	50
Figura N° 23: Rehidratación del ají dulce a diferentes temperaturas	51
Figura N° 24: Ají después del proceso de secado.	52
Figura N° 25: Ají durante el proceso de rehidratación	52
Figura N° 26: Ají dulce totalmente rehidratado.	53

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue para obtener los parámetros del secado por lecho fluidizado del *Capsicum annum* L (ají dulce), se experimentó con tres tipos de temperatura de 40 °C, 50 °C y 60 °C y de tamaños de 6, 8 y 10 g, medianas con un peso de 8 gr y grandes con un peso de 10 g. El tiempo fue de 1.85 h a 60 °C a 8 m/s y de 3.5 h a 50 °C a 7 m/s, demostrando claramente que a mayor temperatura menor exposición a la degradación de las sustancias aromáticas. Además, el análisis de humedad fue de 7.18% y 8.89% a 50 y 60 °C, respectivamente. La rehidratación fue similar a diferentes temperaturas de 30, 50 y 60 °C por 15 h. Los análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales demostraron un producto de excelente calidad y estabilidad; de esta manera se contribuye a una alternativa de conservación a un producto amazónico.

Palabras Clave: *Capsicum annum*, secado por lecho fluidizado, conservación de hortalizas amazónicas.

CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN

Desde los tiempos antiguos el hombre ha buscado la manera de preservar sus alimentos para consumirlos en épocas de escases. Con la revolución industrial se dieron los primeros avances en la conservación de alimentos, pero es en el siglo XIX que se dan los avances en la conservación de alimentos. Las técnicas de deshidratación probablemente son los métodos más antiguos y más importantes practicados por los humanos para la preservación de los alimentos.

La especie *Capsicum annuum* conocido como ají dulce, es un producto estacional y con mucha abundancia, generando un enorme desperdicio debido básicamente por tener 93.72 % de humedad que lo hace altamente atractivo para microorganismos que lo deterioran fácilmente. Por otro lado, el transporte del ají dulce en estado fresco sufre golpes y magulladuras perdiendo la calidad y el valor nutritivo, dejando de ser apto para su consumo y conservación.

Las técnicas de secado de alimentos nos permitirán obtener productos de larga vida útil y sobre todo facilita el transporte, debido a la pérdida de agua contenida en el producto, donde es importante el fraccionamiento y el área de secado para una mejor extracción de la humedad,

En esta investigación fue para es obtener los parámetros del secado por lecho fluidizado del *Capsicum annuum* (ají dulce), logrando una técnica de conservación resolviendo de esa manera prolongar la vida útil, transporte y generar valor agregado de esta materia prima dando oportunidad a sembríos con mayor extensión a los agricultores y tener un producto innovador con una tecnología que pueda ser utilizado a escala industrial, además, contribuir con el conocimiento de nuevas tecnologías de transformación de matrices vegetales amazónicas, este producto garantiza su consumo por presentar condiciones inocuas, mostrados por los análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial.

CAPÍTULO II:

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

- **Delgado Arévalo Karina; Riós Mera Juan Darío.** Secado en Polvo de *Capsicum frutescens* (Ají Charapita) Mediante las Técnicas de Lecho Fluidizado, En Bandeja Y Liofilizado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP, 2014) se comparó el efecto del uso de tres tipos de secado en la obtención de un polvo de *Capsicum frutescens* (ají charapita) a través del análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial, además de realizar una breve descripción de los costos variables de manufactura para la producción en cada equipo.

En el secado por lecho fluidizado se aplicó el diseño completamente aleatorizado con dos factores de estudio: tamaño de ají (pequeño y grande) y temperatura de secado (50°C, 60°C y 70°C). El secado en bandejas fue el mismo que para el secado en lecho fluidizado. En el liofilizado se aplicó un diseño totalmente randomizado teniendo como factor de estudio la dilución del ají fresco licuado en agua, para ello se tuvo la dilución 1:0.75 (ají: agua).

- **Valcárcel Gonzáles José Raúl.** Obtención de los Parámetros del Secado de la Cáscara Del Camu-Camu (*Myrciaria dubia*) en un Lecho Fluidizado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP, 2012) se realizó una serie de experimentos para la obtención de los parámetros del secado de la cáscara del camu camu (*Myrciaria Dubia*) en un lecho fluidizado.

La materia prima a emplear es proveniente de los pueblos y caseríos cercanos a la ciudad de Iquitos y punto a la venta en forma fresca en los mercados locales de donde nos abasteceremos.

- **Carvajal, L. I.** 2008. Estudio experimental del secado de maíz precocido en un lecho fluidizado con aire operado en condiciones de vacío. Tesis Licenciatura. Ingeniería Mecánica.
Los granos de maíz fueron precocidos y se aplicó una velocidad adecuada al fluido, los espacios que existen entre las partículas aumentarán, lo que provocó que el lecho se expanda y las partículas se empiecen a mezclar de manera caótica. La fluidización es muy conveniente en el proceso de secado debido al gran área de contacto entre las partículas y el fluido, permitiendo así grandes razones de transferencia de masa y de calor.
- **González, A.; Espinoza, A.; Cañizares, A.E.; Méndez, J.R.** publicaron en la: Revista Científica UDO Agrícola 8(1):118-126.2008. Obtención de un polvo de ají dulce (*Capsicum chinense*) producido mediante deshidratación por aire forzado.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Taxonomía del *Capsicum annuum*:

Existen 27 especies diferentes, es distribuidas en dos complejos de especies dentro del género Capsicum: (Bosland y Votava, 2012). Contienen las cinco especies domesticadas: Capsicum annuum, Capsicum frutescens, Capsicum chinense, Capsicum baccatum y Capsicum pubescens. (Sven et al., 2013).

La ubicación sistemática del género *Capsicum annuum* es el siguiente:

- ❖ REINO: *PLANTAE*
- ❖ DIVISIÓN: *TRACHEOPHYTA*
- ❖ CLASE: *MAGNOLIOPSIDA*
- ❖ SUBCLASE: *ASTARANAE*
- ❖ ORDEN: *SOLANALES*
- ❖ FAMILIA: *SOLANACEAE*

- ❖ GÉNERO: *CAPSICUM L.*
- ❖ ESPECIE: *Capsicum annum*
- ❖ VARIEDAD: *C. annum* var. *Annuum*: tiene una gran variedad de cultivares y es el más importante de los ajíes. A esta variedad pertenecen los pimientos o pimentones no picantes, que se cultivan en todo el mundo, y muchos de los ajíes picantes cultivados con los centros de México y Guatemala. Es de crecimiento rápido y generalmente una planta anual.



Figura N° 1. Planta de *Capsicum annum* (ají dulce).

Esta especie es originaria de América del sur, tiene hoy una amplia distribución. En el Perú, en Costa, Sierra y Amazonía hasta los 2000 msnm.

2.1.2 Descripción botánica:

Descripción: Existen dos tipos de pimiento que son los dulces y los picantes. Estos varían en forma, tamaño, color y sabor. De tal que se dice que el fruto del pimiento es carnosos, de color verde, a medida que va madurando se vuelve amarillo, anaranjado o rojo, dulce o picante, brillante, carnosos y hueco en su interior, de formas variadas, regularmente cónicas y alargadas.

Tiene un elevado valor en nutrientes como vitaminas A, C y E principalmente, y en cantidad sublime en antioxidante (composición que disponen desordenes cardiovasculares, cánceres y cataratas). (FAO, 2002).

Situación: Árbol silvestre y cultivado.

Descripción de la especie: El cultivo de ají dulce es un arbusto pequeño de 0.75 a 1.0 m de alto, correspondiente a la familia de las Solanáceas, que posee el tallo frágil, tieso y verde, con ramas que se subdividen en dos partes, tiene las hojas grandes y de color verde intenso brillante, de forma alargada, puntiaguda o esférico. (FAO, 1989).

De las axilas de las hojas nacen brotes que dan origen a las nuevas ramas y también nacen las flores que tienen 5 pétalos de color blanco, con 5 estambres tiene autopolinización cruzada. (Babilonia, 1994).

El fruto es un ovario carnoso de color verde cuando esta inmadura, tornándose rojo a la maduración, algunos los hay de color amarillento y son de formas irregulares con hendiduras, tiene 3 o más.

Cosecha y poscosecha: Actualmente no se dan las condiciones adecuadas durante la cosecha, estos se realiza de manera muy esporádica, y no existe un gran mercado para los frutos.

En la siembra deben que tener los cuidados que se da al ají común. La cosecha puede realizar en un periodo de 60 días, en las variedades más herbáceas, hasta varios meses en las herbáceas con tallo leñoso. (Villachica, 1996)

La primera cosecha se realiza a los 100 días después de la siembra, cuando los frutos están maduros con un rendimiento aproximado de 13 a 14 TM. /Ha (25 kg/cama), y medidas en unidad de venta como se comercializa en nuestro medio, que es la caja, es de 16,000 a 17,000 cajas/Ha, de 30 unidades y se puede realizar

20 cosechas pasado el cual la planta se agota; si se realiza otro abonamiento al inicio de la cosecha y al concluir ésta las plantas se restablecen luego vuelven a entrar en otra etapa de producción. (Babilonia, 1994)

Potencial: muy interesante por la calidad de los frutos y las posibilidades de asociaciones en prácticas agroforestales, y para recuperación de tierras degradadas. El ají dulce es una especie natural de la Amazonía, domesticada tradicionalmente con posibilidad de cultivo comercial especialmente en la Amazonía peruana. Se adapta a la naturaleza en los suelos pobres que domina en la Amazonía; es una planta que crece rápido y poco exigente el manejo.

2.1.3 Distribución y habitat:

Clima: tropical, húmedo, pleno sol.

Suelos: Los suelos para la siembra del pimiento deben ser secos, sueltos y bien drenados, no tolera alto porcentaje de humedad en el suelo, cuando existe éste las plantas toman una coloración amarillenta, deteniendo su crecimiento y por último muere.

El ají dulce es una planta tolerante a la acidez del suelo y produce bien en suelos cuyo pH está entre 5.5 y 6.5. (Babilonia, 1994).

Así como las otras verduras, ellos requieren buenas estipulaciones de suelo. Son agradecidos de la sombra que le brindan otra planta de ciclo corto, ejemplo la yuca, en los primeros tiempos en sus estados de desarrollo. (Villachica, 1996).

Se tiene que controlar las hojarascas, en particular hasta el florecimiento y el primer período de fructificar. Cuando se realiza el cambio tiene que recibir un aporte, ejecutando dos a tres recubrimientos adicionales.

En la experiencia es normal en las variedades que tiene un desarrollo recto y procede entre los 60 y 120 días. (Villachica, 1996).

Propagación: La propagación se realiza a través de semilla, tiene un alto poder en desarrollarse. La floración se produce a los 15 a 17 días, luego de crecer por 20 a 25 días, se desplaza al almácigo. (Babilonia, 1994).

El ají se sugiere brotar las semillas en viveros, trazándose el arado de 1 cm de fondo y el espacio cada diez centímetro. En el canal se tienen que realizar una distribución de semilla en forma corrida. Se necesita alrededor de 0.5 kg de semilla de almácigo para una hectárea en campo definido.

El vivero tiene que ser favorecido de la luz directo, de aguacero y tiene que estar blando y al nivel. Estas semillas se desarrollan a los 10 días. (Villachica, 1996)

Siembra: Sus flores no son abundantes es de color blanco o amarillentas. La propagación se realiza a través de semillas. La densidad de siembra es próxima a 30000 plantas por hectárea.

Al iniciar la cosecha se realiza entre los 90 y 115 días después de la siembra y se lleva a prolongar durante dos o tres meses. Se adaptan a climas cálidos y no se desarrollan en climas heladas. Es una planta de día corto y la temperatura para su mejor desarrollo es de 21 y 26°C, no tiene que bajar a la temperatura de 16°C. (FAO, 1989).

La mejor época para la siembra, en la región amazónica (Iquitos), es en los meses de julio a diciembre, porque son los meses en que disminuye la intensidad de las lluvias, evitando de esta manera la propagación de los hongos patógenos (Antracnosis), que malogran los cultivos de pimiento. (Babilonia, 1994)

El pimiento es una hortaliza de semillero para lo cual se utiliza 2 g, de semillas por m². El trasplante se debe realizar a partir de los 20 días después de la siembra, cuando las plantas tengan una altura de 20 cm, no se deben trasplantar plántulas mayores de estas medidas por que retrasa la producción. (Babilonia, 1994)

Labores Culturales: En la agricultura, el ají dulce esta propagada en toda la región selvática, las personas que habitan en los pueblos lo saben y lo siembra para su uso familiar.

El agricultor que realiza el cultivo de hortalizas tropicales, lo siembra en escala regular, beneficiándose así el espacio disponible de los ríos amazónicos, por eso, es que se determinan el periodo del año su realización va ser abundante. (Babilonia, 1994)

Las plantas tienen que permanecer en el vivero alrededor de 45 a 60 días, pasado eso se debe trasplantar en el lugar definido. Es bueno elegir ser trasplantado las plantas con 15 cm de altura.

El espacio puede ser empleado de 1 m entre surcos y 0.5 a 0.6 m, poniendo una a dos plantas en cada lugar. La flor se produce entre 60 a 120 días posteriores de ser trasplantado, según su variedad.

Se puede observar tres épocas del trasplante. El fructificación se realiza entre 160 a 240 días después de ser trasplantado, depende de su variedad. (Villachica, 1996).

Cuando se siembra en surcos de una sola hilera, el distanciamiento debe ser de 0.70 m entre surcos y 0.50 m entre plantas, si se siembran en camas debe ser 0.60 entre hileras y 0.50 m entre plantas. (Babilonia, 1994).

2.1.4 Usos en la actualidad:

Presenta usos múltiples. Desde el uso de condimentos en los alimentos hasta en la aplicación medicinal, es llevado para obtener el producto, con nivel artesanal e industrial.

En la industria de alimentos y farmacéuticas se emplea mundialmente.

Actualmente, ha ingresado la capsaicina, es una amida aromática que se pudo conseguir de *C. annum*, en los repelentes atomizadores que se expenden para autodefensa. También es empleado como adorno. (Villachica, 1996)

Fruto dulce

- Fruto fresco: es consumida como fruto cruda, cocida o asada, se dispone para ensaladas, salsas y guisos, se usa como condimento.
- Fruto procesado: en encurtidos, envasado naturalmente, deshidratado y en salsas. (Peter Steele, 2004)

Fruto picante

- Fruto fresco: es consumido como fruto fresco.
- Fruto procesado: encurtidos, envasado al natural, deshidratado y molido, se le dan propiedades medicinales. (Peter Steele, 2004).

Medicinal: Es utilizado tanto como frutos frescos y secos, es. En la medicina tradicional es utilizada más o menos alentador, tónico nervioso, laxante, espasmolítico, diaforético, desinfectante, carminativo, antibacteriano, y anti irritante, contra la artritis, diabetes, colesterol y relajante de los espasmos musculares. Es utilizada para aliviar a personas con escrófula (inflamación fría de los ganglios linfáticos), enfriamientos, amigdalitis (en infusión muy diluida), afonía, reumatismo, neuralgias, depresión y dispepsia. (Babilonia, 1994).

La medicina folclórica, se utiliza para disminución de la intensidad del dolor de muelas o partos, sigue existiendo con estudio con ganancias verdaderos a nivel experimental. (Villachica, 1996)

2.3 Concepto de fluidización:

Cuando el aire realiza un desplazamiento a través de una película de partículas con dirección hacia la parte superior del secador de lecho y con una velocidad de tal manera que la presión a lo largo de la cama de partículas sea igual al peso de las partículas, siendo el resultado, que estas partículas se suspenden en el aire comportándose como un líquido en hervor. Cuando se utiliza aire

caliente, las partículas pierden agua y el proceso se denominará deshidratación o secado de lecho fluidizado (Colina, 2010).

El aire caliente se comporta al mismo tiempo como agente de secado y de fluidización por efecto de la fuerza que pasa a través del lecho de partículas del alimento, a una velocidad elevada, graduado para eliminar las fuerzas gravitacionales del producto y conservar las partículas en estado de levitación. Las velocidades del flujo de aire que se requieren para conseguir esta fluidización varían de acuerdo al tipo de producto y más caracterizado con el tamaño de partícula y densidad del producto. (Abril y Casp, 1990)

Es muy importante en el proceso de secado la fluidización, debido al mayor espacio de contacto entre las partículas y el fluido, haciendo posibles mayores argumentos de transferencia de calor y masa.

Sin embargo, el proceso de fluidización tiene ciertas desventajas, como es la degradación térmica generada por las elevadas temperaturas producida por el largo tiempo de operación (Carvajal, 2008).

El proceso se comporta como un fluido cuando el número de Froude está por debajo de la unidad (Karel, 1975): Dónde U es la velocidad del aire, g es constante gravitacional y r el radio de la partícula. La velocidad del aire está a la distancia de 0.05 a 0.75 m/s. (Heldman y Singh, 1981).

La velocidad que se necesita para realizar la fluidización de las partículas está supeditado al tamaño, forma y densidad de la partícula, así como también de la densidad y viscosidad de aire utilizado en función de su temperatura.

Es imprescindible graduar con exactitud la velocidad del aire, si la velocidad es baja, no se podrá obtener la fluidización apropiada del producto, por el contrario, si la velocidad del aire es excesiva, las partículas del producto serán arrastradas, originando que no puedan ser controladas de forma adecuada a las condiciones de operación e incluso pueda existir pérdida del producto (Colina, 2010).

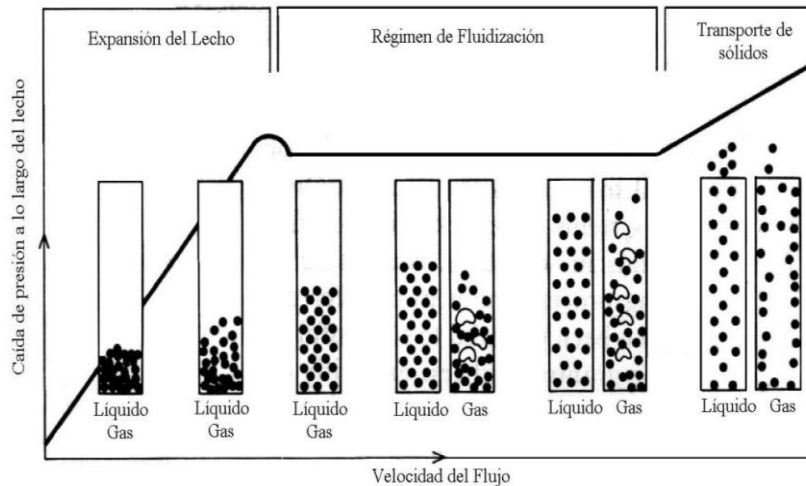


Figura N° 2. Relación de velocidad de flujo y caída de presión a lo largo del lecho (Carvajal, 2008).

En la figura N° 2 se aprecia cómo se va obteniendo la relación entre la velocidad de flujo y caída de presión. En la columna del primer instante (de izquierda a derecha), se aprecia que las partículas están contenidas en el lecho. Por la parte inferior del lecho se introduce aire con cierta velocidad, en el primer momento la velocidad del flujo de aire es corto, por consecuencia no existe movimiento de las partículas. Conforme la velocidad del flujo se incrementa, se inicia un movimiento mayor de partículas, generando la caída de presión y la porosidad del lecho aumente, por lo tanto, es ahí donde se inicia la fluidización, por otro lado si se aumenta enormemente la velocidad del flujo, las partículas del producto serán arrastradas por el aire iniciando la zona de transporte de sólidos (Carvajal, 2008).

El secador de lecho fluidizado se usa en alimentos, industrias lácteas y farmacéuticas, para el secado, enfriamiento, recubrimiento y aglomeración. La característica principal de la fluidización y procesos en lechos fluidizados es la transmisión de calor, arrastre, mezclado, y segregación. Las partículas de los productos apropiados para el proceso de secado en lecho fluidizado deben estar comprendidos entre 20 μm y 10 mm, para evitar un excesivo golpeo y acanalamiento, que se da con

partículas de tamaño mayores y las de forma regular. Las partículas del producto no deben ser pegajosas a la temperatura de procesado (Masters, 1993).

2.3.1 Tipos de secaderos en lecho fluidizado

- Secaderos de lecho fluidizado en continuo
- Secaderos de lecho fluidizado en discontinuo

2.3.2 Secaderos en lecho fluidizado continuo:

Este tipo de secadero es el más extenso y utilizado, existe una exigencia de que los procesos de operación aseguren la calidad del producto y cuando la capacidad es pequeña (Barbosa y Vega, 2000). Este modelo consta de bandas o charolas de malla metálica o placas perforadas, que pueden resistir las partículas del producto por deshidratar, colocada en capas de hasta 15 cm de grosor. Un desplazamiento de aire con flujo transversal cruza la capa de partículas del producto (en forma ascendente) para lograr la fluidización del producto tiene que tener una velocidad suficientemente alta. (Colina, 2010).

2.3.3 Secaderos en lecho fluidizado en discontinuo:

Las partículas sólidas fluidizados presentan comportamientos al flujo similares a los líquidos.

En base a esta similitud, el diseño de un secadero de lecho fluidizado puede introducir un tubo de descarga en la parte superior y una reja de soporte en la base por la que se introduce el aire de fluidización y las partículas sólidas fluidizados logran separarse en forma continua a una velocidad controlada (Barbosa y Vega, 2000).

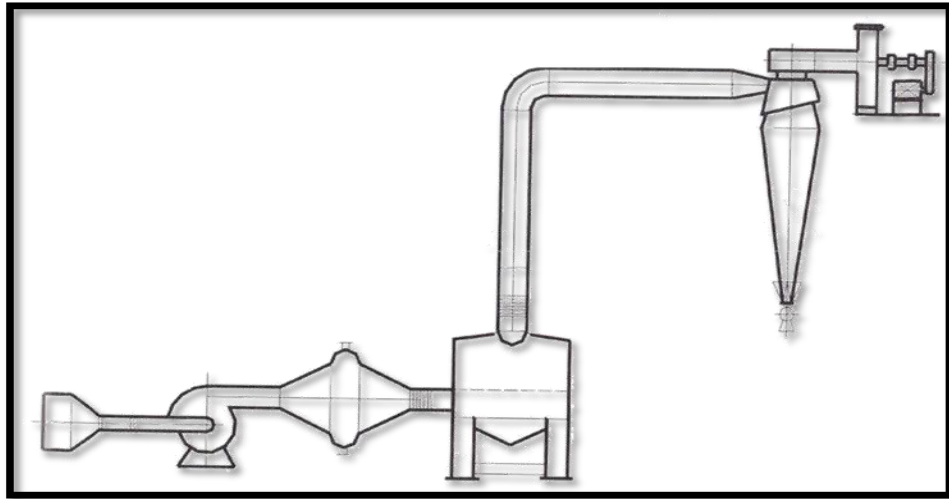


Figura N° 3. Esquema de secadero de lecho fluidizado (Abril y Casp, 1990).

2.4 Lecho fluidizado:

Un lecho fluidizado se caracteriza por un elevado grado de mezcla, comportándose el lecho de partículas sólidas como si fuera un fluido, (Rodríguez *et al*, 2002) citado por Carranza (2014).

En algunos secadores de lechos es posible añadir o extraer partículas durante el proceso de fluidización, y por esta particularidad se considera a la operación como ventajoso en comparación a otros diseños.

2.4.1 Regímenes de fluidización:

Es de indicar que el lecho actúe de distinta forma cuando se hacen modificaciones en algunos parámetros tal como la velocidad de fluidización, propiedades de las partículas, las propiedades del fluido, diámetro del lecho y profundidad, etc.

El lecho fijo es el primer régimen que se reconoce, y se presenta cuando las partículas del producto en el lecho fluidizado se encuentran estáticas, esto ocurre normalmente antes de que el fluido alcance la velocidad mínima para que empiecen a fluidizar las partes pequeñas de la materia. Cuando llega a esta velocidad se presenta un régimen denominado fluidización mínima.

Cuando la velocidad sigue incrementándose, se consigue una velocidad llamada velocidad mínima de burbujeo, y comienza

aparecer burbujas en el lecho siendo el resultado una fluidización con burbujeo.

Cuando se aumenta mayormente la velocidad del fluido, las burbujas siguen ocupando y aumentando; cada tiempo más espacio en el lecho originando que las partículas sean forzadas hacia abajo por las paredes; además puede presentarse el caso en que la burbuja se incremente tanto que alcance las paredes y pierda su forma para transformarse en un espacio ocupado íntegramente por el fluido, fraccionando totalmente al lecho hasta que esta “burbuja” que llena todo el lecho se pierda.

Cuando las velocidades son muy elevadas, se obtiene un estado en la cual las partículas del producto son trasladadas hacia el exterior del lecho fluidizado, además si la altura de la columna es enorme, siendo así se puede obtener el estado de fluidización con transporte neumático o hidráulico de acuerdo al caso.

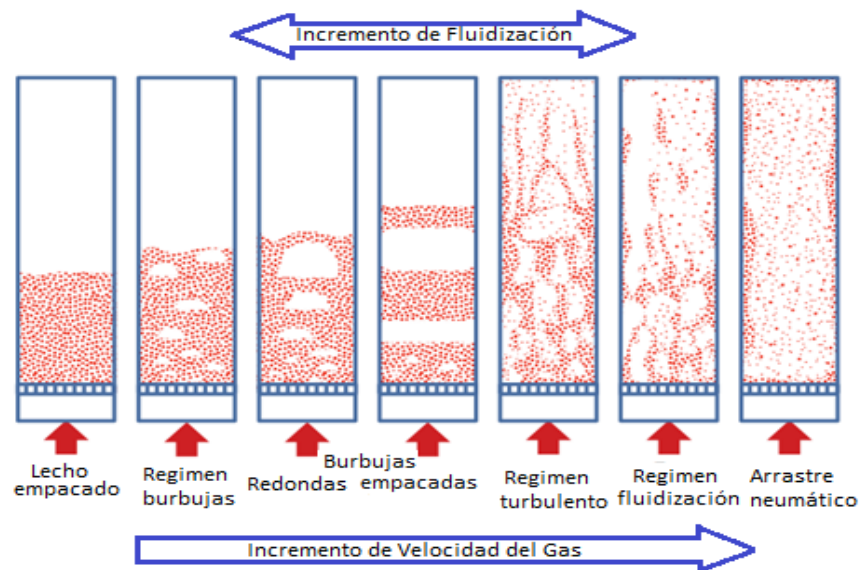


Figura N° 4. Diferentes regímenes de fluidización en sistemas gas – sólido.

Porosidad del lecho

La porosidad del lecho se da en función a la relación existente entre el diámetro del lecho, el diámetro de la partícula, la presión, la

temperatura de operación y la rugosidad de las paredes de la columna (Guarneros, 2005).

Se utiliza la siguiente ecuación, para medir el porcentaje de poros en el lecho:

$$\varepsilon = \frac{\text{volumen del lecho} - \text{volumen de las partículas}}{\text{volumen del lecho}}$$

2.4.2 Características de la partícula:

En una operación de fluidización es interesante saber detalladamente las características de las partículas del producto que se utilizan. Ya sea de forma directa o indirecta las propiedades y características de las partículas que influyen en el comportamiento del lecho.

2.4.3 Clasificación de la partícula:

Hay varias formas de clasificación de partículas en el lecho fluidizado, Geldart (1973) presenta un tipo de clasificación que son en 4 tipos y cómo se puede mirar en la figura N° 5.

El tipo A son partículas livianas con diámetros que van desde 20 hasta 100 micras, se refiere a las partículas pequeñas, cuyas densidades son muy bajas.

En el tipo B son los que abarcan materiales densos como arena, minerales cristalinos, etc., y comprenden aquellas partículas que miden cerca de 150 micras de diámetro. Las partículas tipo C son las que se caracterizan por su alta cohesión, son de menor diámetro y más livianas que las del tipo A (menos de 20 micras).

Las partículas tipo D son las de mayor diámetro de esta clasificación, logrando mayores tamaños a las 1000 micras, suelen ser las más densas.

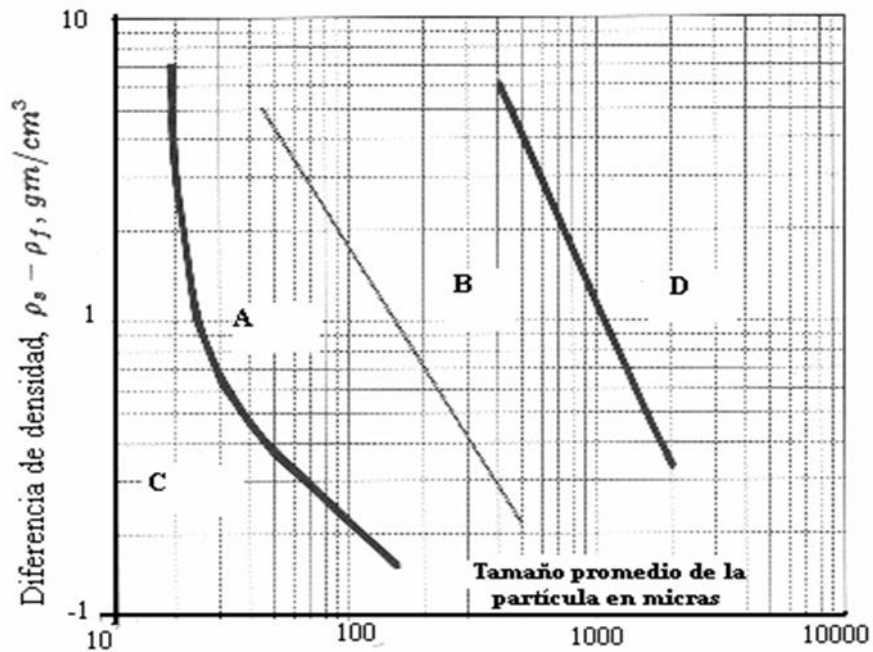


Figura N° 5: Clasificación de las partículas por su densidad y diámetro promedio.

2.4.4 Diámetro promedio:

Puesto que comúnmente no se procesa con partículas cuyas geometrías son regulares, se necesita ejecutar los cálculos correspondientes para definir sus dimensiones aproximadas por medio de un muestreo. En cambio con las partículas de forma esférica, existen diversas formas de obtener el radio promedio de la partícula, sin embargo unas de las formas más común y aceptada es la siguiente ecuación:

$$D_p = \left(\frac{bc}{a} \right)$$

Donde a, b y c son los diámetros de la partícula.

2.4.5 Esfericidad:

El criterio de la esfericidad es utilizada cuando las partículas en los lechos presentan formas irregulares, por lo tanto al conocer su esfericidad se puede notar que tan esféricas son o cuanto difieren de una esfera regular. La esfericidad se define de la siguiente

manera:

$$\phi = \left(\frac{bc}{a^2} \right)^{1/3}$$

2.4.6 Densidad de la partícula (ρ_p):

La densidad de la partícula se puede definir de la siguiente manera:

$$\rho_p = \frac{\text{masa de la partícula}}{\text{volumen de la partícula}}$$

En el cual, el volumen de la partícula abarca la porosidad de la partícula. Para las partículas compactas, $\rho_p = \rho_{\text{abs}}$ (densidad absoluta) y para las partículas porosas, $\rho_p < \rho_{\text{abs}}$

2.4.7 Área superficial (a):

Es el área con el contacto entre el gas y el sólido. A continuación la ecuación muestra la obtención del área superficial en el momento en que una partícula no es esférica:

$$a = \frac{\pi d^2}{4}$$

Dónde:

d = diámetro de la partícula

2.4.8 Velocidades relacionadas en un lecho fluidizado:

Un lecho fluidizado se enlaza en diversos tipos de velocidades que se muestran en diversas fases o tipos de lecho que son: velocidad superficial del gas (U_0), velocidad mínima de fluidización (U_{mf}), velocidad terminal (U_t).

2.4.8.1 Velocidad superficial del gas:

Se puede comprender como la velocidad en función del área transversal del lecho, se puntualiza cuando en el interior no

existen partículas y solo circula el gas (aire). Con la siguiente fórmula se puede obtener:

$$U_0 = \frac{m}{\rho_g \varepsilon_m A_t}$$

Dónde:

U_0 = Velocidad superficial del gas (m/s).

ε_m = Porosidad del lecho (-)

ρ_g = Densidad del gas (kg/m³)

m = masa (kg)

A_t = Área transversal de la columna (m²)

Al no conocer la fracción vacía, se aplica la siguiente formula por Romero (2006).

$$U_0 = \frac{V}{A_t}$$

Dónde:

U_0 = Velocidad superficial del gas (m/s)

V = Flujo volumétrico del gas (m³/s)

A_t = Área transversal (m²)

2.4.8.2 Velocidad mínima de fluidización:

Se muestra como un crecimiento del caudal en el lecho. Se llega a un punto en que las partículas sólidas se hallan en situación de suspensión originado por el flujo ascendente del gas.

Este flujo produce la fuerza de arrastre que equilibra la fuerza de gravedad originando que se muevan y se puedan levantar. La U_{mf} pertenece a una situación homogénea en la que no se toman en cuenta las burbujas.

Para obtener la velocidad mínima de fluidización del gas, se emplea una deducción de la ecuación de Ergun (Ergun, 1952) para lechos fijos combinada con la ecuación de caída de presión que se muestra a continuación. Ambas relacionan las variables que definen, y la combinación de estas cubre todos los factores que ayudan a obtener toda la velocidad mínima de fluidización teórica.

Ecuación de la caída de presión.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{g}{g_c} \left(1 - \varepsilon_{mf} \right) \left(\rho_s - \rho_g \right)$$

Dónde:

ΔP = caída de presión (kPa)

L = altura del lecho (m)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

g_c = constante adimensional

ε_{mf} = porosidad mínima de fluidización

ρ_s = densidad del solido (kg/ m³)

ρ_g = densidad del fluido (kg/ m³)

Combinando las dos ecuaciones:

$$\frac{1.75}{\varepsilon_{mf}^3 \phi_s} \left(\frac{d_p U_{mf} \rho_g}{\mu} \right)^2 + 150 \frac{(1 - \varepsilon_{mf})}{\varepsilon_{mf}^3 \phi_s^2} \left(\frac{d_p U_{mf} \rho_g}{\mu} \right) = \frac{d_p^3 \rho_g (\rho_s - \rho_g) g}{\mu^2}$$

Donde:

Φ_s = esfericidad de la partícula (-)

d_p = diámetro de la partícula (cm)

ε_{mf} = porosidad mínima de fluidización (-)

μ = viscosidad del gas (kg/ ms)

U_{mf} = velocidad mínima de fluidización (m/s)

ρ_s = densidad del solido (kg/ m³)

ρ_g = densidad del fluido (kg/ m³)

La velocidad mínima de fluidización experimental se obtiene por medio del análisis de las gráficas versus la caída de presión, velocidad versus altura del lecho y velocidad versus porosidad del lecho.

El análisis consiste en presenciar la tendencia de la curva, en el cual hay un cambio allí es donde se encuentra la velocidad mínima de fluidización.

Para considerar que la U_{mf} es la correcta las curvas generadas deben de estar cercanas entre sí.

2.4.8.3 Velocidad terminal:

Se le entiende así a la velocidad que se encuentra distante de las paredes de columna, en donde procede a extender hasta que se hace estable (Geldart, 1986). Así, Romero (2006) sé planteó una ecuación en el momento en que una partícula de diámetro d_s cae a través de un fluido:

$$U_t = \left[\frac{4d_s(\rho_s - \rho_g)g}{2\rho_g C_d} \right]^{1/2}$$

Donde:

d_s = Diámetro del solido (cm)

ρ_g = Densidad del fluido (kg/m³)

ρ_s = Densidad del solido (kg/m³)

g = Fuerza de gravedad (m/s²)

c_d = Coeficiente de arrastre del gas (-)

Nota: el c_d se relaciona con el número de Reynolds ya que varía de acuerdo con el régimen de flujo.

2.5 TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN LECHO FLUIDIZADO:

Lo primordial de unas de las ventajas que se expresa en el proceso de fluidización es la alta superficie de contacto, de modo que representa una excelente transferencia de calor.

Un elevado grado de mezcla de las partículas del lecho por acción de las burbujas es otro coeficiente que permite una elevada conductividad térmica en los lechos verticales.

El estudio de los mecanismos de transferencia de calor, es elemental el uso de paradigmas de una investigación, a pesar, estos suelen ser trabajoso y aquellas normas requeridas en su mayoría no están disponibles.

2.5.1 Transferencia de calor del gas a las partículas:

Lo que se busca en este caso es obtener de manera confiable cual es el coeficiente de transferencia de calor entre la partícula y el gas. Sin embargo, como suele ser común en este tipo de procesos, existen diversos análisis experimentales para poder determinarlos y consecuentemente existen resultados diferentes.

En general, el calor suele fluir del gas hacia la partícula por convección, el coeficiente de transferencia de calor dependerá del régimen del flujo en los espacios que rodean a las partículas.

La capacidad térmica es elemental en la transferencia de calor, esto es, el calor almacenado por unidad de volumen del gas suele ser menor comparado con el de las partículas. Por otra parte, la temperatura de las partículas establece la temperatura del gas en los espacios entre las partículas y a su vez la densidad y viscosidad del gas, por lo tanto, el comportamiento del lecho está condicionado por la temperatura de la partícula tanto para el caso de lechos fijos y fluidizados.

Guarneros (2005), hace referencia a la ecuación citada por Howard (1989) del modelo desarrollado por Kunii y Levenspiel, tomando el flujo como un flujo conectado, muestra la relación existente el número Nusselt del gas a la partícula (Nu_{gp}) y el número de Reynolds de la partícula (Re_p):

$$Nu_{gp} = 0.003 Re_p^{1.3}$$

Para la transferencia de calor en un fluido en movimiento se da la siguiente expresión al relacionarse con los números adimensionales, Nusselt (Nu) y Prandtl (Pr):

$$Nu = 2.0 + 1.3 Pr^{0.15} + 0.66 Pr^{0.31} Re_p^{0.5}$$

El factor de transferencia de calor del gas a la partícula se puede determinar con la relación del número Nusselt gas-partícula.

$$Nu = \frac{Nu_{gp} k_f}{d_p}$$

2.5.2 Transferencia de calor del lecho a la superficie:

El factor de transferencia de calor entre el lecho y una superficie inmersa, está establecido por tres componentes que aumentan a éste:

- a) El componente de convección de la partícula h_{pc} , como resultado de la transferencia de calor de las partículas que son puestas en contacto con la superficie permaneciendo ahí para después ser remplazadas por partículas nuevas.
- b) El componente de convección del gas de la interfase h_{gc} , se da debido aquella transferencia de calor entre la partícula y la superficie se ve aumentada por la transferencia de calor por convección del gas de la interfase.
- c) El componente de radiación h_r , que corresponde a la transferencia de calor debida a la radiación.

2.6 CINÉTICA DE SECADO

Según Geankoplis (1998), los siguientes pasos a seguir son: las cifras que se obtuvieron en el experimento de secado por partes se demuestra como peso total W del sólido húmedo (sólido seco más humedad) a diferentes tiempos de “ t ” horas en el periodo de secado. Los valores pueden convertirse a datos de velocidad de secado con el siguiente procedimiento. Primero se recalculan los datos. Si W es el peso del sólido húmedo en kg Totales de agua más sólido seco y W_s es el peso del sólido seco en kg.

$$X_t = \frac{w - w_s \text{ kg totales de agua}}{w_s \text{ kg de sólido seco}}$$

Habiendo determinado los requisitos del secado constante se determinan el contenido de humedad de equilibrio, X° kg humedad de equilibrio/kg de sólido seco. Con esto se procede a determinar el valor del contenido de humedad libre X en kg de agua libre/kg de sólido seco para cada valor de X_t .

$$X = X_t - X^\circ$$

Usando los datos evaluados con la previa ecuación, se define una gráfica del contenido de humedad libre X en función del tiempo “ t ” en horas.

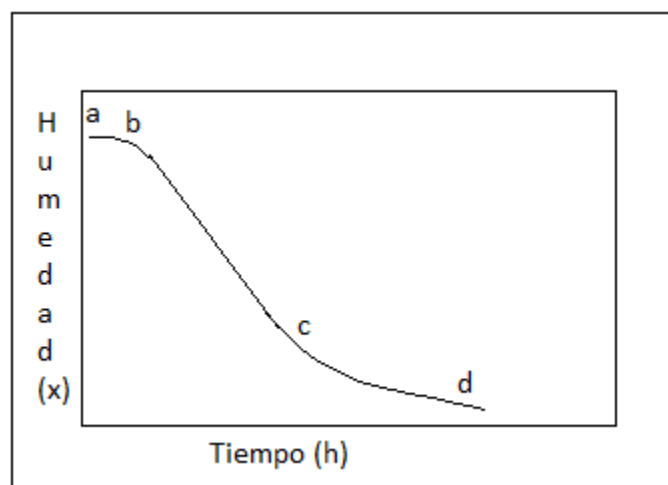


Figura N°6: Curva típica de secado de humedad en función del tiempo.

Para conseguir a una curva de velocidad de secado, se calcula las inclinaciones de la tangente en las curvas, lo cual se facilita valores de dx/dt

para unos verídicos valores de t. Para evaluar la velocidad de secado se utiliza la siguiente ecuación:

$$R = \frac{L_s}{A} \cdot \frac{dX}{dT}$$

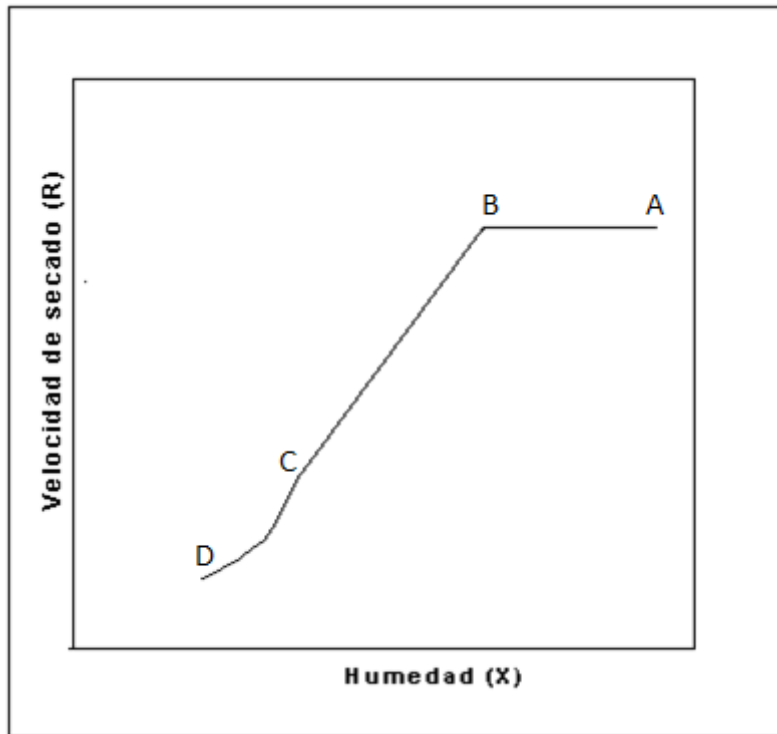


Figura N°7: Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre.

CAPITULO III.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo fue realizado en las instalaciones de las plantas piloto, de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana utilizando la planta piloto de palmito, laboratorio de Ingeniería de Alimentos, laboratorio de Análisis Fisicoquímico de Alimentos y laboratorio de Microbiología de Alimentos, que se encuentra en Av. Augusto Freyre N° 610, Iquitos, provincia de Maynas.

3.1 MATERIALES:

3.1.1 Materia prima:

La hortaliza del ají dulce se obtuvo de las chacras ubicadas en la carretera Iquitos - Nauta distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas. La hortaliza se recolectó con las características de semi-maduración con un color rojizo, envasados en sachet de polietileno.

3.1.2 Equipos:

- Medidor de velocidad de aire (anemómetro). Marca: Tenmars. Modelo: TM-40. Origen: Taiwan.
- Termohigrómetro. Marca: Tenmars. Modelo: TM-181. Temperatura máxima: 70°C. Origen: Taiwan.
- Balanza analítica de cuatro dígitos. Marca: Adamequipment. Modelo: AAA250LE. Origen: Inglaterra.
- Estufa. Marca: Selecta. Modelo: 209. Temperatura máxima: 200°C. Origen: Perú.
- Mufla. Marca: Thermolyne. Modelo: 1400 Furnace. Temperatura máxima: 1400°C.
- Equipo soxhlet. Marca Büchi. Origen: Alemania.
- Equiposemi-microkjeldhal.

3.1.3 Materiales de laboratorio

- Cilindros portadores de muestras de ají (para secado en lecho fluidizado).
- Termómetro.
- Vasos de precipitado.
- Probeta graduada.
- Frascos de vidrio pequeños.
- Selladora de empaques.
- Mascarillas.
- Guantes quirúrgicos.
- Lunas de reloj.
- Tubos de ensayo.
- Crisoles.
- Gradillas.
- Matraces
- Empaques de polietileno.

3.1.4 Reactivos y Solventes:

- Hexano.
- Alcohol 96°C.
- Ácido sulfúrico.
- Sulfato de cobre.
- Sulfato de sodio.
- Agua destilada.
- Hidróxido de sodio.
- Ácido bórico.
- Azul de metileno.
- Agua peptonada.
- Caldos, agares y otros medios de cultivo para análisis microbiológico, etc.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:

3.2.1 Horno secador de lecho fluidizado

Secador de lecho fluidizado con variador de velocidad de aire incluido. Marca Torrh. Modelo: SLFT – 240X. Serie: TP 031-0101. Material: acero inoxidable. Año de fabricación: 2009. Origen: Perú.

3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL:

3.3.1 Diseño experimental de la investigación:

El modelo de investigación es completamente experimental. Los factores de estudio son 3: temperatura (°C), velocidad de aire (m/s) y peso de la materia prima (g), que responde al siguiente modelo estadístico:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_1 X_3 + \beta_6 X_2 X_3 + \beta_7 X_1 X_2 X_3$$

Factores	Dominio experimental	
	Nivel (-)	nivel (+)
X1: Temperatura (°C)	40	60
X2 : Velocidad de aire (m/s)	6	8
X3: Peso materia prima en mitades (g)	6	10

En la variable dependiente se consideró el contenido final de humedad en el producto seco, ya que este es un factor determinante para evaluar su durabilidad a través del tiempo.

3.3.2 Análisis realizados a la materia prima

3.3.2.1 Determinación de peso:

Se evaluaron los tamaños de los ajíes, luego se los agrupo y finalmente se los partió en dos, obteniendo dos medias lunas de un peso uniforme; este procedimiento se repitió para los 3 tamaños encontrados.

3.3.2.2 Determinación de humedad:

Se determinó por el método 31.005 del A.O.A.C. (1998). Se basa en el contenido de agua de la muestra. Fue empleado por una balanza analítica de cuatro (4) dígitos y estufa con rango de temperatura ambiente a 200° C.

Pesar en la balanza las placas de vidrio o porcelana por triplicado con la muestra a analizar. Se pesa 6g de muestra y se coloca en la estufa a una temperatura de 105° C, por un tiempo de 5 horas. Luego de ser transcurrido este tiempo se retira de la estufa y es llevado a enfriar a una campana de desecación por espacio de 20 minutos. Se procede a pesar las placas conteniendo las muestras. Los resultados se expresan en porcentaje, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_1 - P_2}{PM} \times 100$$

Dónde:

P₁ = peso placa más muestra.

P₂ = peso final al transcurrir las 5 horas.

PM = peso de la muestra.

3.3.2.3 Determinación de cenizas

Su valoración fue hecha con el método de N.T.P. 206.012. Se pesó 6 g de muestra en un crisol por triplicado.

Después fueron ubicados en dichos crisoles en la mufla por espacio de 5 horas a una temperatura de 550° C – 600° C. Terminado el tiempo llevar los crisoles a un desecador para enfriar y luego pesar. Se determina mediante la fórmula el porcentaje de cenizas:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_1 - P_2}{PM} \times 100$$

Dónde:

P₁= Peso de crisol más muestra fresca.

P₂= peso crisol más muestra seca.

PM = peso de la muestra.

3.3.2.4 Determinación de grasas:

Se determinó mediante el método A.O.A.C. 960.39, el cual designa realizar los siguientes pasos:

Se pesa 6g de muestra, luego transferir a un papel filtro y colocar en el soxhlet, previamente pesar el balón donde se va a reunir la grasa extraída; añadir aproximadamente 120 ml de hexano al soxhlet, y calentar en la cocinilla durante 5 horas, después retirar la muestra y recuperar el hexano, se introduce el balón y su contenido en una estufa a 105°C. Se deja secar por 3 horas.

Luego se enfría el balón y su contenido quedando al final la grasa extraída en el balón; y pesar. Se aplicó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P_1 - P_2}{PM} \times 100$$

Dónde:

P_1 = Peso del balón más muestra grasa.

P_2 = peso del balón vacío.

PM = peso de la muestra.

3.3.2.5 Determinación de proteínas

Se utilizó el método ITINTEC-NTP 201.021.

◆ Digestión:

Se coloca 0.25 g de muestra en un balón de digestión y se agrega 7 ml de ácido sulfúrico concentrado, 0.125 g de sulfato de cobre y 2.5 g de sulfato de sodio. Después se introduce el balón en el aparato para la digestión hasta eliminar toda la materia orgánica, este se obtiene cuando el líquido del balón tiene un color azul verdoso transparente.

◆ Destilación:

Luego de dejarse enfriar se añade 70 ml de agua estilada y se alcaliniza con hidróxido de sodio al 33%, el balón se coloca rápidamente en el destilador para liberar amoníaco.

El destilado se recolecta en un matraz que posee 7 ml de ácido bórico y asimismo contiene nueve gotas de azul de metileno como indicador.

◆ Valoración

Tras estar destilado 50 ml de líquido se valora la cantidad del ácido con una solución de ácido sulfúrico al 0.025 N. Con la siguiente ecuación se determina el % de Nitrógeno:

$$\% N_2 = \frac{V \times N \times \text{Factor} N_2}{PM} \times 100$$

Dónde:

V= Gasto de titulación ácido sulfúrico.

N= Normalidad del ácido sulfúrico.

PM = peso de la muestra

Factor N = 0.014

Se consigue el porcentaje de proteína por medio de:

% Proteína = % N₂ X Factor de proteína

Factor de proteína= 6.25

3.3.2.6 Determinación de carbohidratos

Se obtuvo por desigualdad de % (MINSA, 2009):

$$\% \text{ CHO} = 100 - (\% \text{ H} + \% \text{ C} + \% \text{ G} + \% \text{ P})$$

Dónde:

% H: Porcentaje de humedad.

% C: Porcentaje de ceniza.

% G: Porcentaje de grasa.

% P: Porcentaje de proteína.

3.3.2.7 Determinación de calorías

Se obtuvo por cálculo directo, en el cual intervienen porcentaje de grasas multiplicado por nueve, porcentaje de proteínas multiplicado por cuatro y porcentaje de carbohidratos multiplicado por cuatro (MINSA, 2009):

$$\% \text{ Cal} = \% \text{ G} \times 9 + \% \text{ P} \times 4 + \% \text{ CHO} \times 4$$

Dónde:

% G: Porcentaje de grasa.

% P: Porcentaje de proteína.

% CHO: Porcentaje de carbohidratos.

3.4 PROCESO EXPERIMENTAL PARA EL SECADO DEL *Capsicum annuum* L. (ají dulce)

3.4.1 Diagrama de flujo experimental del *Capsicum annuum* L. (ají dulce)

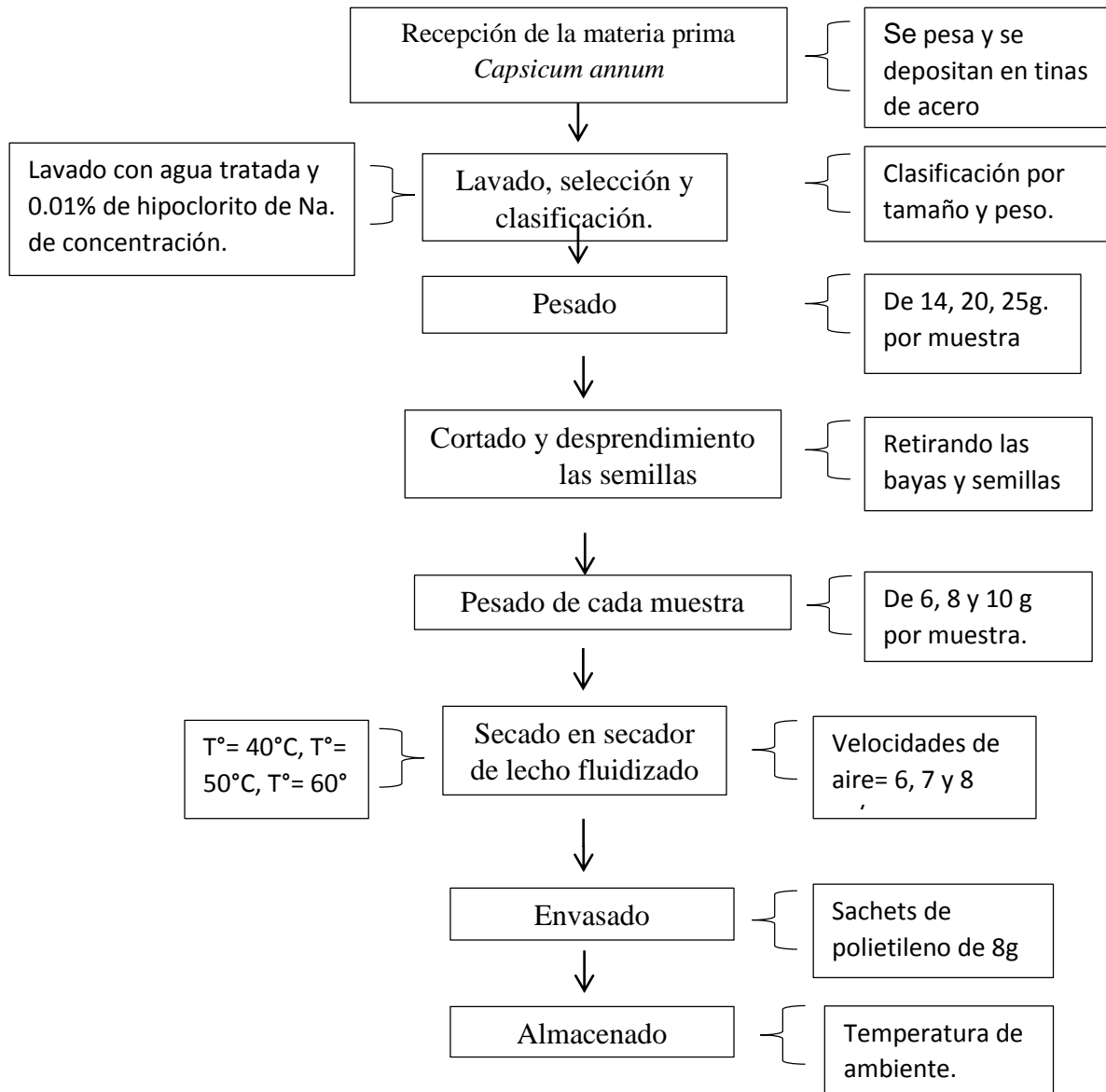


Figura N°8. Diagrama de flujo para la obtención del secado de *Capsicum annuum* L. (ají dulce) mediante las técnicas de secado en lecho fluidizado.

A continuación describimos el proceso que se muestra en la Figura N°8:

- **Recepción de la materia prima:** El *Capsicum annuum*, conocido como ají dulce, como se muestra en la figura N°9, se obtuvo de las chacras ubicadas en la carretera Iquitos - Nauta, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas. Los frutos del ají dulce llegaron a la planta piloto en buen estado fresco.



Figura N°9. *Capsicum annuum* (ají dulce)

- **Lavado, Selección y Clasificación:** esta etapa es muy importante para el control de higiene y para la obtención de un producto de calidad. El lavado, este proceso se utilizó hipoclorito de Na al 0.01%, en la selección se procedió a separar la materia prima teniendo en cuenta el estado de madurez y así mismo que las bayas no presenten defectos a magulladura, en la clasificación se separaron los ajíes por tamaño y peso.



Figura N° 10. Lavado del *Capsicum annuum* (ají dulce)

- **Pesado de la muestra prima:** etapa en la que se pesa la cantidad de materia prima inicial y dato importante para el balance de materiales durante los experimentos.
- **Cortado y desprendimiento de la semilla:** para facilitar el secado se cortaron las bayas y después las semillas a fin de tener un área de secado uniforme.



Figura N° 11. *Capsicum annuum* cortada para el secado

- **Secado en lecho fluidizado:** Se procedió a escoger el tipo de contenedor adecuado para el secado del ají dulce en el secador de lecho fluidizado, por ello se utilizó dos cilindros de 10 cm de diámetro y 50 cm de altura para recolectar el ají dulce como se observa en la figura N° 14.

Se tomó en cuenta los pesos iniciales de cada muestra, que fue de 6 g para la muestra pequeña, 8 g para la muestra mediana y 10 g para la muestra grande de *Capsicum annuum* (ají dulce), estos fueron pesados cada 3, 5 y 10 minutos para poder elaborar la curva de cinética de secado, de este modo, en la figura N°12 se puede observar la forma como se desarrolló el proceso de secado. En el proceso se tomaron tres temperaturas del aire de 40°C, 50°C y 60°C.

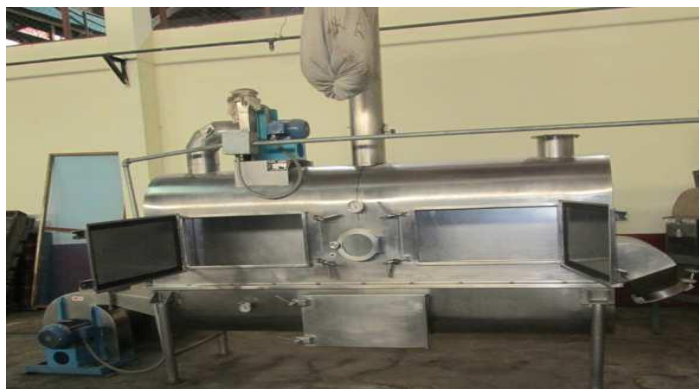


Figura N° 12. Equipo secador de lecho fluidizado.



Figura N° 13 Variador de velocidad de aire en secador de lecho fluidizado.



Figura N° 14. Fluidización de las muestras de *Capsicum annuum* en el secador.

- **Envasado:** fue envasado en sachets polietileno de 8 gramos muy usados para los productos.



Figura N°15. Envasado de *Capsicum annuum* (ají dulce).

- **Almacenamiento:** se realizaron durante 40 días para luego ser analizadas cada 15 días en el laboratorio de microbiología de alimentos y de análisis fisicoquímico de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNAP. Además, se realizaron el estudio de vida útil durante 90 días de almacenamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL *Capsicum annuum* (ají dulce)

4.1.1 Determinación de tamaño

El tamaño del ají se determinó por selección de tamaños por peso, obteniéndose tres grupos de masa aproximados de 6 g, 8 g y 10 g.

Con los tamaños definidos se les procedió a determinar sus características físicas como densidad (ρ), esfericidad (Φ) y diámetro promedio de partícula (d_p).

- **Densidad de las partículas (ρ)**

Se seguirá la metodología empleada por Flores (2006), que consiste en poner la muestra previamente pesada dentro una probeta graduada de vidrio conteniendo 50 ml de agua, así de esta manera se obtuvo el promedio de la relación de la masa de las partículas con respecto al volumen que desplazan. En nuestro caso se pesó 10 g de ají.

Tabla N°1: Cálculo de la densidad de las partículas

Muestra	M (g)	V (ml)	ρ (g/ml)	ρ (kg/m ³)
I	10	10	1	1000
II	10	10	1	1000
III	10	10	1	1000

Las medidas están en el siguiente orden: grosor (a), ancho (b) y largo (c).

I = 2.5 mm x 18 mm x 36 mm (pequeño)

II = 3.0 mm x 20 mm x 40 mm (mediano)

III = 3 mm x 22 mm x 45 mm (grande)

M= Masa.

V= Volumen.

ρ= Densidad.

- **Esfericidad de las partículas (Φ)**

El método empleado es el de Martines (2008) para materias casi esféricas y que se representa con la siguiente fórmula:

$$\phi = \left(\frac{bc}{a^2} \right)^{1/3}$$

Para obtener la esfericidad de las tres muestras de ají se les midió los tres diámetros (a, b y c) perpendiculares entre sí donde “a” es el diámetro mayor, “b” diámetro menor y “c” es el espesor. Para tener una medición exacta se empleó un micrómetro de precisión de 0.01 micras de pulgada.

La tabla siguiente muestra los valores de los diámetros correspondientes para cada muestra.

Tabla N°2: Cálculo de la esfericidad de las partículas

Muestra	a (mm)	b (mm)	c (mm)	Esfericidad promedio Φ
I	36	18	2.5	0.30
II	40	20	2	0.29
III	45	22	2	0.27

Las medidas están en el siguiente orden: Grosor (a), ancho (b) y largo (c).

- **Diámetro promedio de partícula (d_p)**

Para obtener los diámetros, se trabajó con los valores de a, b y c, determinando de esta manera el diámetro promedio para cada partícula.

La tabla siguiente muestra los diámetros promedios encontrados.

Tabla N°3: Obtención del diámetro promedio.

Muestra	a (mm)	b (mm)	c (mm)	D_p
I (promedios)	36	18	2.5	18.33
II (promedios)	40	20	3	21
III (promedios)	45	22	3	23.33

Las medidas están en el siguiente orden: Grosor (a), ancho (b) y largo (c).

D_p = Diámetro promedio.

4.1.2 Cálculo de las características físicas y fluido dinámicas del *Capsicum annum* (ají dulce)

Tabla N° 4: Características físicas de los ajíes dulces.

	P_p kg/m ³	Φ_p	d_p (m)	$V_l \times 10^{-3}$ (m ³)	ρ_l (kg/m ³)	ϵ	ρ aire50 °C	ρ aire60 °C	ϵ_{mf}	U_{mf} 50 °C(m/s)	U_{mf} 60 °C(m/s)
I	1000	0.303	0.0187	2.356	87.853	0.912	1.094	1.062	0.671	7.94	8.06
II	1000	0.29	0.0207	2.356	87.00	0.913	1.094	1.062	0.66	8.38	8.50
III	1000	0.279	0.023	2.356	84.88	0.915	1.094	1.062	0.652	8.89	9.02

I = Pequeña

II = Mediana

III = Grande

ρ_p = Densidad de la partícula.

d_p = Diámetro promedio.

ρ_l = Densidad de lecho.

ρ_{aire} = Densidad del aire

U_{mf} = Velocidad mínima de fluidización.

Φ_p = Esfericidad de la partícula.

V_l = Volumen de lecho.

ϵ = Porosidad.

ϵ_{mf} = Porosidad mínima de fluidización.

En la tabla N°4, se pueden analizar las siguientes características determinadas durante el proceso:

La densidad de la partícula (ρ_p) no varía, aunque cambiemos el tamaño de la muestra.

Como es de esperarse el (d_p) aumenta conforme se incrementa la altura de la misma es decir su diámetro mayor (a).

La porosidad (ϵ), en estado estático está relacionada con el tamaño y forma de las partículas a fluidizar, se manifiesta un valor alto en esta característica y se debe al ser una partícula hueca en forma de media luna genera espacios vacíos al interior del lecho.

La porosidad de mínima fluidización (ϵ_{mf}) también se ve afectada decreciendo su valor conforme aumenta el tamaño de partícula, debido principalmente al espacio interno que presenta cada partícula al haber menos partículas el espacio entre ellas es menor.

Tabla N°5. Composición fisicoquímica de muestras de ají dulce frescas y secadas en lecho fluidizado.

Muestra	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Calorías (kcal)	Sólidos Totales (%)
Muestra fresca	93.72	0.44	0.39	0.68	4.77	25.31	6.28
Pequeña 40 °C	8.86	6.38	0.55	6.85	77.36	341.79	91.14
Mediano 50 °C	7.18	7.29	0.68	6.92	77.93	345.52	92.82
Grande 60 °C	6.5	5.19	0.71	7	80.6	356.79	93.5

En la tabla N°5 se observa los resultados obtenidos en el proceso de secado a temperaturas de 40 °C, 50 °C y 60 °C fueron muy satisfactorios, se observa que el contenido final de humedad va desde 6.5 % hasta un máximo de 8.86 % para las partículas grandes, lo que indica que a cualquier temperatura se puede obtener un producto de buena calidad, el factor que influye es la temperatura a mayor temperatura menor tiempo de secado. El contenido de humedad de 6.5 % es bajo comparado con lo reportado por González *et al.* (2008), quienes secaron la misma variedad de ají a 60 °C y obtuvieron el producto con un 11.72 % al emplear un secador de bandejas.

Según Colina (2010), los productos con humedad entre 1 al 15% pueden ser empacados en polietileno de alta densidad, de esta manera se controla y no se ven afectados por ataques de hongos e insectos. Asimismo, el análisis microbiológico practicado a los productos secos, como se indica en la Tabla N° 6, indica que la metodología para el proceso de secado fue el correcto ya que no reporto presencia de mohos, levaduras o cualquier otro agente que pudiera deteriorar el producto.

Tabla N°6. Análisis microbiológico de muestra de ají dulce secada en lecho fluidizado.

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS
Mohos (ufc/g)	<10
Levaduras (ufc/g)	<10
Coliformes Totales (NMP/g a 35°C)	<3
Escherichia coli (NMP/g a 44,5°C)	<3
Salmonella sp.	Ausencia en 25g

4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla N°7: Análisis de varianza (ANOVA) a temperaturas de 40 °C y 60 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	39.8222	5.6889	4397.21	0.000
Lineal	3	14.9161	4.9820	3843.12	0.000
Temperatura (°C)	1	6.7211	6.7211	5195.02	0.000
Velocidad de aire (m/s)	1	6.7730	6.7730	5235.17	0.000
Peso (g)	1	1.4221	1.4221	1099.17	0.000
Interacciones de 2 términos	3	24.8843	8.2948	6411.42	0.000
Temperatura (°C)* Velocidad de aire (m/s)	1	4.0100	4.0100	3099.52	0.000
Temperatura (°C)* Peso (g)	1	3.5063	3.5063	2710.15	0.000
Velocidad de aire (m/s) *Peso (g)	1	17.3681	17.3681	13424.58	0.000
Interacciones de 3 términos	1	0.0218	0.0218	16.82	0.003
Temperatura (°C)* Velc. aire (m/s) * Peso (g)	1	0.0218	0.0218	16.82	0.003
Error	8	0.0103	0.0013		
Total	15	39.8325			

El análisis estadístico nos muestra que todos los factores en estudio son significativos para este proceso ya que todos tienen P valores inferiores a 0.05. Con base en el análisis de varianza (ANOVA) los coeficientes de las variables independientes y todas las interacciones entre ellas fueron significativos.

La función de respuesta que representa la relación entre el contenido de humedad (%) y las variables independientes del secado en lecho fluidizado, Temperatura (X_1), Velocidad de aire (X_2) y Peso (X_3) y las interacciones es:

$$\text{Humedad (\%)} = 2.73 - 0.5761 X_1 + 1.577 X_2 + 1.980 X_3 + 0.06481 X_1 * X_2 \\ + 0.03631 X_1 * X_3 - 0.4287 X_2 * X_3 - 0.001844 X_1 * X_2 * X_3.$$

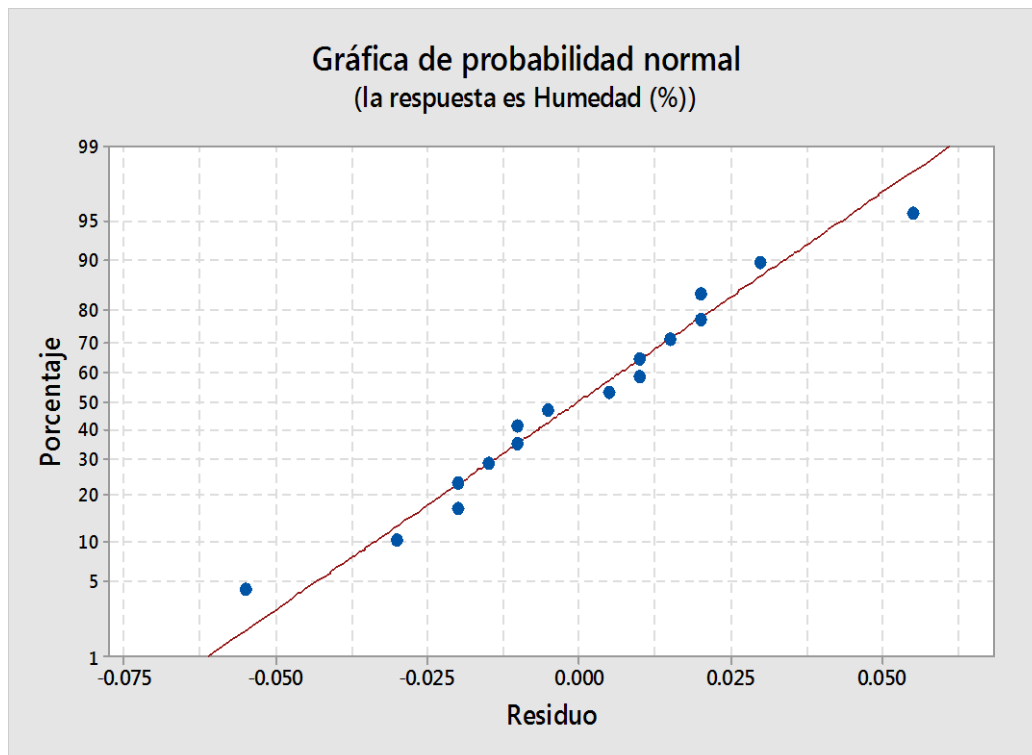


Figura N° 16: Gráfica de los residuos para el contenido de humedad.

De los resultados obtenidos, mientras más cercanos a la línea se encuentren muestran que hay una correlación normal y no hay necesidad de mejoramiento de los parámetros del modelo (Alcázar y Ancheyta, 2007). El análisis de los residuales (Figura N° 16), confirma que la selección de las variables y los parámetros de operación han sido los mejores para este proceso.

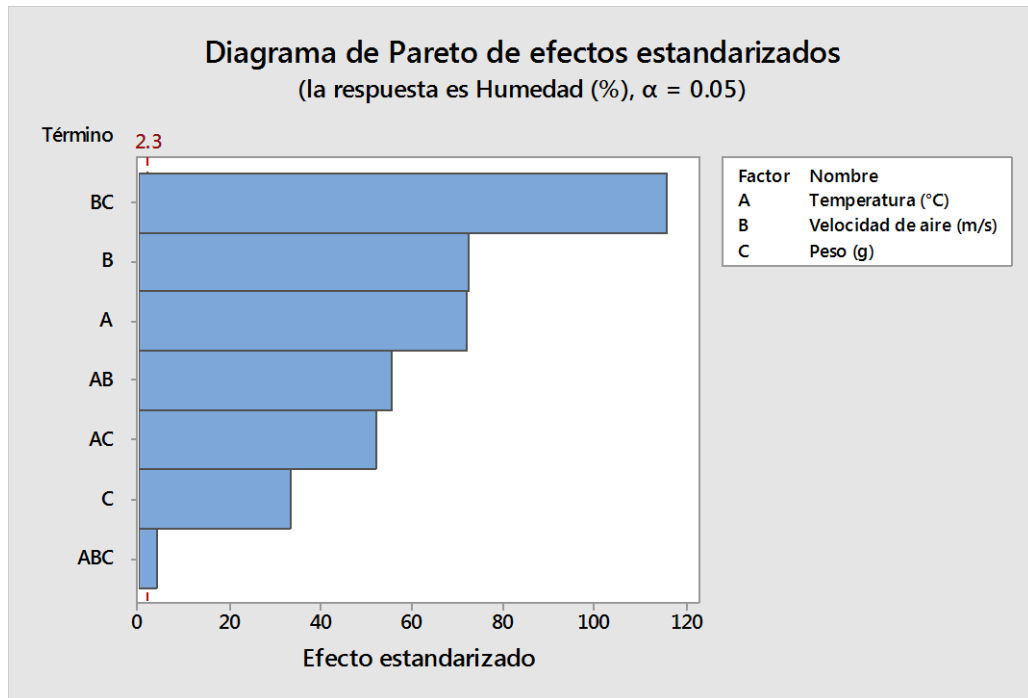


Figura N° 17: Gráfica de la interacción de los factores durante el proceso.

Como se aprecia en la figura N° 17, el valor 2.3 tiene la función de ser la línea que divide al gráfico en dos partes, los efectos situados a su lado izquierdo no son significativos para el proceso y los ubicados al lado derecho si intervienen en el proceso en mayor o menor grado.

Los mejores efectos individuales lo presentan la temperatura (°C) y la velocidad de aire (m/s) y en menor grado el peso de la materia prima (g).

En la interacción de los factores por parejas, la velocidad de aire (m/s) y peso de la materia prima (g) están en primer lugar seguido de la temperatura (°C) y velocidad de aire (m/s) y finalmente la temperatura (°C) con el peso de la materia prima (g), todos estos factores son estadísticamente significativos en el nivel de 0.05 con los términos del modelo.

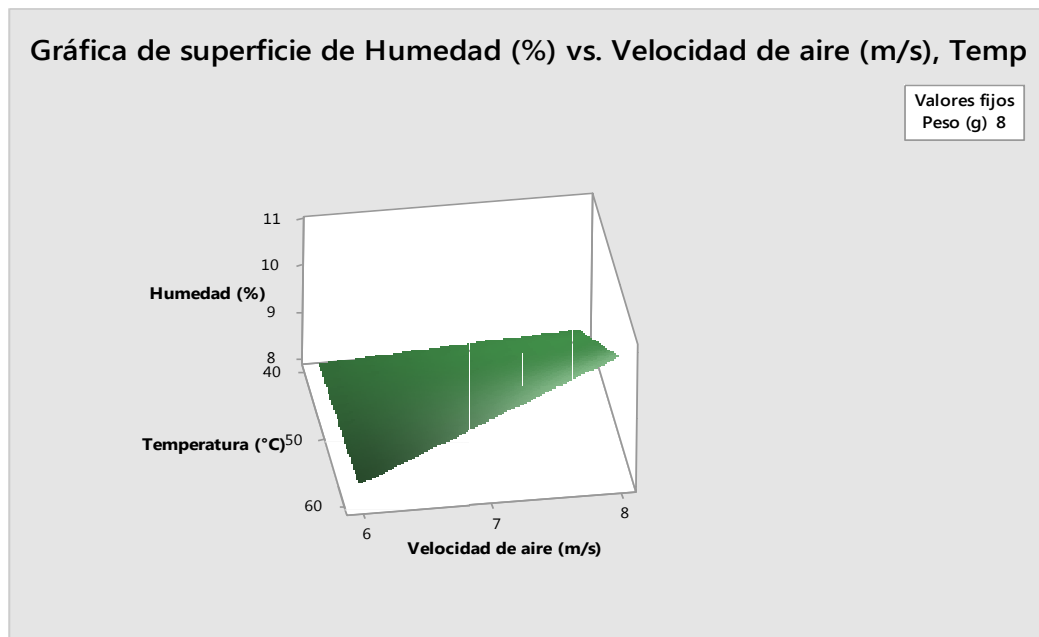


Figura N° 18: Superficie de respuesta para el contenido de humedad final.

La figura N° 18. Nos presenta en forma tridimensional la interacción de dos de los factores del proceso de secado que son la temperatura (°C) con la velocidad de aire (m/s) teniendo como respuesta el contenido de humedad final.

Se puede observar que a la temperatura de 60 °C y una velocidad de aire de 6 m/s se obtiene el menor contenido de humedad con un valor de 6.5 %, mientras que si aumentamos la una velocidad de aire y disminuimos la temperatura a 40 °C el contenido de humedad final aumenta hasta un valor de 8.86 %, finalmente con el arreglo de ambos factores se puede obtener un producto con un contenido de humedad aceptable para su conservación.

Gráfica de contorno de Humedad (%) vs. Velocidad de aire (m/s), Temper

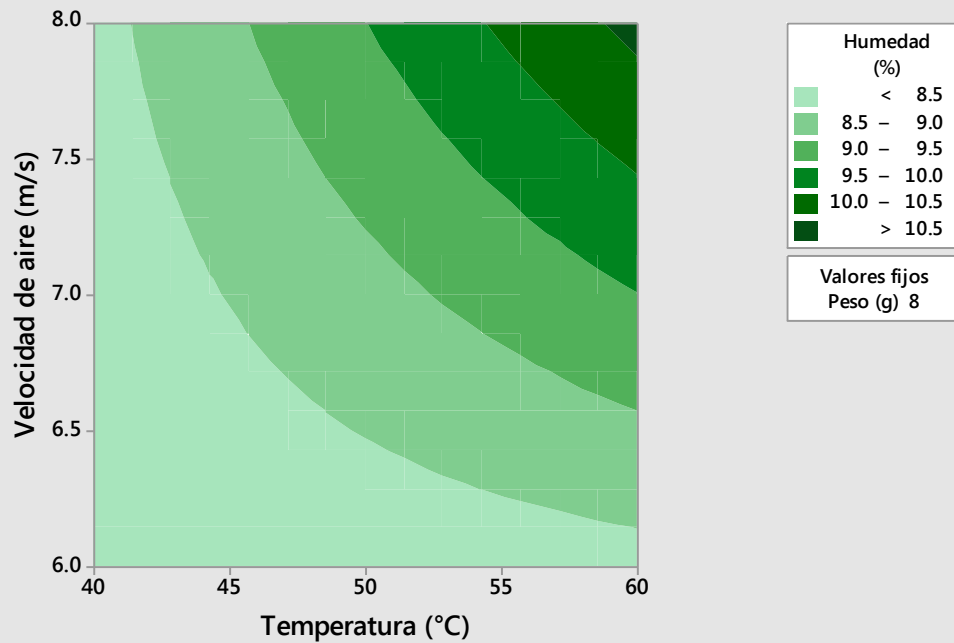


Figura N° 19: Gráfica de contorno para el contenido de humedad final.

En la figura N°19 se aprecia claramente que la temperatura con la velocidad de aire ejerce una influencia muy importante en el proceso.

Esta gráfica de contorno nos indica que la primera región es la zona ideal para para obtener un contenido de humedad final menor al 8.5 %, mostrando que la temperatura de operación de 40 °C a 60 °C conjugadas con velocidades de aire de 6 m/s a 8 m/s son las ideales para el secado del ají.

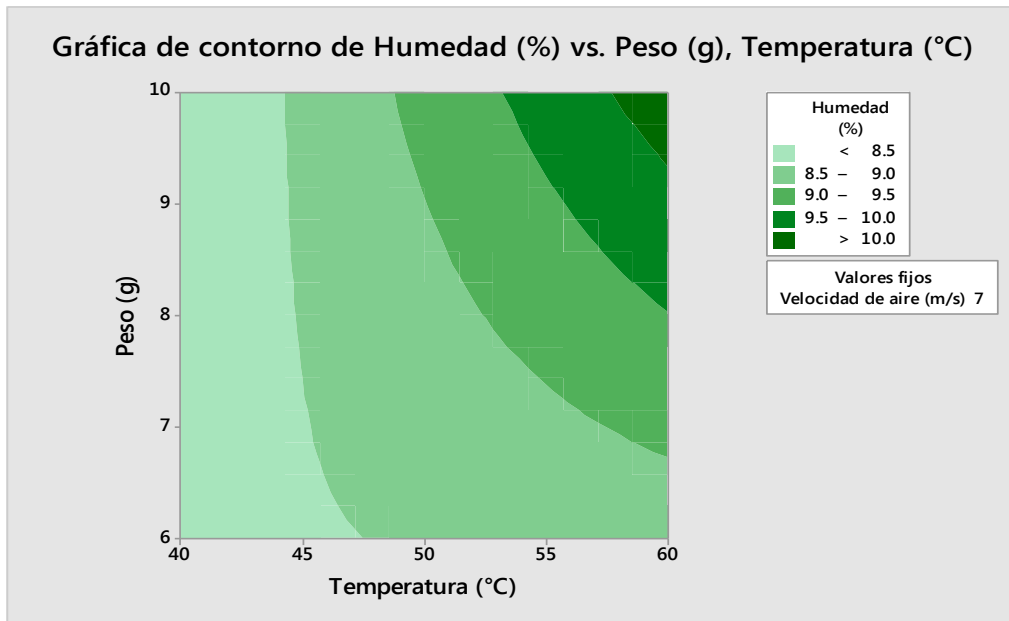


Figura N° 20: Gráfica de contorno del efecto de la temperatura Vs. peso.

La figura N°20, nos muestra que el incremento en la masa de la materia prima de 6 g a 8 g no afecta mucho al contenido de humedad final siempre que se mantenga una velocidad de aire de 7 m/s. Asimismo, la figura también muestra que trabajando a una temperatura de 47.5 °C obtendríamos resultados similares a los reportados a la temperatura de 60 °C, la mayor diferencia sería el tiempo de proceso para secar el ají.

4.3 CINÉTICA DE SECADO

4.3.1 Curvas de humedad obtenidas del proceso de secado por fluidización

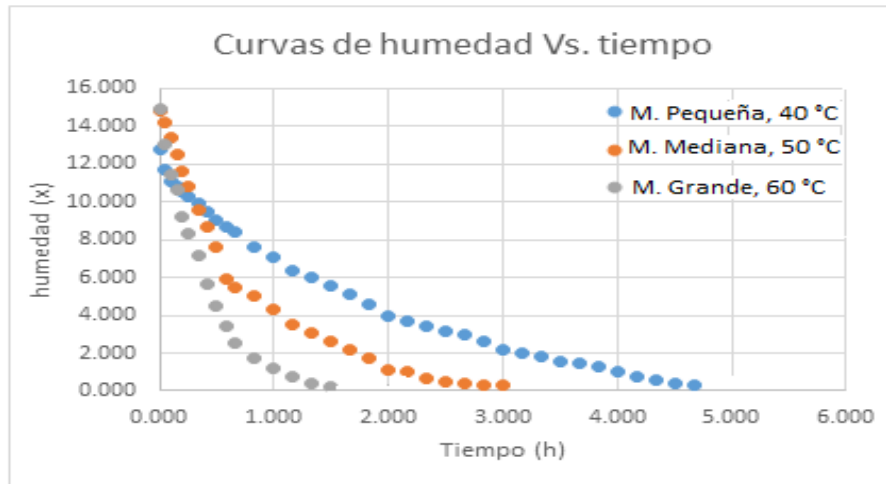


Figura N° 21: Tiempos de secado para las muestras en estudio.

En la figura N° 21, se presenta la velocidad con que la materia prima libera agua al exterior por efecto de la presión de vapor ejercida por el aire caliente, esta etapa puede ser medida y analizada, también muestra que los diferentes tiempos de secado en donde se ve el efecto de la temperatura, siendo la que tiene menor tiempo a 60 °C y 2 h de tiempo, así como la muestra mediana a 50 °C tiene un tiempo de secado de 3.5 h y finalmente a 40 °C dura 5 h. En las curvas generadas por los diferentes tamaños, se comprueban los procesos de secado a velocidad constante, velocidad decreciente y también el contenido de humedad crítica. Donde en las curvas generadas a 50 y 60 °C se aprecian claramente los periodos de secado, mientras que, en la curva generada a 40 °C es más lenta la pérdida de humedad interior debido a que el choque térmico es menor a esta temperatura.

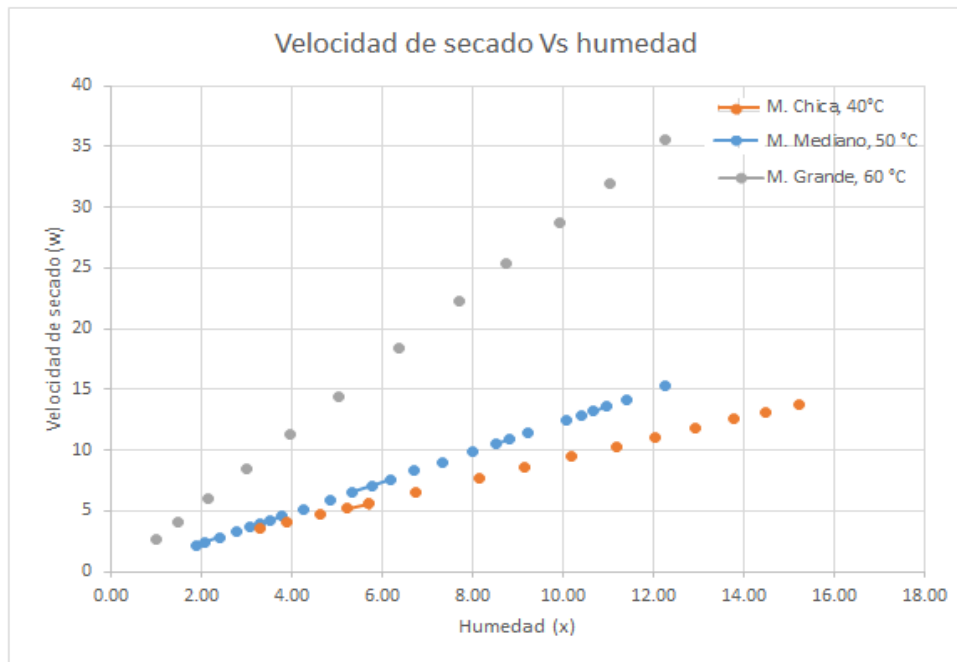


Figura N° 22: Velocidad de secado versus contenido de humedad

En la figura N°22, se muestran los diferentes comportamientos del ají dulce al tiempo que del proceso de secado.

La velocidad de secado es mayor cuanto más alta es la temperatura a la que está expuesta el ají, no presenta la fase de secado a velocidad constante, esto es debido a la estructura misma del ají que en su interior presenta muchas cavidades por donde se elimina el agua de su interior.

Las curvas están en orden ascendente esto es que a mayor temperatura la línea de velocidad de secado es se va haciendo cada vez más vertical a la vez que eleva su valor.

A la temperatura de 40 °C la velocidad de secado tiene un valor de 12.26 kg/m² h, a 50 °C la velocidad de secado tiene un valor de 15.25 kg/m² h y a 60 °C presenta un valor de 35.58 kg/m² h, confirmando que la temperatura es quien gobierna el proceso de secado.

REHIDRATACIÓN DEL AJI DULCE

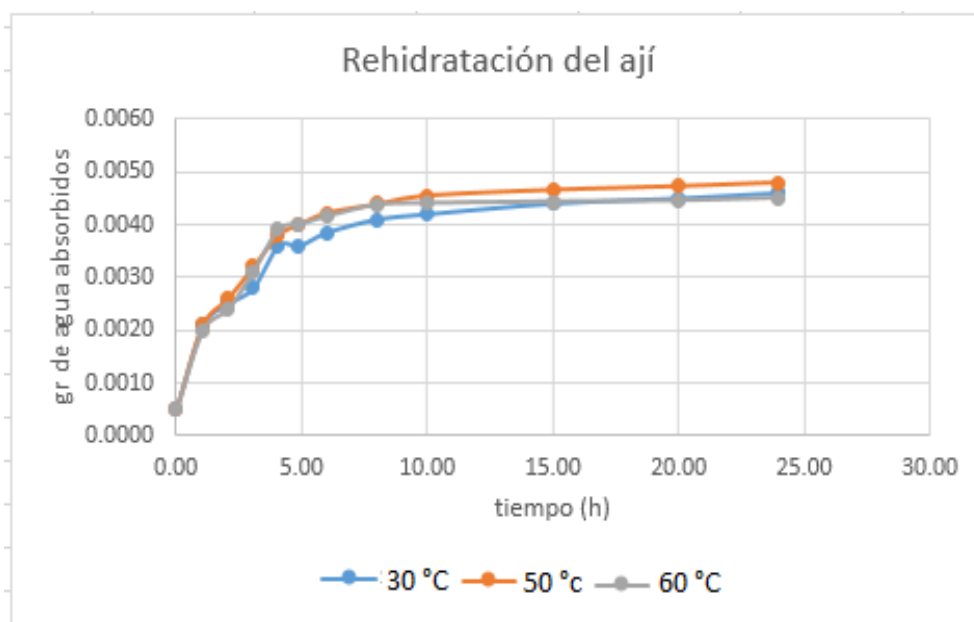


Figura N° 23: Rehidratación del ají dulce a diferentes temperaturas

La figura N° 23, muestra la forma como el ají seco va absorbiendo agua a diferentes temperaturas. El proceso de rehidratación comienza desde el primer momento, como demostró el control realizado cada hora, en la primera fue un incremento de 2.5 g y así sucesivamente, lográndose estabilizar la rehidratación a las 24 horas. Con respecto a la temperatura del agua la mejor calentada a 50 y 60 °C rehidrata mejor que el de 30 °C, la rehidratación va en crecimiento durante las 15 horas para posteriormente estabilizarse al llegar a las 24 horas.

A continuación, se muestra el proceso de rehidratación de las muestras de ají.



Figura N° 24: Ají después del proceso de secado.

La figura N°24 nos muestra como quedo el ají dulce después del proceso de secado en lecho fluidizado, todas las muestras secadas a las temperaturas de 40 °C, 50 °C y 60 °C presentan las mismas características físicas (textura firme y crocante).



Figura N° 25: Ají durante el proceso de rehidratación.

La figura N° 25 muestra las los frascos con agua temperada a 40 °C, 50 °C y 60 °C para el proceso de rehidratación con una duración de 24 h.



Figura N° 26: Ají dulce totalmente rehidratado.

La figura N° 26, nos muestra cómo se rehidrataron las muestras de ají secadas a 40 °C, 50 °C y 60 °C. Se aprecia que mantiene su color característico y adquiere su forma original, en la textura es muy similar al de estado fresco, este efecto lo explica Vega y Fito (2002) citado por González y Espinoza (2008) quienes señalan que cuando el secado excede los 65 °C la pérdida del color es decir de los carotenoides, pigmentos encargados de la coloración se pierden en un 70 %, es decir se obtiene una coloración oscura.

4.5 CÁLCULOS DEL BALANCE ENERGÉTICO PARA LAS MUESTRAS

Tabla N°8: Cálculo energético a diferentes temperaturas para todas las muestras.

	T °C	H _{G1} aire Kcal/kg	H _{G2} aire Kcal/kg	Q _E aire Kcal/h
I	50	19.420	24.404	1164.7
	60	19.420	26.896	1761.238
II	50	19.42	26.896	1271.82
	60	19.42	26.896	1895.00
III	50	19.42	24.404	1348.44
	60	19.42	26.896	1984.18

I = Pequeña

II = Mediana

III = Grande

H_G = Entalpía de gas.

Q_E= Calor entregado

El menor valor del calor entregado (**Q_E aire**) es de 1761. 23 kcal/h para los ajíes de tamaño pequeño a una temperatura de 50 °C y la más alta es para la temperatura de 60 °C para la muestra de tamaño grande con un valor de 1984.18 kcal/h. Las partículas pequeñas necesitan menor gasto energético para ser secadas y lograr el contenido ideal de humedad al contrario las partículas grandes que al tener mayor masa tienen mayor cantidad de agua a evaporar y por consiguiente el requerimiento es mayor.

El valor de (**Q_E aire**) será incrementado conforme se incremente la temperatura de operación.

4.6 BALANCE DE AGUA EN EL SECADOR PARA LAS MUESTRAS DE AJÍ.

Tabla N°9: Balance de agua a las temperaturas de 50 °C, 60 °C para todas las muestras.

	T °C	G kg aire seco/h	Q_E Kcal/h
I	50	4.356	54.281
	60	3.261	60.957
II	50	7.311	91.10
	60	5.436	101.61
III	50	14.934	186.08
	60	11.350	212.141

I = Pequeña

II = Mediana

III = Grande

G = Flujo másico.

Q_E = Calor entregado.

De la última tabla se puede interpretar lo siguiente:

Para el (**Q_E**) para la muestra pequeña es de solo 91.10 kcal/h a una temperatura de 50 °C con un tiempo de secado de 3.45 h, incrementándose después al subir la temperatura 60 °C con un valor de 115.95 kcal/h, el incremento de este valor es debido a al ser mayor la temperatura se tiene que quemar más gas propano para cumplir con las condiciones de operación.

Para las muestras medianas el valor a 50 °C es de 91.10 kcal/h por un tiempo de 3.50h pero este valor se incrementa a 101.61 kcal/h a una temperatura de 60 °C., finalmente las muestras grandes son las que más calor entregan al proceso con un mínimo de 186.08 kcal/h subiendo este valor a 200.35 kcal/h

Estos valores nos indican que conforme se incremente la temperatura también lo hará el (**Q_E**).

4.7 BALANCE DEL COMBUSTIBLE CONSUMIDO (GAS PROPANO)

Tabla N°10: Balance del combustible consumido para chicas, medianas y grandes.

T °C	m_{propano} pequeña (kg)	m_{propano} medianas (kg)	m_{propano} grandes (kg)
50	3.21	3.18	3.12
60	3.61	3.54	3.56

La tabla N°9 nos muestra que el combustible consumido (kg de propano) para las muestras pequeña es de 3.21 kg por todo el tiempo de que dura

el proceso a 50 °C, que es 3.5 h, y se incrementa este consumo a 3.56 kg para la temperatura de 60 °C pero el tiempo de secado que es 2.0 h, disminuyendo el tiempo de operación en 1.30 h. Como también, se puede interpretar que no hay mucha diferencia en los consumos de gas por lo que se podría secar a 50 °C o 60 °C sin mucho perjuicio económico lo que se tendría que evaluar es si la temperatura de 60 °C restaría valor al producto final con la pérdida de una vitamina u otro componente importante.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES

El equipo de fluidización es ideal para secar este tipo de materiales (de gran volumen y poco peso) ya que cuenta con un variador de velocidad de aire que nos brinda el flujo de aire necesario para lograr la fluidización de las muestras y secarlos.

La variable de operación que gobierna el proceso de secado es la temperatura, donde el tiempo de secado a 50 °C fue de 3.5 h con una velocidad de aire de 7.9 m/s y a la temperatura de 60 °C se empleó un tiempo de 2.0 h, siendo la velocidad de secado directamente proporcional a la temperatura.

Las curvas generadas en el análisis de la velocidad de secado están en orden ascendente, esto es que a mayor temperatura la línea de velocidad de secado se torna más y elevando su valor.

El contenido final de humedad va desde 6.5 % hasta 8.86 % para las partículas grandes, indicando que a cualquier temperatura se puede obtener un producto de buena calidad, incrementándose o reduciéndose el tiempo de acuerdo a la temperatura.

No existe diferencia en el consumo de gas propano a temperaturas de 50 °C y 60 °C lo que se tendría que evaluar es si la temperatura de 60 °C restaría valor al producto final con la pérdida de una vitamina u otro componente importante.

En el proceso de rehidratación, con agua calentada fue similar a diferentes temperaturas de 30, 50 y 60 °C, este efecto de la temperatura dura hasta las 15 h tiempo tras el cual las 3 muestras se comienzan a igualar en peso ganado y tienden a la estabilización hacia el final de las 24 h. El proceso experimental de rehidratación nos indica que para el consumo del ají hay que rehidratarlo con anticipación de 15 h aproximadamente.

CAPITULO VI.

RECOMENDACIONES

Se recomienda optimizar el proceso en función de las variables tiempo, temperatura y la velocidad de aire.

Realizar estudios fluidinámicos empleando diversas variedades de ajíes, frutas y tubérculos caracterizándolos y realizándoles análisis de actividad de agua e higroscopicidad para su industrialización posterior.

Evaluar otro tipo de hortalizas amazónicas por este método de secado, para lograr un gran valor agregado de estos de esa manera incentivar el cultivo de este tipo de productos.

BIBLIOGRAFIA

A.O.A.C. INTERNACIONAL. Oficial Methods of Analysis. 16ªEd. 4ª revisión. Washington D.C. 1998.

Abril, J.; Casp, P. Procesos de Conservación de Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1999. Pp 354 – 396.

Alcázar, L.; Ancheyta, J. (2007). Sensitivity analysis based methodology to estimate the best set of parameters for heterogeneous kinetic models. Chemical Engineering Journal, 128; 85–93

Babilonia A, Reátegui J. 1994. El cultivo de hortalizas en la selva baja del Perú. Manual teórico Práctico. 1º Edición. CETA-Iquitos-Perú.

Barbosa, G.; Vega, H. Deshidratación de Alimentos. Editorial Acribia S.A. España. 2000

Bosland, P. W.; Votava E. J. Peppers. Vegetable and Spice Capsicums, 2nd Ed. CABI: Cambridge, UK. 2012

Carranza, J.L. 2014. “Estudio fluido dinámico del ají charapita (*Capsicum frutescens*)” Universidad Nacional de Ingeniería –UNI. Lima-Perú.

Carvajal, L. I. 2008. Estudio experimental del secado de maíz precocido en un lecho fluidizado con aire operado en condiciones de vacío. Tesis Licenciatura. Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Industrial y Mecánica, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla. México.2008

Colina, M.L. Deshidratación de Alimentos. 1ra Ed. Editorial Trillas. México. 2010. Pp 39,139, 165.

Delgado Arévalo Karina; Ríos Mera Juan Darío, Secado en Polvo de *CapsicumFrutescens* (Ají Charapita) Mediante las Técnicas de Lecho Fluidizado, en Bandeja y Liofilizado. Tesis de título. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) (2014)

Ergun S. “Fluid flow throupaked columns” Chem. Eng. Prog. 48, 89, 1952.

FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Rome, 2002.

FAO, The state of food and agriculture, C89/2, Rome, Italy, August 1989.

Geankoplis, C. 1998 “Procesos de Transporte y Operaciones unitarias” III Edición. Edit. Continental. México. 759 pág.

Geldart, D. Powder Technol., pp. 7,285, 1973.

Gonzales. M. M Y P. W. Bosland, 1991.

González, A.; Espinoza, A.; Cañizares, A.E.; Méndez, J.R. Obtención de un polvo de ají dulce (*Capsicumchinense*) producido mediante deshidratación por aire forzado. Programa de Tecnología de Alimentos. Escuela de Zootecnia. Universidad de Oriente. Maturín. Venezuela. En: Revista Científica UDO Agrícola 8(1):118-126.2008.

Guarneros, G 2005. Mejoras en la operación de un sistema de secado en lecho fluidizado al vacío con vapor sobrecalentado. Experimentación con pimienta en grano. Tesis. Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México

Heldman, D.R.; Singh, R.P. Food dehydration. En: Food Process Engineering. 2nd Ed. AVI Publishing. New York – USA. 1981

Howard J.R. Fluidized bed technology principles and applications, Ed. Adam Hilger, Gran Bretaña, 1989. pp.50, 51.

Karel, M. Dehydration of Foods. En: Principles of FoodScience. Part II. PhysicalPrinciples of FoodPreservation. Editado por M. Karel, O.R. Fennema y D.B. Lund. Marcel Dekker, New York – USA. 1975.

Martinez, J. Análisis experimental del secado de semilla de pimienta grande ($d_p=7.55$ mm) en un lecho fluidizado al vacío empleando aire. Tesis. Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México. 2008

Masters, K. Importance of proper design of the air distributor plate in a fluidized bed system. AIChE Symp. Series 297.89: 118 – 126. Pp. 1993.

Peter Steele, Oficial superior del Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria de la FAO, Roma. Italia. 2004.

Romero, L. 2006. Estudio experimental del secado de semillas de cilantro en un lecho fluidizado al vacío utilizando aire. Tesis de licenciatura. Universidad de las Américas Puebla, México.

Sven, W. M.; Dieter W. R.; Maarten J.; Ríos, Ll.; Peña, K; Ugas, R; Quiñonez L.; Mueller-Seitz, E.; Petz, M. Compositional Characterization of Native Peruvian Chili Peppers (*Capsicum spp.*). Department of Food Chemistry, University of Wuppertal.

Wuppertal – Germany. J. Agric. FoodChem. 2013. 61, Pp. 2530–2537

Valcárcel González José Raúl, Obtención de los Parámetros del Secado de la Cáscara Del Camu-Camu (*MyrciariaDubia*) en un Lecho Fluidizado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). (2012).

Vega, A; P. Fito. Influencia de la temperatura de secado en la cinética de secado por aire caliente de pimiento (*Capsicum annum L*). Departamento de tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España. 2002.

Villachica, H. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima – Perú. 1996.

ANEXOS

ANEXO I
PREPARACIÓN Y DESHIDRATACIÓN DEL AJÍ DULCE EN EL LECHO FLUIDIZADO



Materia prima



Lavado del ají dulce



Cortado y separación del ápice y semillas



Secado en lecho fluidizado



Ají deshidratado

BALANCE DE MATERIA DEL AJÍ DULCE

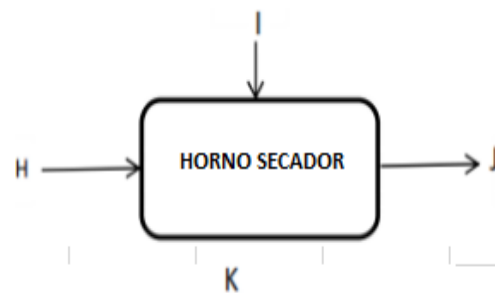
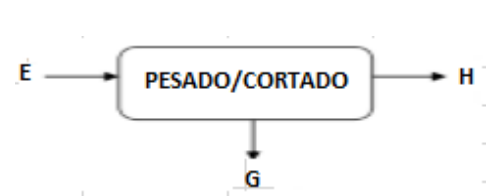
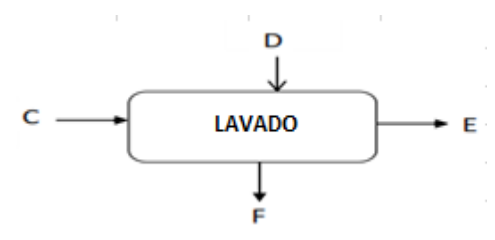
SELECCIÓN/CLASIFICACIÓN			
A	Materia prima que ingresa	1000	g
B	Perdidas en operación (1%)	10	g
C	Materia a usar	990	g

LAVADO			
C	Materia a usar	990.00	g
D	Agua de lavado (1/1)	990.00	ml
E	Impurezas (0%)	0.00	g
F	Materia lavada	990.00	g

PESADO/CORTADO/RETIRAR SEMILLAS			
E	Materia lavada	990.00	g
G	Semillas + pedunculo (11.5%)	113.85	g
H	Peso final del ají dulce	876.15	g

SECADO EN HORNO LECHO FLUIDIZADO			
H	Ají dulce ingresante al secador	876.15	g
I	Temperatura 40 °C	5.50	h
	Temperatura 50 °C	3.50	h
	Temperatura 60 °C	2.00	h
J	Ají deshidratado 40 °C	82.83	g
	Ají deshidratado 50 °C	67.12	g
	Ají deshidratado 60 °C	60.77	g

HUMEDAD FINAL			
K	Temperatura 40 °C	8.86	%
L	Temperatura 50 °C	7.18	%
M	Temperatura 60 °C	6.50	%



ANEXO II

PRUEBAS EXPERIMENTALES POR TAMAÑO DE PARTÍCULA

A II.1 Experimentos fluidinámicos para una las partículas pequeñas.

Se realizan los cálculos necesarios para tener una buena fluidización teniendo en cuenta las características físicas de la partícula.

A II.1.1 Cálculo de la densidad de la partícula (ρ_p)

Para el cálculo de la densidad de la partícula se tomó la muestra pequeña.

Muestra	M (gr)	V (ml)	ρ (gr/ml)	ρ (kg/m ³)
1	10	10	1	1000

$$\rho_p = \frac{\text{masa partícula (gr)}}{\text{volumen desplazado (ml)}}$$

$$\rho_p = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A II.1.2 Cálculo de la esfericidad de la partícula (Φ_p)

Calculo de la Esfericidad de las partículas (Φ_p).

	a	b	c
PROMEDIOS	36	18	2.5
Esfericidad promedio Φ	0.30		

$$\phi = \left(\frac{bc}{a^2} \right)^{1/3} \quad \phi = \left(\frac{(18)(2.5)}{(36)^2} \right)^{1/3}$$

$$\phi = 0.30$$

A II.1.3 Cálculo del diámetro de la partícula (d_p)

	a (mm)	b (mm)	c (mm)
Promedios	36	18	2.5
d_p	18.33		

$$d_p = \frac{36 + 18 + 2.5}{3}$$
$$d_p = 18.33 \text{ m m}$$

A II.1.4 Cálculo del volumen del lecho (V_l)

Aquí se considera el valor del diámetro del lecho y la altura del lecho al ser fluidizadas, en este caso la altura es de 30 cm.

$$V_l = \frac{\pi D^2}{4} x L$$
$$V_l = 2.356 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

A II.1.5 Cálculo de la densidad del lecho (ρ_l)

Se toma el valor de la masa de ají dulce que está dentro del cilindro y la que ocupa que es de 8 cm.

$$\rho_l = \frac{0.207 \text{ kg}}{2.356 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$$
$$\rho_l = 87.853 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A II.1.6 Cálculo de la porosidad del lecho fluidizado (ε)

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{\text{lecho}}}{\rho_{\text{particula}}}$$
$$\varepsilon = 1 - \frac{87.853}{1000}$$
$$\varepsilon = 0.912$$

A II.1.7 Determinación de la densidad del aire

Para ello el aire se comporta como un gas ideal primero se hará el cálculo para 50 °C = 323 K donde: P es la presión atmosférica, M es el peso molecular del aire, R la constante de los gases y T la temperatura del aire.

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{P \times M}{R \times T}$$

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{1 \times 29}{0.082 \times 323}$$

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{29}{26.486}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.094 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Siguiendo este proceso calculamos para 60 °C = 333 K

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{1 \times 29}{0.082 \times 333}$$

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{29}{27.306}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.062 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A II.1.8 Cálculo de la porosidad mínima de fluidización del lecho

Para el cálculo debemos considerar la altura del lecho antes de ser fluidizada, en nuestro experimento la altura es de 8 cm.

$$V_l = \frac{\pi}{4} d^2 L$$

$$V_l = \frac{3.1416}{4} \times (10 \text{ cm})^2 \times 8 \text{ cm}$$

$$V_l = 6.283 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho_l = \frac{\text{masa}_{\text{particula}}}{V_l}$$

$$\rho_l = \frac{0.206 \text{ kg}}{6.283 \times 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$\rho_l = 329.460 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\varepsilon_{mf} = 1 - \frac{\rho_{lecho}}{\rho_{particula}}$$

$$\varepsilon_{mf} = 1 - \frac{329.460 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$\varepsilon_{mf} = 0.671$$

A II.1.9 Cálculo de la velocidad mínima de fluidización

Calculo para una temperatura de 50 °C.

$$U_{mf} = 0.75 \sqrt{\left[\left(\frac{\rho_{particula} - \rho_{aire}}{\rho_{aire}} \right) \right]} \cdot g \cdot \varepsilon_{mf} \cdot d_p$$

$$U_{mf} = 0.75 \sqrt{\left[\left(\frac{1000 - 1.094}{1.094} \right) \right]} \cdot (9.81) \cdot (0.671) \cdot (0.0187)$$

$$U_{mf} = 7.94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Calculo para una temperatura de 60 °C.

$$U_{mf} = 0.75 \sqrt{\left[\left(\frac{\rho_{particula} - \rho_{aire}}{\rho_{aire}} \right) \right]} \cdot g \cdot \varepsilon_{mf} \cdot d_p$$

$$U_{mf} = 0.75 \sqrt{\left[\left(\frac{1000 - 1.062}{1.062} \right) \right]} \cdot (9.81) \cdot (0.671) \cdot (0.0187)$$

$$U_{mf} = 8.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Los cálculos para las siguientes muestras de tamaño mediano y grande se hicieron siguiendo el modelo desarrollado para la muestra pequeña.

ANEXO III

BALANCE ENERGÉTICO DEL PROCESO

A III.1 Balance de energía

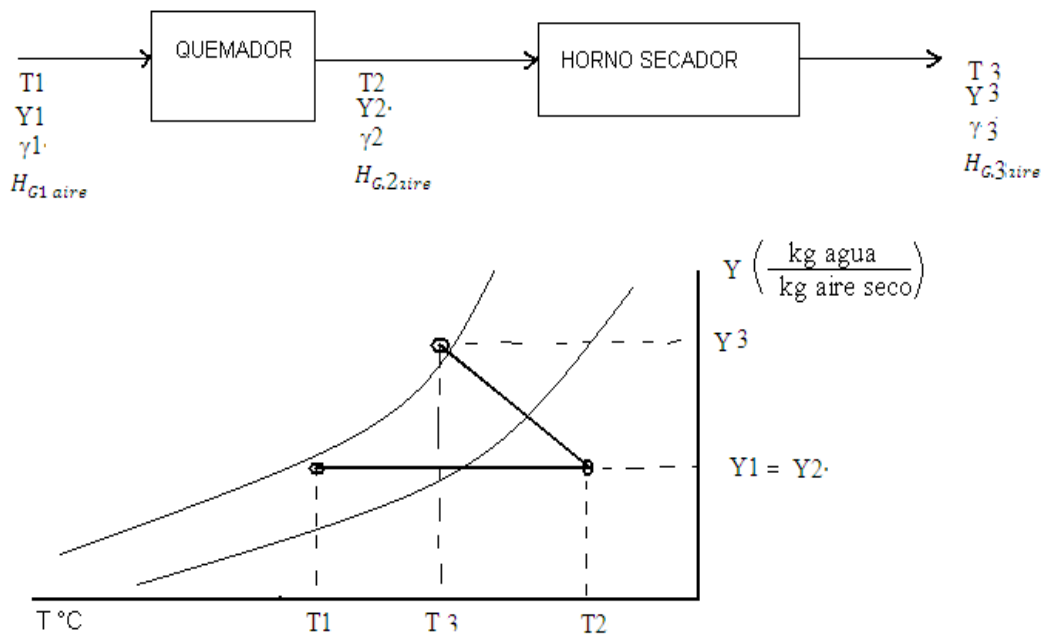


Figura N° A 2.1: Ubicación de 2 puntos en la carta psicrométrica.

A III.1.1 DATOS: Para el proceso de secado llevado a cabo a $50\text{ }^\circ\text{C}$, con muestras pequeñas.

$$T_1 = 30\text{ }^\circ\text{C} \quad H_{r1} = 72\% \quad Y_1 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T_2 = 50\text{ }^\circ\text{C} \quad H_{r2} = 27\% \quad Y_2 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T_3 = 35\text{ }^\circ\text{C} \quad H_{r3} = 80\% \quad Y_3 = 0.0275 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$H_{G1\text{aire}} = (0.24 + 0.46 Y_1)T_1 + 597.2 Y_1$$

$$H_{G1\text{aire}} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]30 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G1\text{aire}} = 7.4622 + 11.944$$

$$H_{G1\text{aire}} = 19.42 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$H_{G2\text{aire}} = (0.24 + 0.46 Y_2)T_2 + 597.2 Y_2$$

$$H_{G2aire} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]50 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G2aire} = 12.46 + 11.94$$

$$H_{G2aire} = 24.404 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.1.2 Cálculo del calor entregado al aire

$$\rho_{aire} = \frac{P \times M}{R \times T}$$

$$\rho_{aire} = \frac{(1 \text{ atm}) \times 29 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol k}} \times 323 \text{ k}}$$

$$\rho_{aire} = 1.0949 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_{aire} = V_{aire} \times A \times \rho_{aire}$$

$$G_{aire} = \left[\left(7.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \right) \right] \times (0.0078 \text{ m}^2) \times \left(1.0949 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$G_{aire} = 233.682 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{EG} = G_{aire} (H_2 - H_1)$$

$$Q_{EG} = 233.682 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times (24.404 - 19.42) \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$Q_{EG} = 1164.7 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.2 DATOS: Para el proceso de secado llevado a cabo a 60 °C, con muestras pequeñas.

$$T1 = 30 \text{ °C} \quad Hr1 = 75 \%$$

$$Y1 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T2 = 60 \text{ °C} \quad Hr2 = 17 \%$$

$$Y2 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T3 = 37 \text{ °C} \quad Hr3 = 80 \%$$

$$Y3 = 0.03 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$H_{G1aire} = (0.24 + 0.46 Y1)T1 + 597.2 Y1$$

$$H_{G1aire} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]30 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G1aire} = 7.476 + 11.944$$

$$H_{G1aire} = 19.42 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$H_{G2aire} = (0.24 + 0.46 Y2)T2 + 597.2 Y2$$

$$H_{G2aire} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]60 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G2aire} = 14.9244 + 11.3468$$

$$H_{G2aire} = 26.896 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.2.1 Cálculo del calor entregado al aire

$$\rho_{aire} = \frac{P \times M}{R \times T}$$

$$\rho_{aire} = \frac{(1 \text{ atm}) \times 29 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol k}} \times 333 \text{ k}}$$

$$\rho_{aire} = 1.062 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_{aire} = V_{aire} \times A \times \rho_{aire}$$

$$G_{aire} = \left[\left(7.9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \right) \right] \times (0.0078 \text{ m}^2) \times \left(1.062 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$G_{aire} = 235.586 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{EG} = G_{aire} (H_2 - H_1)$$

$$Q_{EG} = 235.586 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times (26.896 - 19.42) \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$Q_{EG} = 1761.238 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.4 DATOS: Para el proceso de secado llevado a cabo a 50 °C, con muestras medianas.

$$T1 = 30 \text{ °C} \quad Hr1 = 75 \% \quad Y1 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T2 = 50 \text{ °C} \quad Hr2 = 27 \% \quad Y2 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T3 = 35 \text{ °C} \quad Hr3 = 80 \% \quad Y3 = 0.0275 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$H_{G1aire} = (0.24 + 0.46 Y1)T1 + 597.2 Y1$$

$$H_{G1aire} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]30 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G1aire} = 7.476 + 11.944$$

$$H_{G1aire} = 19.42 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$H_{G2aire} = (0.24 + 0.46 Y2)T2 + 597.2 Y2$$

$$H_{G2aire} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]50 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G2aire} = 12.46 + 11.944$$

$$H_{G2aire} = 24.404 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.4.1 Cálculo del calor entregado al aire

$$\rho_{aire} = \frac{P \times M}{R \times T}$$

$$\rho_{aire} = \frac{(1 \text{ atm}) \times 29 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol k}} \times 323 \text{ k}}$$

$$\rho_{aire} = 1.0949 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_{aire} = V_{aire} \times A \times \rho_{aire}$$

$$G_{aire} = \left[\left(8.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \right) \right] \times (0.0078 \text{ m}^2) \times \left(1.0949 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$G_{\text{aire}} = 255.182 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{EG} = G_{\text{aire}} (H_2 - H_1)$$

$$Q_{EG} = 255.182 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times (24.404 - 19.42) \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$Q_{EG} = 1271.826 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.5 DATOS: Para el proceso de secado llevado a cabo a 60 °C, con muestras medianas.

$$T_1 = 30 \text{ °C} \quad H_{r1} = 75 \% \quad Y_1 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T_2 = 60 \text{ °C} \quad H_{r2} = 17 \% \quad Y_2 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T_3 = 37 \text{ °C} \quad H_{r3} = 80 \% \quad Y_3 = 0.03 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$H_{G1\text{aire}} = (0.24 + 0.46 Y_1)T_1 + 597.2 Y_1$$

$$H_{G1\text{aire}} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]30 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G1\text{aire}} = 7.476 + 11.944$$

$$H_{G1\text{aire}} = 19.42 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$H_{G2\text{aire}} = (0.24 + 0.46 Y_2)T_2 + 597.2 Y_2$$

$$H_{G2\text{aire}} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]60 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G2\text{aire}} = 14.952 + 11.944$$

$$H_{G2\text{aire}} = 26.896 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.5.1 Cálculo del calor entregado al aire

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{P \times M}{R \times T}$$

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{(1 \text{ atm}) \times 29 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol} \cdot \text{k}} \times 333 \text{ k}}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.062 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_{\text{aire}} = V_{\text{aire}} \times A \times \rho_{\text{aire}}$$

$$G_{\text{aire}} = \left[\left(8.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \right) \right] \times (0.0078 \text{ m}^2) \times \left(1.062 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$G_{\text{aire}} = 253.478 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{EG} = G_{\text{aire}} (H_2 - H_1)$$

$$Q_{EG} = 253.478 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times (26.896 - 19.42) \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$Q_{EG} = 1895.00 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.7 DATOS: Para el proceso de secado llevado a cabo a 50 °C, con muestras grandes.

$$T1 = 30 \text{ °C} \quad Hr1 = 75 \% \quad Y1 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T2 = 50 \text{ °C} \quad Hr2 = 27 \% \quad Y2 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T3 = 35 \text{ °C} \quad Hr3 = 80 \% \quad Y3 = 0.0276 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$H_{G1\text{aire}} = (0.24 + 0.46 Y1)T1 + 597.2 Y1$$

$$H_{G1\text{aire}} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]30 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G1\text{aire}} = 7.476 + 11.944$$

$$H_{G1\text{aire}} = 19.42 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$H_{G2\text{aire}} = (0.24 + 0.46 Y2)T2 + 597.2 Y2$$

$$H_{G2\text{aire}} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]50 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G2\text{aire}} = 12.46 + 11.944$$

$$H_{G2aire} = 24.404 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.7.1 Cálculo del calor entregado al aire

$$\rho_{aire} = \frac{P \times M}{R \times T}$$

$$\rho_{aire} = \frac{(1 \text{ atm}) \times 29 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol k}} \times 323 \text{ k}}$$

$$\rho_{aire} = 1.0949 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_{aire} = V_{aire} \times A \times \rho_{aire}$$

$$G_{aire} = \left[\left(8.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \right) \right] \times (0.0078 \text{ m}^2) \times \left(1.0949 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$G_{aire} = 270.554 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{EG} = G_{aire} (H_2 - H_1)$$

$$Q_{EG} = 270.554 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times (24.404 - 19.42) \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$Q_{EG} = 1348.442 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.8 DATOS: Para el proceso de secado llevado a cabo a 60 °C, con muestras grandes.

$$T1 = 30 \text{ °C} \quad Hr1 = 75 \% \quad Y1 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T2 = 60 \text{ °C} \quad Hr2 = 17 \% \quad Y2 = 0.02 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$T3 = 37 \text{ °C} \quad Hr3 = 80 \% \quad Y3 = 0.03 \text{ kg agua/ kg aire seco}$$

$$H_{G1aire} = (0.24 + 0.46 Y1)T1 + 597.2 Y1$$

$$H_{G1aire} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]30 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G1aire} = 7.476 + 11.944$$

$$H_{G1aire} = 19.42 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$H_{G2aire} = (0.24 + 0.46 Y_2)T_2 + 597.2 Y_2$$

$$H_{G2aire} = [(0.24) + 0.46 \cdot (0.02)]60 + (597.2) \cdot (0.02)$$

$$H_{G2aire} = 14.952 + 11.944$$

$$H_{G2aire} = 26.896 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.8.1 Cálculo del calor entregado al aire

$$\rho_{aire} = \frac{P \times M}{R \times T}$$

$$\rho_{aire} = \frac{(1 \text{ atm}) \times 29 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol k}} \times 333 \text{ k}}$$

$$\rho_{aire} = 1.062 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_{aire} = V_{aire} \times A \times \rho_{aire}$$

$$G_{aire} = \left[\left(8.9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \right) \right] \times (0.0078 \text{ m}^2) \times \left(1.062 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$G_{aire} = 265.407 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{EG} = G_{aire} (H_2 - H_1)$$

$$Q_{EG} = 265.407 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times (26.896 - 19.42) \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

$$Q_{EG} = 1984.18 \frac{\text{kcal}}{\text{kg aire seco}}$$

A III.9 Balance de agua en el secador

A III.9.1 Balance para las muestras pequeñas a una temperatura de 50 °C.

$$(x_0 - x_f) \cdot s = (Y_{2-3} - Y_2) \cdot G \cdot t_{operc}$$

$$(15.15 - 0.07) \cdot (0.013) = (0.0275 - 0.012) \cdot G \cdot (6)$$

$$G = \frac{(15.15 - 0.102) \cdot (0.013)}{(0.0275 - 0.02) \cdot (6)}$$

$$G = 4.356 \frac{\text{kg aire seco}}{\text{hr}}$$

A III.9.1.1 Cálculo del calor entregado

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + 0.6 Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = 2.5(G) \cdot (H_{G2aire} - H_{G1aire})$$

$$Q_{entregado} = 2.5(4.356) \cdot (24.404 - 19.42)$$

$$Q_{entregado} = 54.281 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

A III.9.1.2 Cálculo de la masa del combustible consumido

$$m_{propano} = \frac{(Q_{entregado}) \cdot (t_{operación})}{\tau_{propano}}$$

$$m_{propano} = \frac{\left(54.281 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}\right) \cdot (6 \text{ hr})}{101.264 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}}$$

$$m_{propano} = 3.216 \text{ kg}$$

A III.9.1.3 Balance para las muestras pequeñas a una temperatura de 60

°C.

$$\left(x_0 - x_f\right) \cdot s = \left(Y_{2-3} - Y_2\right) \cdot G \cdot t_{operc}$$

$$(15.13 - 0.077) \cdot (0.013) = (0.03 - 0.02) \cdot G \cdot (6)$$

$$G = \frac{(15.13 - 0.077) \cdot (0.013)}{(0.03 - 0.02) \cdot (6)}$$

$$G = 3.261 \frac{\text{kg aire sec o}}{\text{hr}}$$

A III.9.1.4 Cálculo del calor entregado

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + 0.6 Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = 2.5(G) \cdot (H_{G2aire} - H_{G1aire})$$

$$Q_{entregado} = 2.5(3.261) \cdot (26.896 - 19.42)$$

$$Q_{entregado} = 60.957 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

A III.9.1.5 Calculo de la masa del combustible consumido

$$m_{propano} = \frac{\left(Q_{entregado}\right) \cdot \left(t_{operación}\right)}{\tau_{propano}}$$

$$m_{propano} = \frac{\left(60.957 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}\right) \cdot (6 \text{ hr})}{101.264 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}}$$

$$m_{propano} = 3.611 \text{ kg}$$

A III.9.2 Balance de agua para las muestras medianas a una temperatura de 50 °C

$$(x_0 - x_f) \cdot s = (Y_{2-3} - Y_2) \cdot G \cdot t_{operc}$$

$$(13.78 - 0.071) \cdot (0.014) = (0.0275 - 0.02) \cdot G \cdot (3.5)$$

$$G = \frac{(13.78 - 0.071) \cdot (0.014)}{(0.0275 - 0.02) \cdot (3.5)}$$

$$G = 7.311 \frac{kg \text{ aire } sec}{hr}$$

A III.9.2.1 Cálculo del calor entregado

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + 0.6 Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = 2.5(G) \cdot (H_{G2aire} - H_{G1aire})$$

$$Q_{entregado} = 2.5 (7.311) \cdot (24.404 - 19.42)$$

$$Q_{entregado} = 91.100 \frac{kcal}{hr}$$

A III.9.2.2 Cálculo de la masa del combustible consumido

$$m_{propano} = \frac{(Q_{entregado}) \cdot (t_{operación})}{\tau_{propano}}$$

$$m_{propano} = \frac{\left(91.100 \frac{kcal}{hr}\right) \cdot (3.5 hr)}{101.264 \frac{kcal}{hr}}$$

$$m_{propano} = 3.148 kg$$

A III.9.2.3 Balance de agua para las muestras medianas a una temperatura de 60 °C

$$(x_0 - x_f) \cdot s = (Y_{2-3} - Y_2) \cdot G \cdot t_{operc}$$

$$(13.78 - 0.071) \cdot (0.014) = (0.03 - 0.02) \cdot G \cdot (3.53)$$

$$G = \frac{(13.78 - 0.071) \cdot (0.014)}{(0.03 - 0.02) \cdot (3.53)}$$

$$G = 5.436 \frac{\text{kg aire seco}}{\text{hr}}$$

A III.9.2.4 Cálculo del calor entregado

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + 0.6 Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = 2.5(G) \cdot (H_{G2aire} - H_{G1aire})$$

$$Q_{entregado} = 2.5(5.436) \cdot (26.896 - 19.42)$$

$$Q_{entregado} = 101.61 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

A III.10.2.5 Cálculo de la masa del combustible consumido

$$m_{propano} = \frac{(Q_{entregado}) \cdot (t_{operación})}{\tau_{propano}}$$

$$m_{propano} = \frac{\left(101.61 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}\right) \cdot (3.53 \text{ hr})}{101.264 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}}$$

$$m_{propano} = 3.54 \text{ kg}$$

A III.10.3 Balance de agua para la muestra de 4 mm a una temperatura de funcionamiento de 50 °C

$$(x_0 - x_f) \cdot s = (Y_{2-3} - Y_2) \cdot G \cdot t_{operc}$$

$$(14.92 - 0.077) \cdot (0.013) = (0.0276 - 0.02) \cdot G \cdot (1.7)$$

$$G = \frac{(14.92 - 0.077) \cdot (0.013)}{(0.0276 - 0.02) \cdot (1.7)}$$

$$G = 14.934 \frac{\text{kg aire seco}}{\text{hr}}$$

A III.10.3.1 Cálculo del calor entregado

$$Q_{\text{entregado}} = G(H_{G2\text{aire}} - H_{G1\text{aire}}) + Q_{\text{perdido}}$$

$$Q_{\text{entregado}} = G(H_{G2\text{aire}} - H_{G1\text{aire}}) + 0.6 Q_{\text{perdido}}$$

$$Q_{\text{entregado}} = 2.5 (G) \cdot (H_{G2\text{aire}} - H_{G1\text{aire}})$$

$$Q_{\text{entregado}} = 2.5 (14.934) \cdot (24.404 - 19.42)$$

$$Q_{\text{entregado}} = 186.08 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

A III.10.3.2 Cálculo de la masa del combustible consumido

$$m_{\text{propano}} = \frac{(Q_{\text{entregado}}) \cdot (t_{\text{operación}})}{\tau_{\text{propano}}}$$

$$m_{\text{propano}} = \frac{\left(186.08 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}\right) \cdot (17 \text{ hr})}{101.264 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}}$$

$$m_{\text{propano}} = 3.12 \text{ kg}$$

A III.10.3.3 Balance de agua para la muestra grande a una temperatura de

60 °C.

$$(x_0 - x_f) \cdot s = (Y_{2-3} - Y_2) \cdot G \cdot t_{\text{operc}}$$

$$(14.92 - 0.077) \cdot (0.013) = (0.03 - 0.02) \cdot G \cdot (1.7)$$

$$G = \frac{(14.92 - 0.077) \cdot (0.013)}{(0.03 - 0.02) \cdot (1.7)}$$

$$G = 11.350 \frac{\text{kg aire seco}}{\text{hr}}$$

A III.10.3.4 Cálculo del calor entregado

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = G(H_{G2aire} - H_{G1aire}) + 0.6 Q_{perdido}$$

$$Q_{entregado} = 2.5 (G) \cdot (H_{G2aire} - H_{G1aire})$$

$$Q_{entregado} = 2.5 (11.350) \cdot (26.896 - 19.42)$$

$$Q_{entregado} = 212.141 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

A III.10.3.5 Cálculo de la masa del combustible consumido

$$m_{propano} = \frac{(Q_{entregado}) \cdot (t_{operación})}{\tau_{propano}}$$

$$m_{propano} = \frac{\left(212.141 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}\right) \cdot (1.7 \text{ hr})}{101.264 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}}$$

$$m_{propano} = 3.561 \text{ kg}$$

ANALISIS MICROBIOLÓGICO



UNAP

**Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto**
Centro de Prestación de Servicio en Control de
Calidad de Alimentos.
"CEPRESE COCAL"

Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos INFORME DE ENSAYO N° 001-2017

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre	ROXANA EDITH ESQUIVEL PAREDES
Dirección	--
Telefax	--

II. DATOS DEL SERVICIO

N° de solicitud de servicio	1/2017
Fecha de solicitud de servicio	12/04/17
Servicio solicitado	Análisis Físico Químico

III. DATOS DEL PRODUCTO

Nombre del producto	<i>Aji dulce deshidratado a (T. 60°C)</i>
Numero de muestra	UNO (01)
Tamaño de muestra	200 Gr.
Muestra	Traída por el cliente
Código	"V "
Tamaño del lote	--
Forma de presentación	Envasado en bolsa de polietileno
Fecha de producción	--
Fecha de vencimiento	--

IV. RESULTADOS DEL ENSAYO

ENSAYO FISICO QUIMICO	RESULTADOS %
Humedad	6.50
Ceniza	5.19
Grasa	0.71
Proteína	7.00
Carbohidratos	80.60
Calorías	356.79 kcal



Dirección: calle Freyre N° 610, Iquitos, Perú www.unapiquitos.edu.pe
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001



UNAP

**Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto**

Centro de Prestación de Servicio en Control de
Calidad de Alimentos.
"CEPRESE COCAL"

NORMA QUE REGULA EL CONTROL DE CALIDAD

N.T.P. 206.011
N.T.P. 206.012
A.O.A.C 960.32
ITINTEC-N.T.N 201.021

MÉTODOS USADOS

- Gravimetría
- KJELDAHL
- Cálculo

NOTA:

- Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento, sin la autorización de CEPRESE – COCAL DE LA FIIA-UNAP (Laboratorios).

Iquitos, 14 de Junio de 2017

ING. LUIS E. SILVA RAMOS

Jefe del Laboratorio de Control Calidad de
Alimentos FIA - UNAP



Dirección: calle Freyre Nº 610, Iquitos, Perú www.unapiquitos.edu.pe
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001



UNAP

**Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto**
Centro de Prestación de Servicio
en Control de Calidad de Alimentos
"CEPRESE COCAL"

Laboratorio de Microbiología de Alimentos

INFORME DE ENSAYO N° 001-2017

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre	ROXANA EDITH ESQUIVEL PAREDES
Dirección	--
Telefax	--

II. DATOS DEL SERVICIO

N° de solicitud de servicio	01/2017
Fecha de solicitud de servicio	27/04/17
Servicio solicitado	Análisis Microbiológico

III. DATOS DEL PRODUCTO

Nombre del producto	<i>Secado de aji dulce</i>
Numero de muestra	UNO (01)
Tamaño de muestra	200 Gr.
Muestra	Traída por el cliente
Código	"E"
Forma de presentación	Envasado en bolsa de polietileno
Fecha de producción	--
Fecha de vencimiento	--

IV. RESULTADOS DEL ENSAYO

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS
Mohos (ufc/g)	< 10
Levaduras (ufc/g)	< 10
Coliformes Totales (NMP/g a 35°C)	< 3
Escherichia coli (NMP/g a 44,5°C)	< 3
Salmonella sp.	Ausencia en 25g



Dirección: calle Nauta 5ta. Cdra., Iquitos, Perú
Teléfono: (5165) 234458 Telefax 242001

www.unapiquitos.edu.pe

METODOS USADOS.

- ✓ Recuento de mohos y levaduras. FDA. 1992. Cap. 18 7ma. Ed.
- ✓ APHA, Múltiple Tubes Fermentation Technique/Total Coliforms. 9221.B.3. Completed Phase.
- ✓ Recuento de Coliformes. FDA. BAM. Cap. 4 Punto G. 8ava. Ed. 2002.
- ✓ Salmonella FDA. BAM. Capítulo 5 Rev. 8ava ed. 2007

NOTA:

- Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento, sin la autorización de CEPRESE – COCAL FIA-UNAP (Laboratorios).

Iquitos, 11 de Mayo de 2017



Blga. JESSY P. VASQUEZ CHUMBE
Jefa del Laboratorio de Microbiología de
Alimentos F.I.A.-UNAP

