

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA



FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

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

TÍTULO DE LA TESIS

**“SECADO EN POLVO DE *Capsicum frutescens* (AJÍ CHARAPITA) MEDIANTE LAS
TÉCNICAS DE LECHO FLUIDIZADO, EN BANDEJAS Y LIOFILIZADO”**

TRABAJO DE FINAL DE CARRERA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO (A) EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:

KARINA DELGADO ARÉVALO

JUAN DARÍO RÍOS MERA

ASESORES:

Dr. ALENGUER G. ALVA ARÉVALO

Ing° JORGE LUIS CARRANZA GONZÁLES, MSc

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia Delgado Arévalo, que a pesar de los problemas que se puedan generar están brindándome su apoyo.

De igual forma a mis abuelos, tíos y primos, a pesar de la distancia están siempre presentes. Y para todos mis amigos que de una u otra manera estuvieron brindándome sus apoyos.

De manera muy especial para aquellas personas que físicamente ya no están, pero siempre están guiando mi caminar, para mi abuela Inés Chumbe, mis amigos; Luis Enrique Villacorta y Alberto Romero y la Sra. Grimaneza Ríos.

KARINA DELGADO ARÉVALO

Dedico este trabajo a mi padre Juan José Ríos y a mi madre Erlinda Mera, por todo el apoyo brindado durante mi carrera universitaria, por el apoyo moral en los momentos más difíciles, y por enseñarme a cultivar el valor del trabajo, la humildad y la responsabilidad.

A mis hermanos, tíos, primos, y amigos, que siempre me dieron ánimos y con los que comparto momentos muy gratos.

JUAN DARÍO RÍOS MERA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar dar gracias a Dios por habernos permitido concluir con el presente trabajo.

A nuestros asesores el Dr. Alenguer Alva Arévalo y el Ing. Jorge Carranza Gonzales, por su apoyo en todo el desarrollo de la investigación y redacción del presente trabajo.

Al Ing. Víctor Vela, por la idea que nos brindó para dar rienda suelta a nuestra imaginación para este proyecto.

A la Ing. Leonor Arévalo, por su apoyo en los experimentos del proceso de liofilizado del ají charapita.

Al Ing. Rubén Arévalo Cueva, por las recomendaciones ofrecidas para este proyecto.

Al personal de la planta piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNAP por su disposición en todo momento durante el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	I
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE IMÁGENES	IV
LISTA DE ANEXOS	V
RESUMEN	VI
CAP. I INTRODUCCIÓN	1
CAP. II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Naturaleza del agua en un alimento	3
2.1.1 Agua ligada	4
2.1.2 Agua débilmente ligada	4
2.1.3 Agua libre	4
2.2 Fundamentos de la eliminación de agua	4
2.3 Clasificación de los métodos de deshidratación de alimentos	5
2.4 Secado de alimentos en lecho fluidizado	6
2.4.1 Fundamentos de secado en lecho fluidizado	6
2.4.2 Tipos de secaderos de lecho fluidizado	8
2.4.2.1 Secaderos de lecho fluidizado en discontinuo	8
2.4.2.2 Secaderos de lecho fluidizado en continuo	8
2.4.3 Características de los alimentos en el secado en lecho fluidizado	9
2.5 Secado en bandejas	10
2.5.1 Generalidades	10
2.6 Liofilización de alimentos	12
2.6.1 Fundamentos de la liofilización	13
2.6.1.1 Etapa de congelación	14
2.6.1.2 Etapa de sublimación	15
2.6.1.3 Etapa de desorción	16
2.7 <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita)	17
2.7.1 Identificación taxonómica	17
2.7.2 Descripción botánica	18
2.7.3 Origen	19
2.7.4 Distribución geográfica	19
2.7.5 Ecología	20
2.7.6 Siembra	20
2.7.6.1 Semillero	21
2.7.6.2 Trasplante	21
2.7.7 Plagas y enfermedades	22

2.7.8	Cosecha	25
2.7.9	Usos	26
2.7.10	Composición química y valor nutricional	27
2.7.11	Mitos y creencias relativas al ají	29
CAP. III MATERIALES Y MÉTODOS		31
3.1	Materiales	31
3.1.1	Materia prima	31
3.1.2	Equipos	31
3.1.3	Materiales de laboratorio	32
3.1.4	Reactivos y solventes	33
3.2	Métodos	33
3.2.1	Diseño experimental de la investigación	33
3.2.1.1	Diseño experimental para secado de <i>Capsicum Frutescens</i> (ají charapita) en secador de Lecho fluidizado	34
3.2.1.2	Diseño experimental para secado de <i>Capsicum Frutescens</i> (ají charapita) en secador de bandejas	34
3.2.1.3	Diseño experimental para secado de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) en liofilizador	35
3.2.2	Análisis realizados a la materia prima	35
3.2.2.1	Determinación de tamaño	35
3.2.2.2	Determinación de peso	35
3.2.2.3	Determinación de humedad	36
3.2.2.4	Determinación de cenizas	36
3.2.2.5	Determinación de grasas	37
3.2.2.6	Determinación de proteínas	37
3.2.2.7	Determinación de carbohidratos	39
3.2.2.8	Determinación de calorías	39
3.2.3	Análisis realizados al producto final	39
3.2.3.1	Análisis fisicoquímico	39
3.2.3.2	Análisis microbiológico	40
3.2.3.3	Análisis sensorial	41
3.2.3.3.1	Selección de jueces	41
3.2.3.3.2	Entrenamiento de jueces	41
3.2.3.3.3	Prueba sensorial	42
3.2.4	Proceso experimental para la obtención de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) en polvo	43
3.2.4.1	Diagrama de flujo experimental	43
3.2.4.2	Descripción del proceso para la obtención de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) en polvo	44
CAP. IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		54
4.1	Materia prima	54
4.1.1	Determinación de tamaño	54
4.1.2	Determinación de peso	55
4.1.3	Análisis fisicoquímico	56

4.2	Producto final	57
4.2.1	Rendimiento de polvo de ají	57
4.2.2	Análisis fisicoquímico	58
4.2.3	Análisis microbiológico	63
4.2.4	Análisis sensorial	65
4.2.5	Cinética de secado	70
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	81
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
	ANEXOS	86

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 01: Clasificación de los métodos de deshidratación más utilizados para alimentos.	5
Cuadro N° 02: Composición química y valor nutricional del ají.	27
Cuadro N° 03: Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas.	41
Cuadro N° 04: Determinación del diámetro del ají charapita.	54
Cuadro N° 05: Determinación del peso del ají charapita según el tamaño.	55
Cuadro N° 06: Composición fisicoquímica del ají charapita fresco.	57
Cuadro N° 07: Rendimiento de ají charapita en polvo en cada equipo de secado.	58
Cuadro N° 08: Composición fisicoquímica de muestras de ají charapita en polvo secadas en secador de lecho fluidizado.	59
Cuadro N° 09: Composición fisicoquímica de muestras de ají charapita en polvo secadas en secador de bandejas.	60
Cuadro N° 10: Composición fisicoquímica de la muestra de ají charapita en polvo liofilizado.	62
Cuadro N° 11: Análisis microbiológico de las muestras de ají en polvo.	64
Cuadro N° 12: Resultado de la prueba de olor del análisis sensorial para el ají charapita en polvo.	66
Cuadro N° 13: Análisis de la varianza (ANOVA) para el olor del ají charapita en polvo.	67

Cuadro N° 14:	Resultado de la prueba de color del análisis sensorial para el ají charapita en polvo.	68
Cuadro N° 15:	Análisis de la varianza (ANOVA) para el color del ají charapita en polvo.	69
Cuadro N° 16:	Tiempos de secado para la obtención de ají charapita en polvo.	71
Cuadro N° 17:	Ecuaciones de la humedad en base seca para el ají charapita en polvo secado en secador de lecho fluidizado.	74
Cuadro N° 18:	Ecuaciones de la humedad en base seca para el ají charapita en polvo secado en secador de bandejas.	77
Cuadro N° 19:	Cantidades de ají charapita para cada equipo de secado y cantidad de producto a obtener.	104
Cuadro N° 20:	Costos variables de manufactura para producir 7.87 Kg de ají charapita en polvo en secador de lecho fluidizado.	105
Cuadro N° 21:	Costos variables de manufactura para producir 1.71 Kg de ají charapita en polvo en secador de bandejas.	106
Cuadro N° 22:	Costos variables de manufactura para producir 100 g de ají charapita en polvo liofilizado.	107
Cuadro N° 23:	Costo unitario del ají charapita en polvo en cada equipo de secado.	108
Cuadro N° 24:	Costo de producción en base a 1 Kg de ají charapita en polvo obtenido.	108

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01: Relación de velocidad de flujo y caída de presión a lo largo del lecho.	7
Figura N° 02: Esquema de secadero de lecho fluidizado.	9
Figura N° 03: Esquema de un secadero de bandejas.	11
Figura N° 04: Sistema básico de liofilización.	13
Figura N° 05: Diagrama de fases del agua. Punto triple del agua.	13
Figura N° 06: Ciclo del cultivo de ají.	21
Figura N° 07: Distancia de siembra de plantas de ají.	22
Figura N° 08: Estructura química de la capsaicina.	29
Figura N° 09: Diagrama de flujo para la obtención de polvo de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) mediante las técnicas de secado en lecho fluidizado, en bandejas y liofilizado.	43
Figura N° 10: Humedad en base seca del ají charapita de tamaño grande secado en el lecho fluidizado a 70°C.	72
Figura N° 11: Velocidad de secado con respecto a la humedad en base seca del ají charapita de tamaño grande secado en el lecho fluidizado a 70°C.	75
Figura N° 12: Humedad en base seca del ají charapita de tamaño grande secado en bandejas a 70°C.	76
Figura N° 13: Velocidad de secado con respecto a la humedad en base seca del ají charapita de tamaño grande secado en bandejas a 70°C.	78

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen N° 01: Materia prima.	44
Imagen N° 02: Frutos de ají seleccionados y sin pedúnculo.	44
Imagen N° 03: Frutos de ají lavados y desinfectados.	45
Imagen N° 04: Tamizado del ají charapita.	45
Imagen N° 05: Equipo secador de lecho fluidizado.	46
Imagen N° 06: Variador de velocidad de aire en secador de lecho fluidizado.	46
Imagen N° 07: Fluidización de las muestras de ají charapita en secador de lecho fluidizado.	47
Imagen N° 08: Pesado de las muestras de ají en el proceso de secado.	47
Imagen N° 09: Secador de bandejas.	48
Imagen N° 10: Variador de velocidad de aire en secador de bandejas.	48
Imagen N° 11: Muestras de ají charapita secadas de secador de bandejas.	48
Imagen N° 12: Molienda de las muestras de ají charapita secas.	49
Imagen N° 13: Envasado del ají charapita en polvo.	50
Imagen N° 14: Muestra de ají charapita homogenizado.	51
Imagen N° 15: Congelación de las muestras de ají charapita.	52
Imagen N° 16: Liofilizado de las muestras de ají charapita.	53
Imagen N° 17: Muestras de ají charapita en polvo.	70

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo N° 01: Ecuaciones de las variables estadísticas del análisis fisicoquímico.	86
Anexo N° 02: Informe microbiológico del ají charapita en polvo.	87
Anexo N° 03: Metodología del Análisis de la Varianza (ANOVA).	93
Anexo N° 04: Tabla de distribución F para un nivel de significancia de 5%.	95
Anexo N° 05: Ficha para la prueba de reconocimiento de olores básicos.	96
Anexo N° 06: Ficha para la prueba de sensibilidad a la vista.	97
Anexo N° 07: Cuadros de color amarillo en distintos tonos usado en la prueba de sensibilidad a la vista.	98
Anexo N° 08: Ficha de comparación de olor de muestras de ají charapita en polvo.	99
Anexo N° 09: Ficha de comparación de color de muestras de ají charapita en polvo.	100
Anexo N° 10: Metodología para la obtención de las curvas de secado.	101
Anexo N° 11: Estructura de los costos de producción.	103
Anexo N° 12: Resolución Ministerial N°615-2003 “Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano	109

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue comparar 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.

Para el secado en lecho fluidizado se aplicó un 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 diseño para 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).

Para las muestras de secado en lecho fluidizado y en bandejas, se tiene que el efecto del tiempo y la temperatura de secado es significativo en el contenido de humedad, cenizas y grasas del producto final, y no en el contenido de proteínas, carbohidratos y valor calórico. Las muestras de tamaño grande secadas a 70°C en lecho fluidizado y en bandejas fueron las que obtuvieron menor porcentaje de humedad con 5.36% y 7.11% respectivamente, y la muestra liofilizada obtuvo 7.75% de humedad.

En el análisis microbiológico las muestras analizadas se encuentran dentro los límites de la normatividad sanitaria. No se reportaron diferencias significativas en los atributos olor y color del análisis sensorial.

Como un aporte adicional se realizó un análisis de los costos variables de manufactura para la producción de ají charapita en polvo en cada equipo resulta S/. 7.32/envase pet de 20 g en lecho fluidizado, S/. 7.53/envase pet de 20 g en bandejas y S/. 30.90/envase pet de 20 g liofilizado. Se consideró la capacidad total del equipo y el servicio de maquila de las plantas piloto de la FIA – UNAP en el costo.

CAPÍTULO I:**INTRODUCCIÓN**

La industria alimentaria tiene como objetivo principal el prolongar la vida útil de los productos elaborados. De esta forma, se llevan a cabo procesos y operaciones unitarias en la que los alimentos son transformados a su forma de comercialización intermedia o final. Los productos deshidratados ofrecen variadas ventajas sobre los productos frescos, por ejemplo, reducción de masa, volumen, transporte y aumento de la vida útil. Al tener una actividad de agua mucho más baja que el producto fresco, se reduce el desarrollo de microorganismos y la actividad enzimática (González *et al.*, 2008).

Entre los atributos más destacables de los alimentos deshidratados en polvo son el color, el sabor, el aroma y la capacidad de rehidratación, y es necesario tener parámetros óptimos y condiciones de proceso para asegurar la calidad del producto final.

Entre las técnicas de secado de alimentos más usados en la industria alimentaria se tiene los secados en lecho fluidizado, en bandejas y liofilizado. En el lecho fluidizado se produce el fenómeno físico de fluidización, la fuente de calor para el secado es aire caliente, que pasa a través del alimento en flujo ascendente a una determinada velocidad que depende de las características del alimento para que éste fluya a través de la cámara de secado. En el secado en bandejas también se requiere de aire caliente para el secado de los alimentos, el flujo del aire puede ser en paralelo o transversal al producto que se encuentra estático sobre charolas o bandejas que pueden estar o no perforadas. El liofilizado es una técnica de secado que aplica temperaturas muy bajas y presión de vacío, concretamente por debajo del punto triple del agua (610 Pa, 0°C), consta de tres etapas: congelación, sublimación y desorción. La primera consiste en crear condiciones para la sublimación, forma cristales de hielo en la estructura externa del alimento y aumenta el tamaño de los poros por las que escapará el vapor de agua sublimado. La sublimación es la segunda etapa y se produce en condiciones de vacío, y la desorción es la etapa más prolongada del proceso en la que el alimento puede alcanzar hasta 2% de humedad.

En el contexto de la Amazonía peruana, el ají charapita ha sido desde siempre un producto bandera, muy apreciado en la gastronomía peruana por su aroma y sabor agradable, siendo una de las especies de *Capsicum* más picantes del Perú. No se realizaron muchos estudios en esta especie y su comercialización se limita al estado fresco, siendo muy pocas las industrias que dan valor agregado a este producto.

Hoy en día el turismo gastronómico en el Perú ofrece oportunidades grandiosas para el aprovechamiento de nuestros recursos nativos en la presentación de nuevos productos atractivos a los consumidores, las nuevas tendencias están enfocadas a productos alimentarios novedosos, orgánicos, y con propiedades nutracéuticas.

En ese marco, el presente trabajo es un aporte a la industria alimentaria en la obtención de un producto novedoso, procesado mediante tres técnicas de secado, que serán evaluadas desde el punto de vista técnico en el análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial, siendo una investigación de carácter básico para el ají charapita y esperando sea un incentivo para futuros trabajos en este recurso amazónico o en la aplicación de técnicas de secado a materias primas de la Amazonía Peruana.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA**2.8 Naturaleza del agua en un alimento**

El agua es el constituyente más abundante en los alimentos y a ella se debe gran parte de las cualidades físicas, químicas y sensoriales de los mismos. Sin embargo, el agua también es la causante de la naturaleza perecedera de los alimentos y, gracias a ella, pueden realizarse multitud de reacciones químicas y enzimáticas (Colina, 2010).

El agua contenida en un alimento, sea de origen animal o vegetal, está más o menos “disponible” para participar en las reacciones físicas, químicas y microbiológicas. Esta “disponibilidad” varía de un producto a otro según su composición, algunas estructuras o moléculas retienen más agua que otras; varía incluso para un mismo producto, un fruto maduro no se comporta de la misma forma que un fruto verde. La mejor forma de expresar esta “disponibilidad”, es decir el “grado de libertad” del agua de un producto, es la relación de la presión parcial del agua de un alimento (p) y la presión de vapor del agua pura (p_0) a la misma temperatura (Abril y Casp, 1999).

$$a_w = \frac{p}{p_0} = \frac{\%HR}{100}$$

Un aspecto fundamental en la conservación de alimentos es conocer cómo está ligada el agua en el alimento más que la cantidad de agua que realmente contiene (Barbosa y Vega, 2000). Se considera que el agua contenida en los alimentos se encuentra adsorbida en capas y puede clasificarse en tres tipos de agua que son: (Colina, 2010).

2.1.4 Agua ligada

Las moléculas de agua están unidas a grupos iónicos, tales como grupo carboxílicos y grupos amino. Este tipo de agua posee menor presión de vapor, movilidad y punto de congelación en relación con el agua pura. Puede considerarse como la adsorción de una monocapa de agua sobre los solutos.

2.1.5 Agua débilmente ligada

Las moléculas de agua se encuentran unidas por puentes de hidrógeno de grupos hidroxílicos y amino, así como a otras moléculas de agua en múltiples capas adyacentes a los solutos.

2.1.6 Agua libre

Las moléculas de agua se mantienen en el alimento por los constituyentes solubles y componentes estructurales. Es agua retenida físicamente por las membranas celulares, además de que se comporta como agua pura.

2.9 Fundamentos de la eliminación de agua

Aunque el objetivo principal de los procesos de conservación en la reducción del contenido del agua sea la prolongación de la vida útil de los alimentos, la eliminación de agua permite disminuir considerablemente el peso de los mismos, lo cual consigue ahorros importantes en el almacenamiento y en el transporte (Abril y Casp, 1999).

La remoción del agua necesaria para la obtención de un producto con una actividad de agua suficientemente baja para garantizar su conservación, puede efectuarse mediante su evaporación o sublimación, dando lugar a diferentes procesos denominados secado, deshidratación o liofilización. En la literatura y el lenguaje comercial, los términos secado y deshidratación se emplean casi como sinónimos cuando se hace referencia al equipo y proceso de obtención de los mismos (Colina, 2010).

La eliminación de agua presenta dos problemas importantes: por una parte, el riesgo de alteración de la calidad nutricional y sobre todo organoléptica del producto tratado y por otra, un consumo notable de energía. La falta de selectividad de la eliminación de agua puede producir pérdidas de aromas, más volátiles que el agua, sobre todo si se realiza a vacío. En cuanto al consumo energético, unas técnicas de eliminación de agua son menos costosas que otras, pero son precisamente las menos costosas las que más alteran la calidad del producto (Abril y Casp, 1999).

2.10 Clasificación de los métodos de deshidratación de alimentos

Existen muchas clasificaciones de los métodos y equipos de deshidratación de alimentos, ya que pueden clasificarse de acuerdo con diferentes criterios. En el cuadro N° 01 se presenta una clasificación de los métodos de deshidratación con base en el modo en el que transfiere calor, así como algunos de los equipos de deshidratación más comunes y ejemplos de los alimentos que por lo general se deshidratan en ellos (Colina, 2010):

Cuadro N° 01. Clasificación de los métodos de deshidratación más utilizados para alimentos.

Método de deshidratación	Equipos de deshidratación	Tipo de producto a deshidratar
En cama o banda Por aire (convección) De partículas 	Deshidratador de charolas Deshidratador de banda Deshidratador de túnel Deshidratador por aspersión Deshidratador por espuma Deshidratador de lecho fluidizado	Sólidos (piezas, trozos), fluidos con sólidos de tamaño grande en suspensión y, en menor proporción, fluidos viscosos Fluidos con pequeños sólidos en suspensión Fluidos con pocos sólidos en suspensión Sólidos de pequeño tamaño
Por conducción	Deshidratador de tambor	Fluidos muy viscosos (pastas)
Por radiación	Deshidratador por infrarrojo Deshidratador eléctrico Deshidratador por microondas	Cualquier tipo de alimento
Por congelación	Liofilizador	Sólidos de tamaño pequeño y suspensiones

Como se puede apreciar en el cuadro, las condiciones para la deshidratación de *Capsicum frutescens* (ají charapita) es favorable en la deshidratación en bandejas (charolas), lecho fluidizado y liofilizado, de esta manera se toma en consideración estos equipos teniendo como objeto de estudio la comparación de éstos respecto a las características fisicoquímicas, sensoriales y de optimización, en la obtención de ají en polvo.

2.11 Secado de alimentos en lecho fluidizado

2.4.1 Fundamentos de secado en lecho fluidizado

Cuando se hace pasar una corriente de aire en sentido ascendente a través de una capa de partículas, con una velocidad tal que la caída de presión a lo largo de la cama de partículas iguale el peso de las partículas, entonces éstas se suspenden en el aire comportándose como un líquido en ebullición. Si el aire utilizado es caliente, se consigue la deshidratación de las partículas y el sistema se denomina deshidratación de lecho fluidizado (Colina, 2010).

El aire caliente se utiliza simultáneamente como agente de secado y de fluidización al ser forzado a pasar a través del lecho de partículas del alimento, con una velocidad alta, suficiente para vencer las fuerzas gravitacionales del producto y mantener las partículas en estado suspendido. Las velocidades del aire que se requieren para conseguir esta fluidización varían con el producto y más específicamente con el tamaño de partícula y densidad (Abril y Casp, 1990).

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. Sin embargo, el proceso también tiene ciertas desventajas, como la degradación térmica que se presenta por las altas temperaturas generadas a los largos tiempos de operación (Carvajal, 2008).

El sistema se comporta como un fluido cuando el número de Froude está por debajo de la unidad (Karel, 1975):

$$\text{Froude} = \frac{U^2}{2gr}$$

En la que U es la velocidad del aire, g es la constante gravitacional y r el radio de la partícula. Normalmente, la velocidad del aire está en el intervalo de 0.05 a 0.75 m/s. (Heldman y Singh, 1981). La velocidad requerida para que se efectúe la fluidización de las partículas depende del tamaño, forma y densidad de la partícula, así como de la densidad y viscosidad de aire utilizado que, a su vez, están en función de su temperatura. Es importante determinar con precisión la velocidad del aire, ya que si ésta es baja, no se logrará la fluidización adecuada del producto, pero si es excesiva, las partículas serán arrastradas con el aire, originando que no puedan ser controladas de modo adecuado las condiciones de operación e incluso haya pérdida del producto (Colina, 2010).

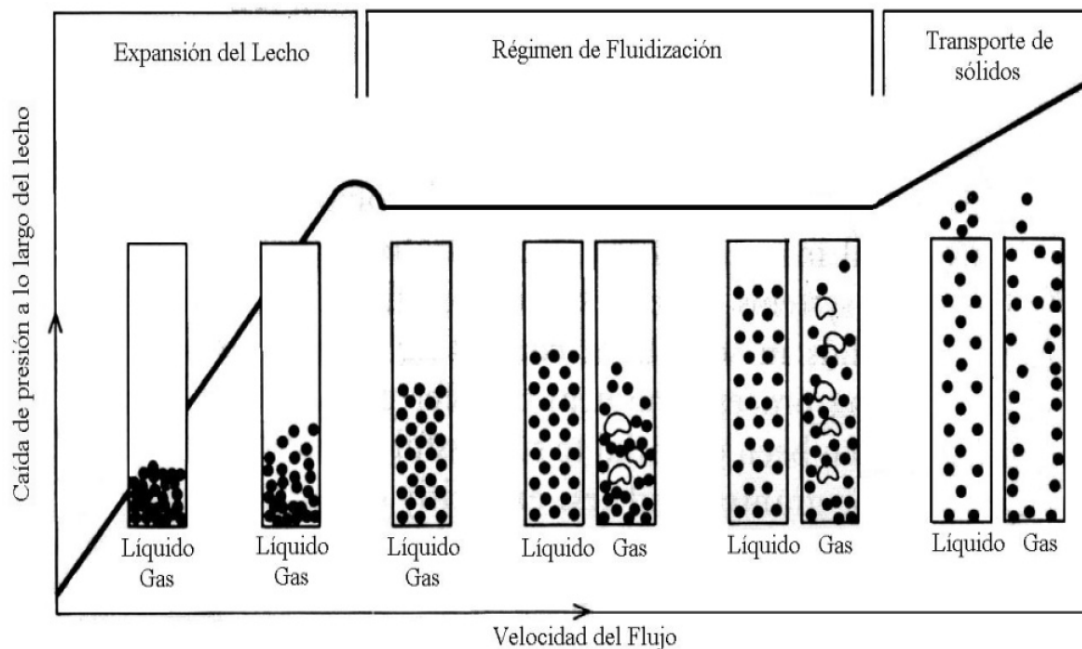


Figura N° 01. Relación de velocidad de flujo y caída de presión a lo largo del lecho (Carvajal, 2008).

En la figura N° 01 se observa cómo se va dando la relación entre velocidad y caída de presión. En un principio (de izquierda a derecha), se pueden apreciar partículas contenidas en la columna. En la parte inferior se hace pasar aire con cierta velocidad, primero el flujo de aire es poco, por lo tanto no existe movimiento de las partículas. A medida que el flujo se incrementa, comienza un movimiento de partículas mayor, provocando que aumente la porosidad del lecho y la caída de presión, esto trae como consecuencia el inicio de la fluidización, pero si la velocidad del flujo se incrementa

más, las partículas serán arrastradas por el aire comenzando la zona de transporte de sólidos (Carvajal, 2008).

El lecho fluidizado se ha utilizado en industrias lácteas, alimentarias y farmacéuticas para el secado, enfriamiento, recubrimiento y aglomeración. El aspecto fundamental de la fluidización y operaciones en lechos fluidizados incluye el mezclado, arrastre, segregación, y transmisión de calor. Los materiales adecuados para las operaciones de lecho fluidizado deben estar entre 20 μm y 10 mm, para evitar un excesivo acanalamiento y golpeteo, que se da con tamaño estrecho de partícula y las de forma regular. Las partículas no deben ser pegajosas a la temperatura de procesado (Masters, 1993).

2.4.2 Tipos de secaderos de lecho fluidizado

2.4.2.1 Secaderos de lecho fluidizado en discontinuo

Este tipo de secadero es más ampliamente utilizado cuando la capacidad es pequeña y exista una preocupación de que los procedimientos aseguren la calidad del producto (Barbosa y Vega, 2000). Consisten en bandas o charolas de malla metálica o placas perforadas, que soportan el producto por deshidratar, colocada en capas hasta de 15 cm de grosor. Una corriente de aire con flujo transversal atraviesa la capa de producto (de abajo hacia arriba) a una velocidad suficientemente alta para lograr la fluidización del producto (Colina, 2010).

2.4.2.2 Secaderos de lecho fluidizado en continuo

Los sólidos fluidizados se comportan con características al flujo similares a los líquidos. Basándose en esta similitud, el diseño de un secadero de lecho fluidizado puede incluir un tubo superior de descarga y una reja de soporte en la base por la que se introduce el aire de fluidización y los sólidos fluidizados pueden ser retirados continuamente a una velocidad controlada (Barbosa y Vega, 2000).

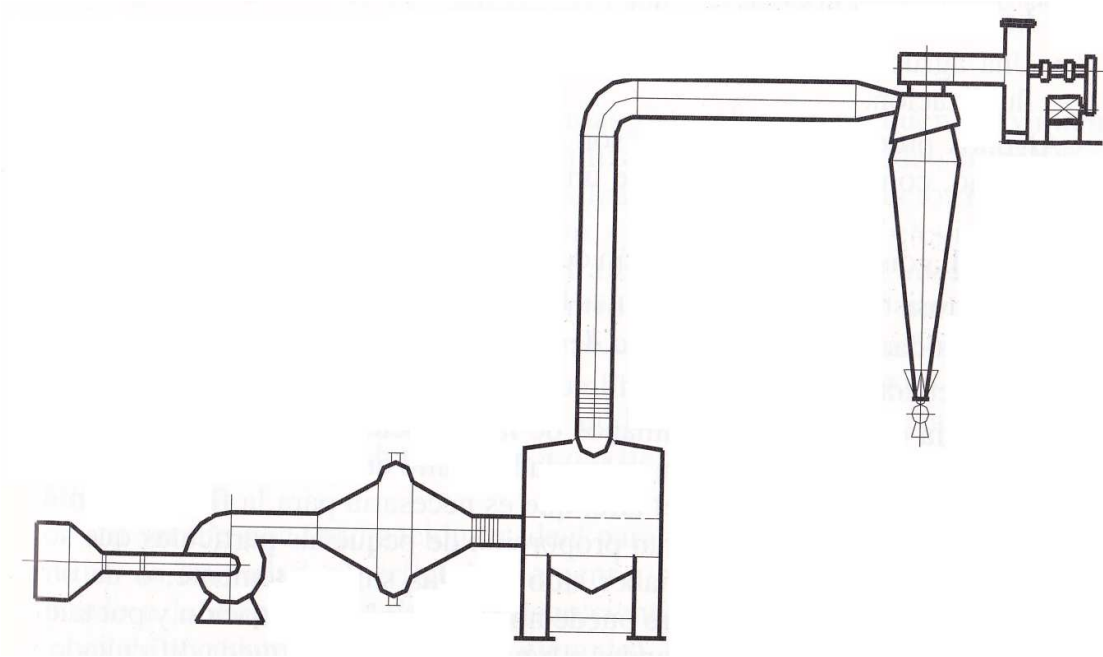


Figura N° 02. Esquema de secadero de lecho fluidizado (Abril y Casp, 1990).

2.4.3 Características de los alimentos en el secado en lecho fluidizado

Los alimentos que pueden secarse por medio de lecho fluidizado deben tener las siguientes características (Abril y Casp, 1990; Colina, 2010):

- El tamaño medio de partícula debe estar comprendido entre 20 μm y 10 mm. Las partículas finas tienden a agruparse.
- La distribución de tamaño de las partículas debe ser razonablemente reducido. Un rango amplio de tamaños de partícula hace prácticamente imposible la selección de la velocidad del gas.
- Tener forma esférica o lo más cercano posible a ella.
- Poseer una densidad suficientemente baja.
- No formar grumos o volverse pegajoso durante la deshidratación.
- Soportar la agitación y el choque con las demás partículas sin sufrir daño mecánico o degradación.

La amplia distribución de tamaño de las partículas de algunos productos hace muy difícil la elección de la velocidad del aire en lechos fluidizados estacionarios. Una alta

velocidad del aire, que es necesaria para la fluidización de partículas grandes, causa una gran proporción de pequeñas partículas que son arrastradas desde el lecho sin haber sido secadas suficientemente; o de otra forma, una baja velocidad del aire no puede producir la fluidización y por tanto el transporte de las partículas grandes a través del secadero queda dificultado y puede tener lugar a la desfluidización (Abril y Casp, 1990).

2.12 Secado de alimentos en bandejas

2.5.1 Generalidades

Consisten en cámaras o gabinetes aislados que contienen charolas sobre las que se coloca una o más capas del producto por deshidratar y se hace circular aire caliente, ya sea con flujo paralelo o con flujo transversal al producto. De manera opcional, en el caso de aire paralelo al producto y forzosamente en el de aire transversal al producto, las charolas poseen un fondo de malla para permitir el paso del aire a través de ellas, obteniéndose tiempos de deshidratación más cortos debido a la mayor área superficial expuesta al aire. (Colina, 2010).

Los calentadores de aire pueden ser quemadores de gas directo, serpentines de vapor, intercambiadores o calentadores eléctricos. (Brennan *et al.*, 1990). El ventilador colocado en la parte superior hace circular el aire por los calentadores y después entre las bandejas, con la ayuda de unos deflectores montados convenientemente. El calentador está constituido por un haz de tubos en cuyo interior circula normalmente vapor de agua. Por el conducto de salida se evacúa constantemente aire húmedo, mientras que a través de la abertura entra aire fresco. El calor del medio de secado (aire caliente) se transmite al producto por convección; la corriente de convección pasa sobre el producto, no a través del mismo. El aire debe circular sobre la superficie del producto, a relativamente alta velocidad para aumentar la eficacia de la transmisión de calor y de la transferencia de masa. La velocidad de aire entre las bandejas varía con el tipo de producto, oscilando normalmente entre 1 y 10 m/s. Se consiguen velocidades de evaporación de 0.1 a 1 Kg de agua/h.m², con espesores de lecho entre 10 y 100 mm. Los rendimientos térmicos de estos secaderos suelen estar comprendidos entre el 20 y el 60%, pudiendo ser más bajos. Para mejorar este rendimiento se recircula la mayor parte

del aire, introduciéndose aire fresco hasta un 15% del total del aire recirculado. (Abril y Casp, 1990).

En la mayoría de los casos los secaderos de bandejas operan por cargas, además tienen la desventaja de no secar el producto uniformemente, dependiendo de su posición en el secadero (Heldman y Singh, 1998). Esta falta de uniformidad es principalmente resultado del movimiento no uniforme del aire dentro del deshidratador. Para evitar esto y lograr un proceso de deshidratación uniforme en todo el producto, es importante eliminar las bolsas de aire estancado y mantener una temperatura uniforme en todo el deshidratador, lo cual se logra haciendo pasar grandes volúmenes de aire a velocidades relativamente altas sobre las charolas (Colina, 2010).

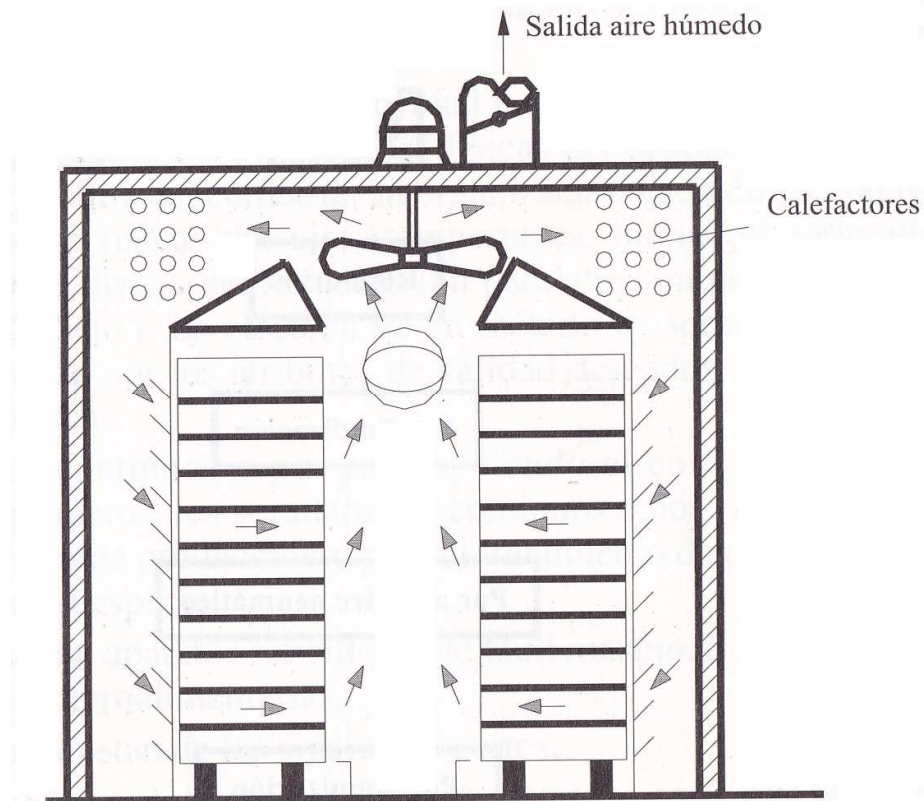


Figura N° 03. Esquema de un secadero de bandejas (Abril y Casp, 1990).

El secadero de bandejas se emplea cuando se requiere deshidratar diversos tipos de alimentos, o bien, cuando el volumen del producto por deshidratar es pequeño o estacional (Colina, 2010). En general se aplica cuando la capacidad necesaria no excede de 20 a 50 Kg/h de producto seco. En este tipo de secaderos se pueden tratar prácticamente cualquier producto, alimentos de cualquier tamaño y forma, pero a causa

de la mano de obra requerida para la carga y descarga, su operación resulta costosa para su baja capacidad de producción. Sin embargo, su polivalencia y la buena calidad de los productos obtenidos, los hacen utilizables para deshidratar: zanahorias, espinacas, ajo, perejil, judías verdes, champiñones, cebollas, guisantes, frutas, carne y sus productos, etc. (Abril y Casp, 1990).

Cuando el producto alcanza el grado de deshidratación requerida, el gabinete se abre y las charolas se reemplazan con otra que contienen nuevo producto por deshidratar. Los deshidratadores de este tipo son relativamente baratos de construir y requieren bajos costos de mantenimiento. Sin embargo, su operación es costosa debido a la baja economía calorífica y los altos costos de mano de obra (Colina, 2010).

2.13 Liofilización de alimentos

Llamada anteriormente crio-deseccación, la liofilización, cuyo nombre procede de la industria farmacéutica, es un proceso de secado cuyo principio consiste en sublimar el hielo de un producto congelado. El agua del producto pasa, por tanto, directamente del estado sólido al estado de vapor, sin pasar por el estado líquido (Abril y Casp, 1990). Este proceso es utilizado en la deshidratación de casi todas las materias primas y aromas termosensibles (Shafiur, 2002). El producto final mantiene un buen gusto, aroma, retención de nutrientes y excelentes propiedades de rehidratación, sin embargo el proceso es caro comparado con otros tipos de secado (Ibarz, 2000).

La bajas temperaturas de procesamiento y la relativa ausencia de agua minimizan las reacciones deteriorantes como la desnaturalización de las proteínas y el oscurecimiento enzimático, entre otras, lo cual evita cambios de textura, apariencia, sabor, aroma y valor nutricional de los alimentos (Colina, 2010)

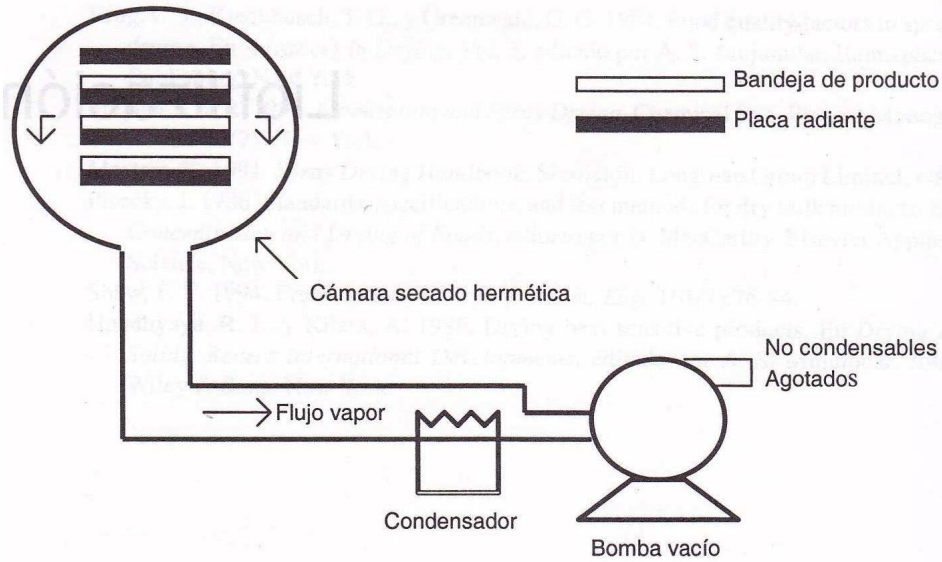


Figura N° 04. Sistema básico de liofilización (Barbosa y Vega, 2000).

2.6.1 Fundamentos de la liofilización

La sublimación sólo puede conseguirse si la temperatura y la presión parcial de vapor de agua (hielo) son inferiores a las del punto triple del agua. En la figura N° 05 en la que se representa la presión del vapor del agua en función de su temperatura, se puede apreciar que el punto triple del agua se sitúa a la presión de 610 Pascal (4.58 Torr ~ 4.58 mm de Hg), para una temperatura de 0.01°C.

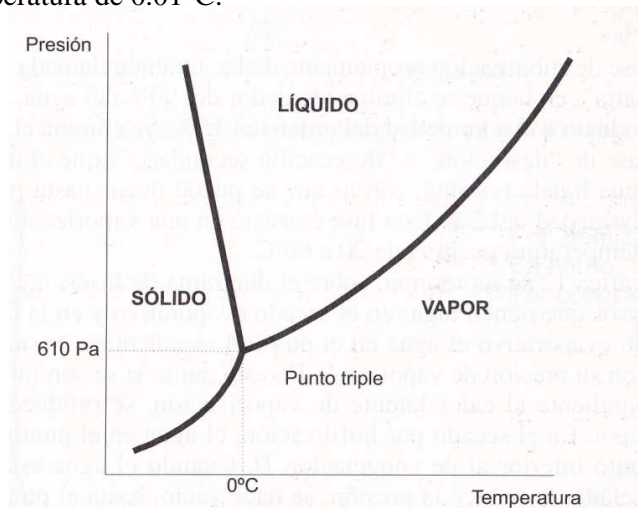


Figura N° 05. Diagrama de fases del agua. Punto triple del agua (Abril y Casp, 1990).

Estos valores corresponden al agua pura, pero en los alimentos no existe agua pura, sino disoluciones más o menos concentradas de sólidos en agua, en consecuencia el punto triple del agua se desplaza hacia temperaturas más bajas, según la concentración de estos sólidos, esto no se podría lograr gracias a la fase de pre congelación al cual se somete a las materias primas o materiales a temperaturas inferiores a los 0°C, en donde su estado es completamente sólido y uniforme. Esto difiere según la cámara o equipo, dimensiones y capacidad para que se utilizara en el pre congelado (Abril y Casp, 1999).

El proceso de liofilización consiste básicamente en tres etapas (Colina, 2010):

1. La congelación del alimento, que propicia la separación del agua de los componentes hidratados del producto, mediante la formación de cristales de hielo o mezclas eutécticas.
2. La sublimación del hielo bajo presión reducida, eliminando el agua del seno del producto.
3. La desorción o evaporación del agua residual, no congelada que se encuentra absorbida por los componentes del alimento.

2.6.1.1 Etapa de congelación

La velocidad óptima de congelación con fines de liofilización depende en gran parte de la naturaleza del producto. Esta velocidad afecta el tamaño de los cristales de hielo formados y, por ende, el tamaño del poro en el producto deshidratado, ya que el vapor de agua sublimado, escapará del alimento a través de los conductos que dejan los cristales de hielo formados durante la congelación. Esto, a su vez, influye tanto en la velocidad de deshidratación como en las características del producto, especialmente en su capacidad de rehidratación. La congelación de los alimentos puede realizarse por diversos métodos, ya sea directos o indirectos, como congelación rápida individual, por corrientes de aire o por lecho fluidizado; por inmersión en fluidos refrigerantes, así como mediante intercambiadores de calor de placas o de superficie rascada. El método utilizado para la congelación afecta de modo apreciable las propiedades del producto liofilizado (Colina, 2010).

En alimentos líquidos, la red de cristales de hielo formada depende de la tecnología de congelación empleada. Los congeladores estáticos dan lugar a cristales grandes que contactan unos con otros en varios puntos. Con la sublimación, esto lleva a una red de

canales porosos a través de los cuales se puede difundir fácilmente el vapor de agua, pero mejores resultados se tiene con la congelación rápida concéntrica en donde la distribución del agua es tubular alrededor de los colectores y la red contacta todos los puntos del material. En los alimentos sólidos con una estructura celular o de gel, los cristales individuales están separados unos de otros y no se forman redes porosas. En este caso, el vapor de agua puede ser difundido a través de la estructura sólida del alimento y el secado es significativamente más largo. Sin embargo si la congelación es demasiado rápida se pueden producir tensiones que dan lugar a grietas, esto abre canales en los alimentos secos para la difusión del vapor, pero influye negativamente sobre las características del producto final (Mafart, 1994).

2.6.1.2 Etapa de sublimación

Llamada también etapa de deshidratación primaria, involucra la sublimación del hielo bajo condiciones de vacío. Al iniciar el proceso se sublima el hielo de las capas externas del alimento. Conforme avanza la liofilización, el frente de hielo o frente de sublimación se traslada hacia el interior del alimento y el calor latente para la sublimación se conduce hasta allí por conducción (o se genera en la masa del alimento cuando se calienta por microondas) y el vapor de agua escapa del alimento a través de la fracción deshidratada del mismo por los canales formados por la sublimación del hielo (Colina, 2010).

Es necesario un vacío elevado (baja presión absoluta) en el liofilizador para favorecer la sublimación, cuando la presión de vapor sobre el hielo disminuye, lo hace también la temperatura y son necesarias presiones bajas para que se sublime el hielo. Normalmente se requieren presiones de alrededor de 130 – 260 Pa para la liofilización de alimentos. La sublimación es un cambio de estado endotérmico, es necesario aportar el calor latente de sublimación (2840 KJ por Kg de hielo sublimado), por lo tanto en la cámara de secado deberá montarse una fuente de calor. Este calor debe aplicarse cuidadosamente para no llevar la temperatura del producto por encima del punto de fusión. Es, como cualquier otro procedimiento de eliminación de agua por vía térmica, un proceso de transferencia de calor y de transferencia de masa (Abril y Casp, 1990).

La velocidad inicial de deshidratación es alta, debido a que hay poca resistencia al flujo tanto de masa como de calor. Sin embargo, conforme avanza la deshidratación, la formación de una capa de resistencia alrededor del material congelado disminuye la velocidad de deshidratación. La capa del producto deshidratado actúa como material aislante que afecta la transferencia de calor hacia el frente de hielo. Además, la transferencia de masa desde el frente de hielo se reduce conforme aumenta el espesor de la capa de producto deshidratado. Esto se debe a una disminución hacia la superficie del producto. Debido a esto, el espesor de producto por deshidratar tiene efecto directo en la velocidad de deshidratación. Cuanto más pequeño sea este espesor, menor el tiempo de liofilización, por lo que se recomienda liofilizar piezas pequeñas, o bien, cortar, rebanar o triturar el alimento por deshidratar. Como sólo se sublima el agua congelada, la sublimación elimina alrededor de 90% de la humedad del producto, por lo que los productos salen de esta etapa con un contenido de humedad entre 10 y 15% (Colina, 2010).

2.6.1.3 Etapa de desorción

Llamada también etapa de deshidratación secundaria, comienza cuando el producto ya no contiene hielo y la humedad residual (entre 10 y 15%) proviene de agua unida, de tal manera a los componentes, que no se congela. Esta humedad no congelada, que posee mayor temperatura de congelación que la del hielo, debe ser eliminada mediante evaporación, manteniendo las condiciones de vacío en la cámara a temperaturas entre 20 y 60°C, para conseguir productos con contenido de humedad final de alrededor 2%. El incremento de la temperatura del producto en esta etapa reduce los costos vinculados con el consumo energético durante el proceso, pero puede conducir al deterioro del producto (Colina, 2010).

Es muy crítico, el control del aporte de calor en la desecación secundaria, esta debe ser cuidadosa, de forma que la temperatura del alimento no se incremente hasta el punto en que el producto llegue a ser inestable. Generalmente este aporte de calor se hace en el fondo del producto por conducción y en la parte superior por radiación (Abril y Casp, 1999).

Si la parte sólida del material está demasiado caliente la estructura se colapsa, lo que se traduce en una disminución de la velocidad de sublimación de hielo en el producto en el frente de hielo del producto. La etapa secundaria de secado tomará una tercera parte del ciclo de secado en desorber la humedad desde la superficie interior dentro del producto seco (Barbosa y Vega, 2000).

El tiempo requerido para reducir la humedad del producto desde su valor inicial, hasta aproximadamente 10% de humedad (etapa de sublimación) es mucho menor que el necesario para reducir el contenido de humedad desde 10% hasta 2 o 3% (etapa de desorción). Desafortunadamente, muchas de las reacciones químicas de degradación que sufren los productos deshidratados ocurren cuando su humedad está alrededor de 10%, por lo que se hace necesario reducir su contenido de humedad hasta valores cercanos a 2% (Colina, 2010).

2.14 *Capsicum frutescens* (ají charapita)

2.7.1 Identificación taxonómica

Según Mendoza (2006), el género *Capsicum* proviene del griego Kapso. Kaptein=picar; referido al aroma pungente y penetrante que tiene el ají. El género *Capsicum* pertenece a la gran familia de las Solanáceas, que tiene una importancia sobresaliente desde el punto de vista cultural y económico. En esta familia se hallan especies de diversos géneros que proveen alimentos, son fuente de drogas narcóticas, o bien por ser utilizadas como ornamentales. El género *Capsicum* en el proceso de estudio se ha sometido a repetidas revisiones, a raíz de los cuales tenemos que reconocer que existen diferentes propuestas de clasificación taxonómica. Cada taxónomo plantea y propone su propia clasificación, aspecto que consideramos necesario conocer, tanto las razones, principios, como sus alcances, para según eso acoger a la propuesta que sea razonablemente conveniente.

Sobre la base de la clasificación taxonómica del género hoy incluye al menos 37 especies (Bosland y Votava, 2012). Estos incluyen las cinco especies domesticadas: *Capsicum annum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* y *Capsicum pubescens*. (Sven et al., 2013).

Muchas de las especies no han sido estudiadas adecuadamente, o son conocidos con nombres diferentes según la región. La ciencia no tiene hasta el momento información completa de la diversidad de especies y variedades de ají. Los estudios moleculares, que han empezado a hacerse ya, nos permitirán clasificar con precisión cada uno de estos ajíes y revelarán, en los siguientes años, su verdadero álbum familiar. La ubicación taxonómica del charapita (la especie a la que pertenece) no ha sido determinada con certeza, y se encuentra en estudio en la Universidad Nacional Agraria La Molina (APEGA, 2009).

Según Strasburger (1960), la ubicación sistemática del género *Capsicum* es el siguiente:

TIPO	:	FANEROGAMAS.
SUB TIPO	:	ANGIOSPERMAE.
CLASE	:	DICOTILEDONEA.
SUB CLASE	:	METACRAMIDEAE.
ORDEN	:	TUBIFLORES.
FAMILIA	:	SOLANACEAE.
GENERO	:	<i>Capsicum</i>

Los nombres comunes del género *Capsicum* son: ají, uchu, chile, pimiento (APEGA, 2009).

2.7.2 Descripción botánica

La planta del género *Capsicum* presenta una raíz pivotante, con distribución radial. En las primeras etapas se considera una planta herbácea, pero luego se torna semi leñosa; el tallo tiene forma angular, ramificación dicotómica y altura variable, según la especie; las hojas son enteras, de limbo lanceolado, nervadura reticular, color verde y pecíolo redondo o cilíndrico; las flores son hermafroditas y están conformadas por cinco pétalos de color blanco amarillento o moradas, según sea la especie; el fruto es una baya con 2 a 4 lóculos, los cuales forman cavidades interiores con divisiones visibles en los ajíes largados, pero no en los redondeados; existe una diversidad de formas y tamaños en los

frutos, pero generalmente se agrupan en alargados y redondeados. Al llegar a la maduración los frutos son normalmente rojizos, aunque también los hay anaranjados y amarillos; las semillas generalmente son deprimidas, reniformes, lisas de coloración amarillenta o blanco amarillenta y en ocasiones oscuras o negras (Flor *et al.*, 2007)

La variabilidad del género *Capsicum* está definida primero, por las características de fruto, seguido por la arquitectura de la planta y descriptores de flor (Pardey *et al.*, 2006; Vallejo *et al.*, 2006).

Según el MINAM (2010), el ají charapita es una planta herbácea que alcanza una altura de un metro. Sus hojas son elípticas, agudas, acabadas en punta. Presenta flores de color blanquecino o amarillento. Su fruto es una baya ovalada, lisa, de color amarillo.

2.7.3 Origen

De acuerdo a los análisis moleculares de las especies silvestres de *Capsicum*, se concluye que el género muy probablemente se originó en las regiones áridas de los Andes, en lo que se convirtió en Perú y Bolivia, y luego emigró a regiones tropicales de las tierras bajas de las Américas (Bosland y Votava, 2012; Walshy Hoot, 2001).

En el Perú, los restos arqueológicos más antiguos que comprueban su presencia se hallaron en la cueva Guitarrero, en la provincia de Yungay (Áncash). Estos se remontan a unos 8000 años antes de nuestra era (APEGA, 2009).

2.7.4 Distribución geográfica

Desde su origen en el Alto Perú, zona que incluye la cuenca del Lago Titicaca y lo que hoy es Bolivia, y, gracias a las corrientes de los ríos y a las aves migratorias, el ají empezó su recorrido, que lo llevaría a poblar y conquistar el resto de América del Sur y Central, y después el mundo entero (APEGA, 2009).

Capsicum es un género que fue llevado a España y de allí se dispersó por todo el mundo, se le cultiva en regiones muy distantes entre sí, de África, Asia, Europa y América, en donde tiene un gran valor económico (Waizel y Camacho, 2011)

El Perú es un centro de diversificación y probablemente el país con la mayor diversidad de cultivo de ajíes en el mundo, a causa de la larga historia precolombina de la cultura y

el hecho de que este es uno de los pocos países donde se cultivan y se utilizan variedades de las cinco especies cultivadas en las dietas locales (Sven *et al.*, 2013).

En la región amazónica es uno de los géneros más cultivados por sus etnias, haciendo parte del patrimonio cultural de la región (Arias y Melgarejo, 2000; Vélez, 1991), lo cual ha dado lugar a variedades adaptadas a los diferentes ambientes y a los requerimientos agroindustriales donde se cultiva (Melgarejo *et al.*, 2004).

2.7.5 Ecología

Las plantas de ají se adaptan bien en climas templados y cálidos, y resisten épocas de sequía y alta nubosidad; entre las condiciones óptimas para su cultivo se encuentra una temperatura de 18 a 24° C, una precipitación anual entre 600 y 1250 mm y una humedad relativa entre 70 y 90% (Méndez *et al.*, 2004). El clima y las temperaturas bajas no son favorables al cultivo, con excepción de *Capsicum pubescens* (Casaca, 2005).

2.7.6 Siembra

Para su cultivo, requiere suelos francos a franco-arcillosos, con buen drenaje externo e interno y un pH de 5,5 a 7,0 (Quintero, 2000).

La Amazonía presenta condiciones favorables para la producción continua de ají durante el año, lo que podría servir para abastecer el mercado de los países con inviernos prolongados (Villachica, 1996).

Es recomendable comprar semillas que garanticen el mantenimiento de las características genotípicas y fenotípicas de las variedades a fin obtener la calidad de frutos que demanda el mercado. Se sugiere primero sembrar en semillero porque, durante los primeros 30 días, su crecimiento es muy lento (Casaca, 2005).

Según Villachica (1996) la germinación del ají se produce entre los 15 y 17 días después de la siembra, el trasplante se realiza entre los 45 a 60 días, la floración se produce 60 a 120 días después del trasplante y las épocas de producción alrededor de 120, 150 y 210 días después del trasplante. La máxima fructificación se produce entre 160 a 240 días después del trasplante dependiendo de la variedad (figura N° 06).

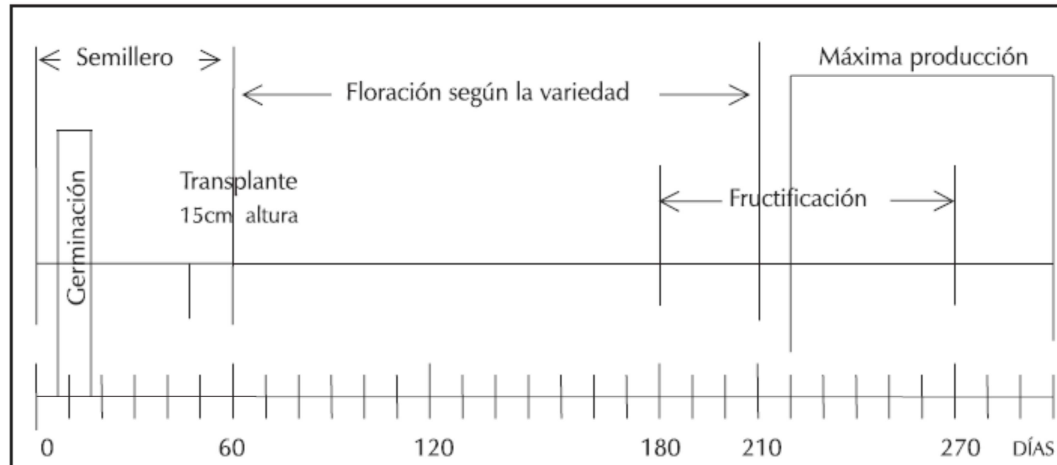


Figura N° 06. Ciclo del cultivo de ají.

2.7.6.1 Semillero

El semillero se puede establecer en cubetas de germinación, vasos desechables, bolsas cajoneras; las semillas se siembran cada 15 cm a una profundidad aproximada de 1.2 cm. Sin importar la forma en que se elabore el semillero este debe permanecer a capacidad de campo (se determina cuando se toma un poco de suelo en la mano y al apretarla toma la forma). El sustrato del semillero consta de (gallinaza 25%, capote 25% y arena 25%), las semillas se mantienen allí durante un periodo 50 a 60 días, época para el trasplante.

2.7.6.2 Trasplante

El trasplante se realiza cuando las plantas alcanzan 15 cm de altura y presentan 4 a 5 folíolos, para esto un día antes del trasplante se suspende el riego y posterior al trasplante se riegan con el fin de mantener una buena oferta hídrica. El cultivo de *Capsicum* puede ser establecido en surcos sencillos a distancia de 80 cm y con distancia de siembra entre plantas de 50 cm. Igualmente se puede sembrar en surco doble con las siguientes distancias: ancho del surco de 0.9 a 1m, distancia entre surcos de 0.8 a 1 m, distancia de siembra entre plantas de 50 a 60 cm (Figura N° 02).

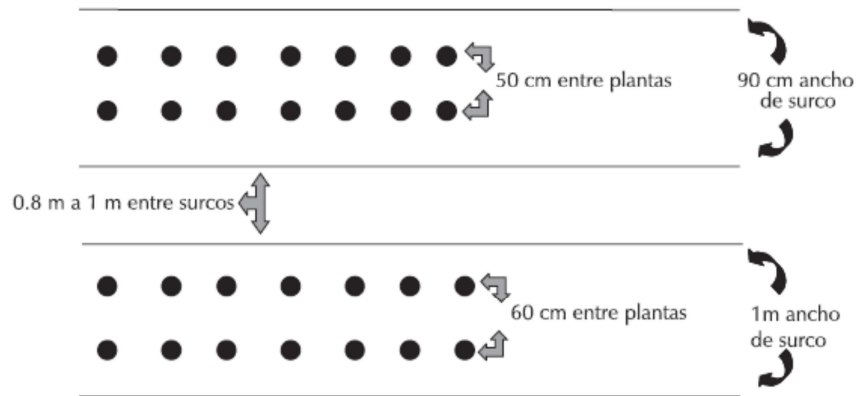


Figura N° 07. Distancia de siembra de plantas de ají.

Con el fin de obtener una mayor producción y rendimiento por planta es recomendable realizar labores de manejo como aumento en la fertilización, raleo de frutos, podas de hojas senescentes y ramas bajas, así como labores de tutorado con el fin de aumentar la productividad y evitar incidencia de enfermedades (Melgarejo *et al.*, 2004).

2.7.7 Plagas y enfermedades

Una plaga es una población de animales fitófagos (algunos insectos) que reducen la producción, aumenta los costos, y afecta la calidad de la cosecha (Melgarejo *et al.*, 2004).

A continuación se mencionan las plagas que afectan al ají charapita (MINAM, 2010):

- **Pulgón**

Insectos de pequeño tamaño que alcanzan una longitud de uno a dos milímetros, siendo el adulto sin alas un poco menor. Sus colores varían entre amarillo claro y verde oscuro. Viven debajo de las hojas, en los brotes y tallos jóvenes, formando colonias. Tienen una buena capacidad de reproducción.

Daños: El adulto y la ninfa chupan la savia, provocando que las hojas se curven y se enrollen. Constituyen un vector potencial para la transmisión de diferentes tipos de virus.

- **Gusano cachón**

Polilla grande con una expansión alar de 9 a 12 centímetros. Las alas anteriores son de color gris, con líneas o bandas oscuras irregulares alternadas con puntos blancos. En el abdomen presentan seis manchas o barras laterales de color anaranjado, formando una fila. Su larva mide de 6 a 8 centímetros, con bandas laterales oblicuas, blancas y negras. Poseen una especie de cuerno rojizo en la parte posterior del cuerpo. Son muy voraces, una sola de ellas, es capaz de defoliar una planta en poco tiempo, dejando solo los pecíolos y tallos.

Daños: Las larvas son muy voraces, destruyen las hojas en poco tiempo. También consumen los tallos, los frutos y las inflorescencias.

- **Perrito de dios, picuro, alacrán cebollero**

Grillo de tamaño mediano que alcanza una longitud de 3 centímetros. Es de color café grisáceo. Su protórax es largo. Sus alas están plegadas y solo cubre la mitad del abdomen. Sus patas delanteras son gruesas, con espinas que le permiten excavar la tierra. Sus patas traseras son más largas. Las ninfas de la especie pasan por 8 estadios diferentes. Son similares al adulto, pero no tienen alas.

Daños: Los adultos y las ninfas grandes cavan túneles en el suelo para llegar a las raíces de la planta y comerla. Generalmente matan la planta.

- **Gusano de tierra**

Mariposa que puede alcanzar una longitud alar de 51 milímetros. Es de color grisáceo o castaño grisáceo. El abdomen es más claro que el tórax. Las alas anteriores son de color castaño oscuro en los dos primeros tercios basales. El segundo par de alas de un color más claro. La larva mide de 30 a 45 milímetros de longitud. La cabeza es de color castaño rojizo. El resto de su cuerpo es de color gris oscuro, de aspecto grasiento.

Daños: Las larvas atacan la zona del cogollo de la planta juvenil, cortándolo por completo. Los ataques suelen ser nocturnos. Aunque las plantas puedan brotar de nuevo,

estas presentan un retraso en su crecimiento y su vigor es mucho menor. También pueden consumir las raíces de la planta y devorar sus hojas tiernas.

- **Thrips**

Insectos de tamaño pequeño que pueden alcanzar una longitud de 3 milímetros. Su forma es cilíndrica, alargada y con el extremo posterior muy agudo. Son de color amarillo, castaño o negro, con bandas alternas, claras y oscuras.

Daños: Tanto las ninfas como los adultos se alimentan de la sabia de las hojas tiernas (brotes), cuyos folíolos están aún plegados, al desplegarse, presentan áreas manchadas. Así mismo puede ser un vector de diferentes enfermedades virales, como los que causan el enrollamiento foliar, el mosaico suave o el mosaico rugoso.

Enfermedades provocadas por hongos, bacterias y virus (MINAM, 2010):

- **Antracnosis del fruto y hoja**

El hongo que causa la enfermedad provoca la desintegración de los tejidos. Se observan manchas negras y hundidas en forma de úlcera que aparecen sobre hojas, tallos, flores y frutos de numerosas plantas. Pueden aparecer rayas de color marrón oscuro en la punta de las hojas. El hongo prospera en ambientes cálidos y húmedos.

Daños: Al dificultar la fotosíntesis las hojas se tornan amarillas y rugosas hasta su destrucción total. Esto genera un atraso en el desarrollo y fructificación de la planta.

- **Moko o casa bacteriana, marchitez bacteriana**

Bacteria que ocasiona el marchitamiento o colapso general de la planta por falta de agua, debido a la obstrucción de los haces o canales vasculares de la planta. Su diagnóstico es muy difícil en las etapas primarias de la enfermedad. En los hijuelos se puede presentar atrofia o malformaciones, sus hojas pueden tornarse amarillas y morir poco después. En plantas jóvenes sus hojas nuevas se tornan de color pálido o amarillento, desde la base hacia los bordes. En las plantas adultas se puede observar

como las hojas centrales se tornan de color amarillo oscuro hacia el pecíolo. En los frutos del plátano se observa una pudrición marrón y seca (diferencia con el Mal de Panamá).

Daños: La planta muere irreversiblemente.

- **Tizón de fuego, podredumbre**

El Tizón de fuego es una enfermedad que se produce por el efecto de la bacteria *Erwinia carotovora*. Es una bacteria que afecta a gran variedad de plantas. Ataca principalmente las hojas, flores, bulbos, frutos y tallos jóvenes de las plantas. La superficie de la parte atacada se vuelve de color negro y adopta una apariencia mojada.

Daños: La bacteria se reproduce rápidamente, ocasionando el marchitamiento y la muerte de la planta. Si afecta a los tubérculos, estos se pudren rápidamente, extendiéndose por el tallo a toda la planta.

2.7.8 Cosecha

Los frutos se separan de la planta con cuchillos pequeños, tijeras, o con la mano, siempre tomando medidas para que no se rompan las ramificaciones. La recolección se hace con el ají todavía verde, pero que ha terminado su crecimiento, constituyendo la denominada madurez técnica o de consumo. También se recoge iniciada la madurez y completamente maduro o en madurez botánica (cuando los frutos que se expenden no se van a transportar a distancias largas, deben recogerse cuando aún estén de color verde, pero desarrollados). Los frutos que se recolectan en madurez técnica deben estar completamente desarrollados, con cáscara tersa, brillo específico y al tocarlos deben estar duros (en este estado los frutos se reconocen también porque aceptan cierta presión sin deformarse). Con la cosecha en este estado se obtienen los mayores rendimientos, pues en los maduros los rendimientos se reducen en un 20%, ya que gran parte de las sustancias alimenticias se consumen en el crecimiento y la formación de las semillas. Los daños mecánicos ocasionados a los frutos durante la recolección suelen ser altos. Se producen por roturas superficiales debido a la manipulación indebida, y por el efecto del

peso y compresión al llenar excesivamente las cajas utilizadas para la recolección (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1994).

El ají y el pimentón se clasifican como frutos no climatéricos, que no continúan con su proceso de maduración después de su desprendimiento de la planta y porque sus patrones de respiración cambian lentamente después de cosechados (Villavicencio *et al.*, 2001).

2.7.9 Usos

Actualmente las especies de *Capsicum* están muy difundidas en el mundo por sus propiedades culinarias, por ser sazonadoras, con base de pigmentos requeridos para cosmetología, más aun por sus propiedades vitamínicas y medicinales. (Mendoza, 2006).

Forma parte de los platillos autóctonos de algunas etnias ya que es consumido por amplios sectores de su población y de países tan diversos como Estados Unidos de América, Corea, Indonesia y Singapur, entre otros. (Waizel y Camacho, 2011)

Del ají (*Capsicum*) se obtiene unos compuestos llamados capsaicinoides que le confieren el sabor pungente o picante al ají. Esta característica permite elaborar diversos productos que finalmente satisfagan al último eslabón de la cadena productiva, el consumidor. Entre los productos transformados se destacan salsas picantes, encurtidos y deshidratados de ají. (Melgarejo *et al.*, 2004)

La capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida) está presente en algunos *Capsicum* y es la responsable del picor. El grado de pungencia se determina según la escala de Scoville. Posee cualidades analgésicas y descongestivas. Favorece la producción de endorfinas (moléculas que promueven la sensación de bienestar). Es empleada en la elaboración de medicamentos para combatir dolores musculares, para combatir plagas en la agricultura, como ingrediente para bebidas como el ginger ale, en salsas para alimentos como el tabasco y en sprays de defensa personal (APEGA, 2009).

Los atributos que promueven la salud no son los únicos de uso importante de los ajíes. Las xantofilas, capsantina y capsorubina son los carotenoides dominantes que permiten la producción de colorantes naturales tales como las oleorresinas. Estos productos se utilizan en las industrias de alimentos y cosméticos (Minguez *et al.*, 1992). En la Amazonía Peruana el ají charapita es utilizada como saborizante y condimento en las comidas, debido a su característico picor. Su fruto se utiliza para combatir la parasitosis intestinal, las infecciones y manchas de la piel y el reumatismo. Sus hojas se utilizan para curar los abscesos. Sus semillas, se utilizan para aplacar el dolor de muelas (MINAM, 2010).

2.7.10 Composición química y valor nutricional

Agronoticias (2002), indica que en el plano estrictamente alimentario, el ají posee un alto contenido de betacaroteno, elemento que retarda la oxidación y el envejecimiento del organismo, igualmente, en vitamina C, le dobla a la naranja y por último, el ají contiene queratina, un fitoquímico que reduce el riesgo del cáncer. No obstante lo dicho, no se debe abusar en el consumo de este producto, a que su ingesta excesiva puede bloquear sus beneficios potenciales.

Cuadro N° 02: Composición química y valor nutricional del ají (en 100g del producto verde).

Elemento	Valor	Medida
Energía	57	calorías
Agua	82.9	gr
Proteína	2.5	gr
Grasa	0.8	gr
Carbohidrato	12.4	gr
Fibra	2.9	gr
Ceniza	1.4	gr
Calcio	21	gr
Fosforo	58	gr
Hierro	1.3	gr
Retinol	382	gr
Vit. B2 (Riboflavina)	0.11	gr
Vit. B5 (Niacina)	1.47	gr
Ácido ascórbico	48.5	gr

Fuente: Agronoticias, 2002.

Como todo vegetal, esta especie es un eficiente laboratorio en donde se lleva a cabo la síntesis de numerosos compuestos, denominados metabolitos primarios y metabolitos secundarios, entre estos últimos se encuentran: Aceites volátiles como: limoneno, linalool, lupeol. Ácidos orgánicos: ascórbico, caféico, cítrico, clorogénico, oléico, linoléico y ácido pcumárico. Alcaloides: solanina, solanidina, solasodina, escopoletina, β -caroteno, β -sitosterol, capsaicina, cariofileno, dihidrocapsaicina, eugenol, escopoletina. Carotenoides con terminación ciclopentánica (capsantina, capsorubina, capsantinona, etc.). Heterósidosditerpénicos (capsianósidos), y un heterósido del furostanol (capsicósido). Luteína, tocoferol, trigonelina, y zelaxantina (Li, 2000; Bruneton, 2001; González, 2008; Duke, 2009).

Los capsaicinoides presentes en mayor concentración son la: capsaicina y la dihidrocapsaicina; mientras que en menor concentración se encuentran: la homocapsaicina, la homodihidrocapsaicina y la nordihidrocapsaicina), ellos son los responsables de su pungencia, y aunque están en muy baja concentración en los pimientos morrones, pueden sobrepasar el 1% en las especies muy picantes (Bruneton, 2001).

Svenet *al.* (2013), encontraron que la concentración más alta de capsaicinoides es en *Capsicumfrutescens* con 1560.1 mg/100 g de capsaicinoides totales y un patrón de 68.5% de capsaicina, 29.5% de dihidrocapsaicina, y el 1,7% de nordihidrocapsaicina. Esto es equivalente a 250000 unidades Scoville (SHU). En *Capsicumchinense* la cantidad máxima fue de 1411.6 mg/100 g, en *Capsicumannuum*, 809.0 mg/100 g. *Capsicumbaccatum* era el menos penetrante de las tres especies con el valor de 711.7 mg/100 g. La escala internacional de Scoville indica el número de veces que el producto debe ser diluido en cierta cantidad de agua azucarada para que deje de ser percibido por el ser humano (APEGA, 2009).

La capsaicina es un metabolito secundario, se trata de un compuesto orgánico de nitrógeno de naturaleza lipídica, es un vaniloide natural (químicamente es: 8-metil- N-vanilil-6-nonamida). Durante un tiempo se pensó que se trataba de una sustancia de tipo alcaloide, en la actualidad se reconoce esta equivocación, como se puede apreciar en la imagen, su estructura no deja duda. Es una oleorresina (Li, 2000), aunque para Molina

(2001), esta sustancia pertenece al grupo químico denominado de las alcamidas y más propiamente una alquenamida.

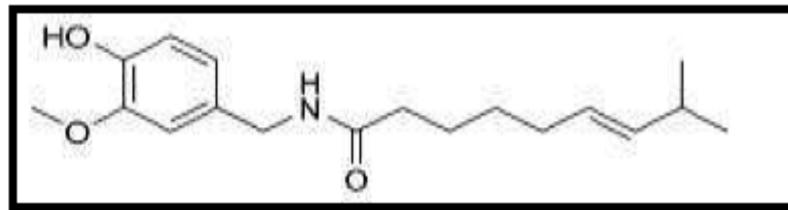


Figura N° 08. Estructura química de la capsaicina.

Por otra parte, Una sustancia altamente benéfica presente en los ajíes es un aminoácido esencial difícil de encontrar en los vegetales, pero abundante en la carne animal -sobre todo de ganado vacuno-, que es el triptófano, el cual interviene en los procesos intelectuales. Otros constituyentes presentes son grasas vegetales, hidratos de carbono, calcio, hierro y fósforo. (Mendoza, 2006).

2.7.11 Mitos y creencias relativas al ají

Algunas creencias en torno al ají y lo que la ciencia tiene que decir al respecto (APEGA, 2009):

- ***Si la sensación de ardor en la boca se hace intolerable luego de comer ají, lo mejor es tomar agua fría.*** No es cierto. De hecho, la capsaicina del ají (responsable del picor) no se disuelve en agua fría y es apenas soluble en agua caliente. Lo que se logra tomando agua es, en realidad, esparcir el ardor por toda la boca. La capsaicina se disuelve un tanto mejor en alcohol, pero la cerveza no resulta eficaz: al tener baja graduación alcohólica –y al ser consumida generalmente fría–, no suele aliviar bien estas premuras. Si de beber algo se trata, la mejor opción es la leche o el yogur: los lácteos contienen una proteína llamada caseína, que neutraliza el efecto de la capsaicina. El consenso es que la mejor manera de remover el picor de la boca es masticando pan. Untarle algo de mantequilla (por ser un producto lácteo) resulta otra buena opción. Ojo: la “leche de tigre” no es un lácteo.
- ***El consumo continuo de ají puede ocasionar gastritis o incluso úlceras.*** Completamente falso. “Hurry, worry and curry” (“El apuro, la preocupación, el

condimento”) era el lema con el cual se explicaba, décadas atrás, la aparición de las úlceras. Ahora sabemos que es exactamente al revés: los capsaicinoides del ají protegen la mucosa gástrica. De hecho, una dieta rica en ajíes podría defender al estómago del daño que sí causan el alcohol, la cafeína y la aspirina. Parte del efecto benéfico tiene que ver con el hecho de que los capsaicinoides inhiben el crecimiento de la temible *Helicobacter pylori*, bacteria responsable de la gastritis y la úlcera. A no temer.

- ***Un ají “viejo” pica más que uno más fresco.*** Es verdad. Mientras más tiempo tiene un ají de cosechado, más seco estará, con lo cual la superficie exterior del ají empezará a pegarse a las venas, que es donde se concentran los capsaicinoides. Un ají con menos agua resulta, entonces, un ají más “concentrado”.
- ***Es bueno comer ají si se está resfriado.*** Cierto. El ají es un estupendo expectorante. Puesto que estimula la mucosa gástrica, producirá también un aumento de las secreciones del sistema respiratorio, haciendo más fluidas las flemas. Condiciones como el asma o la bronquitis podrían verse disminuidas con el consumo de ají.
- ***El ají es un afrodisíaco.*** Eso depende. Este atributo interesante del ají –presente en casi todas las culturas donde se consume con regularidad– tiene que ver más con la liberación de endorfinas en el cuerpo, obsequio de la capsaicina, que con un incremento del deseo sexual. Pero la ligera euforia que siente el comensal “puro y duro” de ají, acompañada por una pequeña dilatación de los vasos, aumento del ritmo cardíaco y la sudoración. El consenso científico es que no existen las llamadas “comidas afrodisíacas”, pero el consenso popular es que aquello resulta irrelevante.
- ***Si comemos mucho ají, “picará dos veces, cuando entre y cuando salga”.*** Cierto. Aunque de ninguna manera picará con la misma intensidad hacia el final del ciclo digestivo, si se ha consumido una buena cantidad de ají este dicho popular se hará evidente, tal y como lo advertía la abuela. Es cierto que el intestino delgado y el estómago absorben la capsaicina –brindando un calorcillo agradable– y que el hígado acaba eliminando el picor, pero si hubo una buena comilona sazónada con mucho picante, parte de esa capsaicina proseguirá su recorrido por el sistema digestivo, hasta decir ¡hola! al final del viaje.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de las plantas piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, haciendo uso de la planta piloto de palmito, laboratorio de Ingeniería de Alimentos, laboratorio de Análisis Físicoquímico de Alimentos y laboratorio de Microbiología de Alimentos, con dirección en Av. Augusto Freyre N° 610, distrito de Iquitos, provincia de Maynas. Los experimentos de liofilizado de ají charapita se realizó en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales Antiparasitarios de la Amazonía, de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ubicado en Psje. Los Paujiles S/N, AA.HH. Nuevo San Lorenzo, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas.

3.1 Materiales

3.1.1 Materia prima

Los frutos de ají charapita se obtuvieron del centro poblado “Mapacocha” ubicado en el Km 6.4 de la carretera Iquitos – Nauta en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas. Tales frutos se cosecharon en estado intermedio de maduración con color característico amarillo claro, envasados en bolsas de polietileno y embalados en cajas de cartón.

3.1.2 Equipos

- Secador de lecho fluidizado con variador de velocidad de aire incluido. Marca: Torr. Modelo: SLFT – 240X. Serie: TP 031-0101. Material: acero inoxidable. Año de fabricación: 2009. Origen: Perú.
- Secador de bandeja con variador de velocidad de aire incluido. Marca: Electrozone. Temperatura de funcionamiento: 30°C hasta 250°C
- Liofilizador. Marca: Labconco. Serie: 060758404 A. Voltaje: 230 V. Amperios: 11.0 Año de fabricación: 2006. Origen: Estados Unidos de América.
- 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.
- Equipo de congelación. Marca: Labconco. Serie: 7949040. Temperatura de funcionamiento: 0°C hasta -42°C
- Balanza digital de tres dígitos. Marca: Cavory. Modelo: EK 5350. Capacidad Máxima: 5 Kg. Origen: China.
- Licuadora. Marca: Philips. Modelo: HR 1760. Voltaje: 220 – 240 V. Potencia: 500 W. Serie: 0614. Origen: Brasil.
- 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.
- Baño termostático graduable hasta 100°C.
- Contador de colonias. Marca: Hellize. Origen: Estados Unidos de América.
- Destilador de agua.
- Incubadora. Marca: Selecta.
- Microscopio electrónico. Marca: Zeiss. Origen: Alemania.
- Medidor de vernier.

3.1.3 Materiales de laboratorio

- Tamizador de 6 x 6mm.
- Cilindros portadores de muestras de ají (para secado en lecho fluidizado).
- Campanas desecadoras de vidrio.
- Termómetro.
- Vasos de precipitado.
- Probeta graduada.
- Baldes de plástico.
- Plumones.
- Empaques trilaminados.
- Frascos de vidrio pequeños.
- Selladora de empaques.
- Mascarillas.
- Guantes quirúrgicos.
- Lunas de reloj.
- Colectores de vidrio marca Labconco para liofilización.
- Formatos de evaluación sensorial.
- Asa bacteriológica o de inoculación.
- Tubos de ensayo.
- Crisoles.
- Gradillas.
- Matraces.
- Pinzas.

- Pipetas.
- Placas petri.
- Papel toalla.
- Mechero de bunsen.
- Soporte universal, etc.

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 Métodos

3.2.1 Diseño experimental de la investigación

Tipo experimental. En la presente investigación se emplearon tres metodologías, es decir, tres técnicas de secado de alimentos. Como variable independiente se consideró la metodología de secado y la variable dependiente o variable respuesta corresponde al porcentaje de humedad de las muestras secas y los atributos color y olor en la evaluación sensorial.

Se analizaron los datos obtenidos del análisis fisicoquímico de todas las muestras secadas en cada uno de los métodos, así como también de la muestra fresca. Se realizó el cálculo de la media, varianza, desviación típica estándar y coeficiente de variación entre las muestras por cada método de secado.

Se tuvo mayor énfasis en el dato de porcentaje de humedad, ya que es la característica de mayor relevancia en los productos secos, aquella muestra que resultó tener el menor porcentaje de humedad en el método de secado empleado, fue la que pasó a las etapas

de análisis sensorial y microbiológico, además se realizó un breve análisis del costo de producción.

Los datos obtenidos del análisis sensorial fueron procesados a través del Análisis de la Varianza (ANOVA) con nivel de significancia de 5% ($p \leq 0.05$), que al encontrarse diferencias significativas, se tendrá en cuenta la prueba de Tuckey para determinar la diferencia mínima significativa (DMS) entre las muestras (Anzaldúa, 1994).

3.2.1.1 Diseño experimental para secado de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en secador de lecho fluidizado

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con dos factores de estudio: temperatura y tamaño de ají, con 3 y 2 niveles respectivamente, obteniendo 6 tratamientos que con 3 repeticiones hacen un total de 18 experimentos. Se detalla a continuación:

Factor de estudio		Temperatura (T)°C		
		T ₁	T ₂	T ₃
Tamaño de ají	G	T ₁ G	T ₂ G	T ₃ G
	P	T ₁ P	T ₂ P	T ₃ P

Donde:

- Temperaturas:

$$T_1 = 50^\circ\text{C}; T_2 = 60^\circ\text{C}; T_3 = 70^\circ\text{C}$$

- Tamaños de ají:

G = grande; P = pequeño

3.2.1.2 Diseño experimental para secado de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en secador de bandejas

El diseño experimental para el secado en bandejas es exactamente igual al del secado en lecho fluidizado, la diferencia está en las condiciones de operación como el diseño del equipo y la velocidad del aire de secado.

3.2.1.3 Diseño experimental para secado de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en liofilizador

Se aplicó un diseño totalmente randomizado teniendo como factor de estudio las diluciones del ají licuado con agua con 3 niveles y 2 repeticiones, obteniendo un total de 6 UE (unidades experimentales). Se detalla en el siguiente cuadro:

Diluciones	D ₁	D ₂	D ₃	
Repeticiones	R ₁	D ₁ R ₁	D ₂ R ₁	D ₃ R ₁
	R ₂	D ₁ R ₂	D ₂ R ₂	D ₃ R ₂

Donde:

- Diluciones:(ají: agua)

D₁ = 1: 0.25; D₂ = 1: 0.50; D₃ = 1: 0.75

3.2.2 Análisis realizados a la materia prima

3.2.2.1 Determinación de diámetro (tamaño).

Antes de realizar la medición del diámetro de las bayas de ají, se construirá un tamiz con área de malla de 6 x 6 mm (36 mm²), con el cual se obtendrá dos tamaños de bayas de ají: pequeño y grande. Posterior a esta selección se medirá el diámetro promedio del ají para los dos tamaños, con la ayuda de un medidor de vernier.

3.2.2.2 Determinación de peso

Los frutos de ají seleccionados por diámetro serán pesados uno por uno de un total de 20 unidades de muestra por cada tamaño, esto con el objetivo de obtener un promedio en peso y uniformizar los datos para los cálculos.

3.2.2.3 Determinación de humedad

La determinación fue hecha por el método 31.005 del A.O.A.C. (1998). Se basa en el contenido de agua de la muestra. Se utilizó 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 5 g de muestra y se coloca en la estufa a una temperatura de 105° C, por un tiempo de 5 horas. Después de transcurrido este tiempo se saca de la estufa y se lleva 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 obtiene aplicando la siguiente fórmula:

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

Donde:

- P_1 = peso placa más muestra.
- P_2 = peso final al transcurrir las 5 horas.
- PM = peso de la muestra.

3.2.2.4 Determinación de cenizas

La determinación fue hecha con el método de N.T.P. 206.012. Se pesó 5 g de muestra en un crisol por triplicado. Luego se colocaron 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. El porcentaje de cenizas se calcula mediante la fórmula:

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

Donde:

- P_1 = Peso de crisol más muestra fresca.

- P_2 = peso crisol más muestra seca.
- PM = peso de la muestra.

3.2.2.5 Determinación de grasas

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

Se pesa 5 g de muestra, luego transferir a un papel filtro y colocar en el soxhlet, previamente pesar el balón donde se va a recepcionar la grasa extraída; añadir aproximadamente 120 ml de hexano al soxhlet, y calentar en la cocinilla durante 5 horas, luego retirar la muestra y recuperar el hexano, se coloca el balón y su contenido en una estufa a 105°C. Se deja desecar por 3 horas. Después se enfría el balón y su contenido quedando al final la grasa extraída en el balón; y pesar. Se aplicará la siguiente fórmula:

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

Donde:

- P_1 = Peso del balón más muestra grasa.
- P_2 = peso del balón vacío.
- PM = peso de la muestra.

3.2.2.6 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. Luego se coloca el balón en el aparato para la digestión hasta que destruya toda la materia orgánica, esto se produce cuando el líquido del balón tiene un color azul verdoso transparente.

- **Destilación:**

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

El destilado se recoge en un matraz que tiene 7 ml de ácido bórico y también contiene 9 gotas de azul de metileno como indicador.

- **Valoración:**

Después de haber destilado 50 ml de líquido se valora el exceso del ácido con una solución de ácido sulfúrico al 0.025 N. El porcentaje de nitrógeno se calcula:

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

Donde:

- V= Gasto de titulación ácido sulfúrico.
- N= Normalidad del ácido sulfúrico.
- PM = peso de la muestra
- Factor $N_2 = 0.014$

El porcentaje de proteína se obtiene a través:

$$\% \text{ Proteína} = \% N_2 \times \text{Factor de proteína}$$

Factor de proteína= 6.25

3.2.2.7 Determinación de carbohidratos

Se obtiene por diferencia de porcentaje (MINSA, 2009):

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

Donde:

- % H: Porcentaje de humedad.
- % C: Porcentaje de ceniza.
- % G: Porcentaje de grasa.
- % P: Porcentaje de proteína.

3.2.2.8 Determinación de calorías

Se determinó por cálculo directo, donde intervienen porcentaje de grasas multiplicado por nueve, porcentaje de proteínas multiplicado por cuatro y porcentaje de carbohidratos multiplicado por cuatro (MINSA, 2009):

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

Donde:

- % G: Porcentaje de grasa.
- % P: Porcentaje de proteína.
- % CHO: Porcentaje de carbohidratos.

3.2.3 Análisis realizados al producto final

3.2.3.1 Análisis fisicoquímico

Determinaciones de humedad, cenizas, lípidos, proteínas, carbohidratos y calorías descritos en el ítem 3.2.2.

Para la muestra de ají diluido en agua para liofilizado se realizó el análisis de sólidos totales que se describe a continuación:

- **Determinación de sólidos totales.** Método recomendado por Lees (1969). Desecar una cápsula de vidrio y, después de enfriarla, pesarla. Luego pipetear 25 ml de muestra líquida a la cápsula previamente tarada y pesar. Colocar cápsula y contenido sobre baño de agua hirviendo y evaporar a sequedad, luego desecar en una estufa durante tres horas a 105°C. Pesar y colocar de nuevo la cápsula en la estufa y comprobar el peso a intervalos de treinta minutos hasta que no se produzca pérdida de peso. Los que se obtiene por diferencia a partir de la siguiente fórmula:

$$x = \frac{P_1 - P_2}{PM} \times 100$$

Donde:

- P1 = Peso del crisol más muestra fresca.
- P2 = Peso del crisol más muestra seca.
- PM = Peso de la muestra.

3.2.3.2 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico fue tomado en cuenta en la presente investigación como un indicador de las condiciones en las que se han procesado los ajíes en polvo, esto es, el grado de inocuidad con la que se llevó a cabo los experimentos.

Se realizaron análisis microbiológicos a las muestras que obtuvieron menor valor de porcentaje de humedad, es decir, las muestras que en la presente investigación fueron consideradas el mejor producto de acuerdo a la característica mencionada. En ese sentido se analizaron tres muestras: ají charapita en polvo secado en secador de lecho fluidizado, secado en secador de bandejas y liofilizado.

Según la Resolución Ministerial N° 615 – 2003 – SA/DM de Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, para las frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas se evalúan los siguientes microorganismos que son presentados con sus respectivos límites en el cuadro N°03.

Cuadro N° 03. Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas.

Agente microbiano	Límite por gramo	
	Min.	Máx.
Mohos	10^2	10^3
Levaduras	10^2	10^3
<i>Escherichia coli</i>	10	5×10^2
<i>Salmonella sp.</i>	Ausencia/25 g	---

3.2.3.3 Análisis sensorial

3.2.3.3.1 Selección de jueces

Se seleccionó a personas que tienen algún conocimiento de la evaluación sensorial de los alimentos. En este caso se convocó a estudiantes de quinto nivel de la Escuela de Formación Profesional de Bromatología y Nutrición Humana, y - además de egresados - de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias, todos ellos pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Previo a la selección, se tomó en cuenta el interés, disponibilidad y viabilidad de los candidatos a jueces (Anzaldúa, 1994), además de tener el hábito de consumo de ají.

Para determinar si un candidato a juez es aceptado o rechazado para el análisis sensorial, es decir, para medir la habilidad de los candidatos, se aplicaron pruebas de sensibilidad a la vista y al olfato.

3.2.3.3.2 Entrenamiento de jueces

Se aplicó un entrenamiento para obtener jueces semientrenados o “de laboratorio”. Los jueces semientrenados son personas que han recibido un entrenamiento teórico, realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente participan en pruebas discriminativas sencillas. Cuando quieran emplearse jueces semientrenados, hay que buscar que estén ‘entrenados’, pero que solamente van a diferenciar entre muestras y no a medir propiedades o usar escalas. Las pruebas con jueces semientrenados o “de laboratorio” deben efectuarse con un mínimo de 10 jueces

y un máximo de 20, cuando mucho, 25, con tres o cuatro repeticiones por cada juez para cada muestra (Anzaldúa, 1994).

En tal sentido, se explicó a los jueces seleccionados en qué consiste la evaluación sensorial, cuál es su importancia tanto para la investigación como para el control de calidad y otras aplicaciones en la industria alimentaria, cuáles son los métodos en los que ellos van a participar, qué consecuencias puede tener el que no contesten adecuadamente. Además se dio una explicación detallada del uso de los cuestionarios.

3.2.3.3 Prueba sensorial

Para la prueba sensorial se tuvo en cuenta el área de prueba, el horario de la prueba (17:00 horas), el tipo de envase para las muestras (frascos de vidrio), la cantidad necesaria de muestra, materiales de limpieza, agua, formatos, lapiceros y temperatura y luminosidad del ambiente.

La prueba sensorial que se aplicó es la prueba discriminativa de comparaciones múltiples. Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea saber si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia. Estas pruebas son muy usadas en el control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comparables a estándares, etc. Asimismo, por medio de ellas se puede comparar el efecto de modificaciones en las condiciones del proceso sobre la calidad sensorial del producto, las alteraciones producidas por la sustitución de un ingrediente por otro, etc. Para las pruebas discriminativas pueden usarse jueces semientrenados (Anzaldúa, 1994).

Por otra parte, cuando se tiene que analizar un número grande de muestras, es posible efectuar la comparación simultánea refiriéndolas a un estándar, patrón o muestra de referencia. Este método se llama prueba de comparaciones múltiples y resulta muy útil para evaluar el efecto de variaciones en una formulación, la sustitución de un ingrediente, así como la influencia del material de empaque, las condiciones del proceso, etc. Los resultados de esta prueba son procesados mediante el Análisis de la Varianza (ANOVA) y de encontrarse diferencia significativa a un nivel de significancia

dado se aplica la prueba de Tuckey para determinar la diferencia mínima significativa (DMS) entre las muestras (Anzaldúa, 1994).

3.2.4 Proceso experimental para la obtención de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo

3.2.4.1 Diagrama de flujo experimental

En la figura N° 09 se muestra el flujo experimental global para los tres métodos de secado.

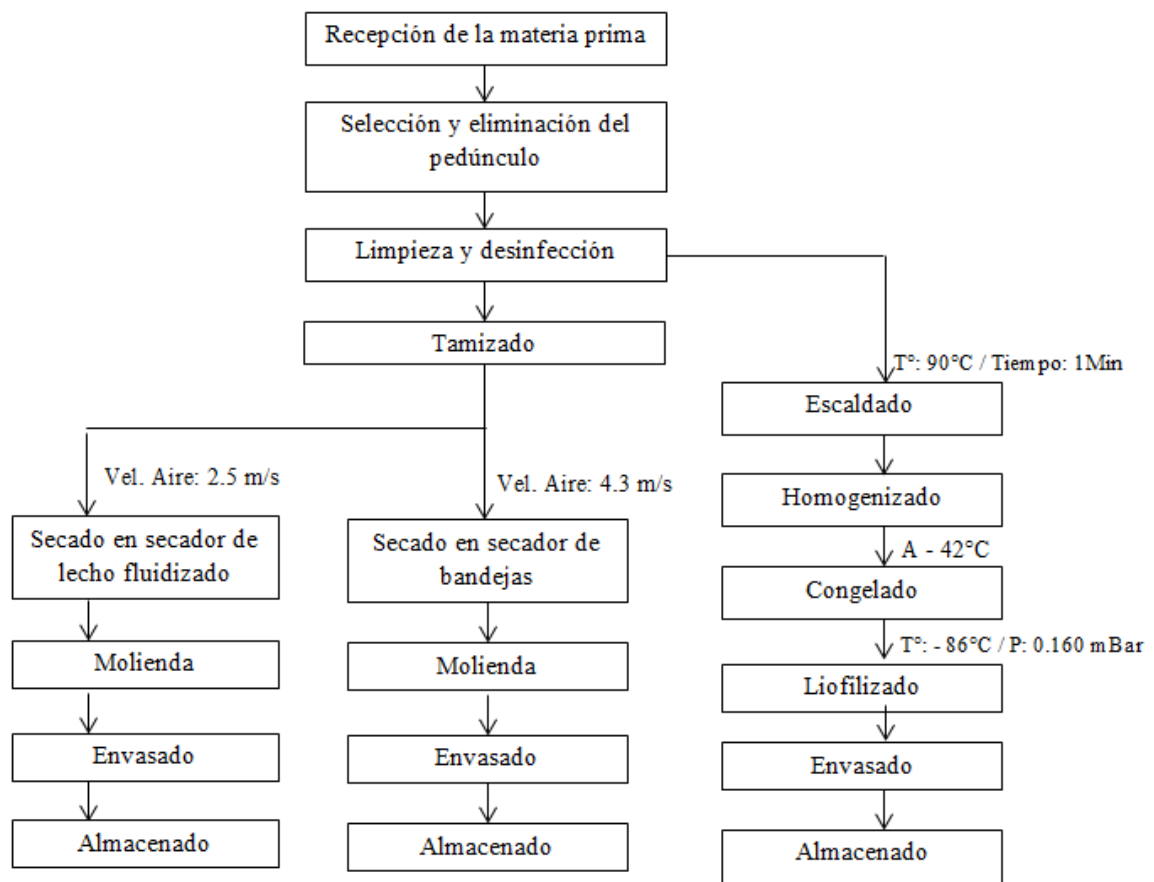


Figura N° 09. Diagrama de flujo para la obtención de polvo de *Capsicum frutescens* (ají charapita) mediante las técnicas de secado en lecho fluidizado, en bandejas y liofilizado.

3.2.4.2 Descripción del proceso para la obtención de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo

- **Recepción de la materia prima**

La materia prima se obtuvo del centro poblado “Mapacocha” ubicado en el Km 6.4 de la carretera Iquitos – Nauta en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas. El proveedor de la chacra se encargó de cosechar ajíes semi-maduros que luego los empacó en bolsas de polietileno y embalado en cajas de cartón. Los frutos de ají llegaron a la planta en estado fresco.



Imagen N° 01.Materia prima.

- **Selección y eliminación del pedúnculo**

Previo a esta etapa se pesó la materia prima con el objeto de obtener datos para el balance de materiales. Se seleccionaron frutos frescos, y se eliminó el pedúnculo de forma manual.



Imagen N° 02.Frutos de ají seleccionados y sin pedúnculo.

- **Lavado y desinfectado**

La materia prima seleccionada fue lavada con agua, eliminando tierra adherida y todo tipo de elementos extraños. Se aplicó Kilol®, desinfectante orgánico proveniente del extracto de la pulpa y semilla de toronja, que tiene efecto contra *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonasa eruginosa* y *Vibrio cholerae*. Para desinfectar el ají charapita, se diluyó 5 ml de Kilol® por cada litro de agua, dejando el alimento durante 5 minutos en la solución.



Imagen N° 03.Frutos de ají lavados y desinfectados.

- **Tamizado**

Se utilizó un tamiz de construcción propia del estudio, con tamaño de malla de 6 x 6 mm, de esta manera se obtuvieron dos tamaños de ají: pequeño y grande. La homogenización del tamaño del ají es una etapa importante en el proceso para el secado en bandejas y en lecho fluidizado, ya que el tamaño del ají es considerado como factor de estudio en el diseño experimental de éstas técnicas de secado.



Imagen N° 04.Tamizado del ají charapita.

- **Secado en secador de lecho fluidizado**

Se realizó un montaje a nivel laboratorio para el secado del ají charapita en el secador de lecho fluidizado, para ello se empleó dos cilindros de 10 cm de diámetro y 50 cm de altura como colectores del ají. Cada colector contenía un tamaño determinado de ají. El secador de lecho fluidizado cuenta con dispositivo variador de la velocidad de flujo de aire de secado. La velocidad de aire óptima empleada en el secado de ají en lecho fluidizado fue de 12.5 m/s, a esta velocidad las partículas de ají fluyen correctamente en el interior de los cilindros colectores. Se tuvo en cuenta la altura del lecho de ají, se consideró razonable una altura de 10 cm debido a que es el espacio comprendido entre la plancha perforada que sostiene el producto y las puertas del secador. Se tomaron pesos de las muestras de ají cada 10 minutos para construir la curva de cinética de secado, asimismo, en la imagen N° 07 se puede apreciar el efecto de la fluidización en las muestras de ají durante el periodo de secado. Las temperaturas del aire en el proceso fueron de 50°C, 60°C y 70°C.



Imagen N° 05.Equipo secador de lecho fluidizado.



Imagen N° 06.Variador de velocidad de aire en secador de lecho fluidizado.



Imagen N° 07. Fluidización de las muestras de ají charapita en secador de lecho fluidizado.



Imagen N° 08. Pesado de las muestras de ají en el proceso de secado.

- **Secado en secador de bandejas**

Se realizó el secado de las muestras en pequeñas cantidades. El secador de bandejas también cuenta con dispositivo variador de velocidad alcanzando una velocidad máxima de flujo de aire de 4.3 m/s, dato que fue tomado en todos los experimentos del secado de ají en el secador de bandejas. Cada 15 minutos se pesaron las muestras para construir la curva de cinética de secado. Las temperaturas del aire en el proceso fueron de 50°C, 60°C y 70°C.



Imagen N° 09.Secador de bandejas.



Imagen N° 10.Variador de velocidad de aire en secador de bandejas.



Imagen N° 11.Muestras de ají charapita secadas de secador de bandejas.

- **Molienda**

Se realizó el molido de las muestras secas en una licuadora de uso doméstico para mantener en condiciones cerradas esta etapa del proceso; y por seguridad, ya que al hacerlo en un molino que no cuente con condiciones cerradas provocaría la volatilización de las partículas en el ambiente de trabajo lo cual generaría en las personas alergias a la piel (irritación y escozor) y sistema respiratorio (estornudos, irritación de mucosa nasal). El uso de por ejemplo un molino de martillos, hubiese ocasionado pérdidas en el rendimiento del producto debido a la pérdida en el ambiente del producto.



Imagen N° 12.Molienda de las muestras de ají charapita secas.

- **Envasado**

Una vez tamizado el ají en polvo para la eliminación de la semilla, fue envasado en empaque trilaminado, ideal para este tipo de productos ya que protege de la humedad.

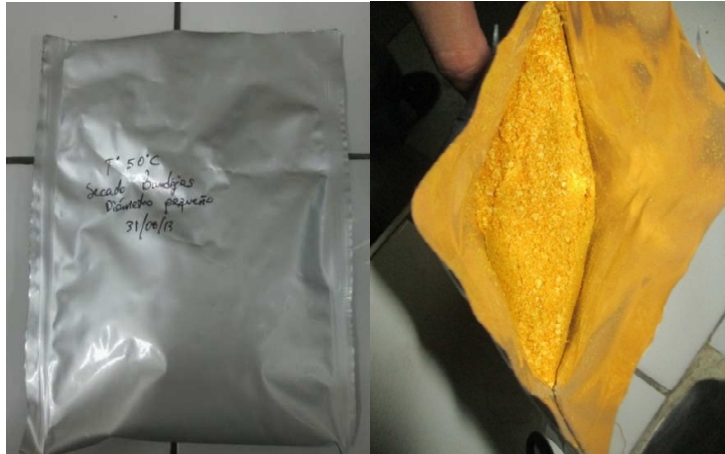


Imagen N° 13.Envasado del ají charapita en polvo.

- **Almacenado**

El producto envasado fue almacenado en un ambiente fresco y seco, a una temperatura de 24°C y 60% de humedad relativa.

- **Etapas del liofilizado de las muestras de ají:**

- **Escaldado**

Esta etapa se realiza para fijar el color y ablandar la materia prima, para su posterior homogenizado, la temperatura de escaldado es 90°C por 1 minuto.

- **Homogenizado**

El homogenizado es para obtener una masa homogénea del ají en agua y facilitar su congelación, de lo contrario, el proceso de congelación es más prolongado en la formación de cristales de hielo.



Imagen N° 14.Muestra de ají charapita homogenizado.

- **Congelado**

La etapa del congelado es un tratamiento previo al liofilizado, se trata de que la muestra al ser liofilizada sea procesada en el menor tiempo posible. La formación de cristales de hielo y la formación de poros en la estructura del alimento facilita la etapa de sublimación en el liofilizado del producto y depende en gran medida de la naturaleza del alimento.

En alimentos líquidos, la red de cristales de hielo formada depende de la tecnología de congelación empleada. Los congeladores estáticos dan lugar a cristales grandes que contactan unos con otros en varios puntos. Con la sublimación, esto lleva a una red de canales porosos a través de los cuales se puede difundir fácilmente el vapor de agua, pero mejores resultados se tiene con la congelación rápida concéntrica en donde la distribución del agua es tubular alrededor de los colectores y la red contacta todos los puntos del material. En los alimentos sólidos con una estructura celular o de gel, los cristales individuales están separados unos de otros y no se forman redes porosas. En este caso, el vapor de agua puede ser difundido a través de la estructura sólida del alimento y el secado es significativamente más largo. Sin embargo si la congelación es demasiado rápida se pueden producir tensiones que dan lugar a grietas, esto abre canales en los alimentos secos para la difusión del vapor, pero influye negativamente sobre las características del producto final (Mafart, 1994).

El equipo de congelación empleado en la presente investigación tiene un rango de temperatura de 0°C hasta - 42°C, la congelación es rápida y concéntrica. Se utilizaron

colectores de 300 y 150 ml de capacidad y el solvente usado en el equipo de congelación fue etanol de 96°.



Imagen N° 15. Congelación de las muestras de ají charapita.

- **Liofilizado**

Las muestras de ají diluidas en agua, licuadas y congeladas hasta -42°C , fueron liofilizadas en un liofilizador marca Labconco[®] facilitado por el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales Antiparasitario de la Amazonía – LIPNAA, de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. La presión de vacío empleada fue de 0.160 mBar y la temperatura de liofilización fue de -86°C .



Imagen N° 16. Liofilizado de las muestras de ají charapita.

- **Envasado y almacenado**

Las muestra liofilizadas de ají charapita fueron envasadas en empaques trilaminados y almacenadas en ambiente fresco y seco a temperatura de 24°C y 60% de humedad relativa. No fue necesaria la molienda de las muestras liofilizadas ya que se obtuvo un polvo muy fino, pero si se tamizó para separar las semillas del polvo de ají.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Materia prima

4.1.1 Determinación de diámetro (tamaño).

Para la determinación del diámetro de los ajíes, primero se procedió a tamizarlos haciendo uso de una malla de 6*6mm, obteniéndose dos tamaños: pequeños y grandes; luego se procedió a medir el diámetro de los ajíes. En el cuadro N° 04 se detalla los datos obtenidos de las medidas del diámetro del *Capsicum frutescens* (ají charapita) para cada tamaño.

Cuadro N° 04. Determinación del diámetro del *Capsicum frutescens* (ají charapita).

Diámetro de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) de tamaño grande (cm)	Diámetro de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) de tamaño pequeño (cm)
0.9	0.6
0.85	0.55
0.75	0.6
0.8	0.5
0.75	0.6
0.75	0.45
0.9	0.6
0.85	0.55
0.65	0.6
0.85	0.55
0.7	0.6
0.8	0.55
0.8	0.6
0.8	0.5
0.7	0.6
0.8	0.5
0.65	0.6

0.7	0.6
0.85	0.45
0.8	0.45
Promedio: 0.78 ± 0.07	Promedio: 0.55 ± 0.06

Existe una clara diferencia entre el promedio del diámetro de los ajíes de tamaño grande con 0.78 ± 0.07 cm respecto al promedio del diámetro de las muestras de ají de tamaño pequeño que alcanzó 0.55 ± 0.06 cm. El tamizado es considerado importante en este estudio puesto que de ello depende el tiempo en que el producto estará expuesto a la corriente de aire caliente en los secaderos de lecho fluidizado y bandejas, en caso no se realizara esta etapa del proceso, se corre el riesgo de que los ajíes pequeños deterioren sus componentes como las proteínas o que se dé el proceso de oxidación lipídica, dando como resultado cambios indeseados en el color del producto final. Entonces, los ajíes de tamaño pequeño en el proceso de secado evacúan agua más rápidamente y es necesario determinar en qué momento retirarlos del equipo de secado.

4.1.2 Determinación de peso

Para la determinación del peso de los ajíes, primero se procedió a tamizarlos haciendo uso de una malla de 6*6mm, obteniéndose dos tamaños: pequeños y grandes luego se determinó el peso promedio de una muestra de 20 unidades de *Capsicum frutescens* (ají charapita) por cada tamaño. En el cuadro N° 05 se tiene los datos de los pesos tomados a cada baya.

Cuadro N° 05. Determinación del peso del *Capsicum frutescens* (ají charapita) según el tamaño.

Peso de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) de tamaño grande (g)	Peso de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) de tamaño pequeño (g)
0.2444	0.1120
0.1913	0.1180

0.3342	0.1691
0.3261	0.0924
0.3615	0.1649
0.2606	0.1036
0.2855	0.1258
0.3063	0.1358
0.2306	0.0698
0.2956	0.0823
0.3003	0.1334
0.2502	0.1415
0.3421	0.1083
0.2813	0.1530
0.3278	0.1195
0.3563	0.1110
0.3036	0.1483
0.2509	0.1136
0.3281	0.1772
0.2539	0.1658
Promedio: 0.2915±0.05	Promedio: 0.1273±0.03

Se tiene que los datos de peso de los ajíes de tamaño pequeño y grande son 0.1273±0.03 g y 0.2915±0.05 g respectivamente. Significa que en el proceso de secado en lecho fluidizado y en bandejas, los ajíes de tamaño grande son las que estarán mayor tiempo en el proceso a una determinada temperatura y velocidad de flujo de aire. Particularmente, en el secado en lecho fluidizado, los ajíes de tamaño pequeño alcanzarán la fluidización en menor tiempo que las muestras de tamaño grande, esto a una determinada velocidad de flujo de aire.

4.1.3 Análisis fisicoquímico

Se determinó humedad, cenizas, grasas, proteínas, carbohidratos y calorías. Se detalla en el cuadro N° 06.

Cuadro N° 06. Composición fisicoquímica del *Capsicum frutescens* (ají charapita) fresco.

Variable fisicoquímica	%
Humedad	82.13
Cenizas	2.12
Grasas	0.89
Proteínas	1.80
Carbohidratos	13.06
Calorías	67.44

Se tiene que el *Capsicum frutescens* (ají charapita) es pobre en contenido de macronutrientes excepto a su contenido de carbohidratos que registra un valor promedio de 13.06%; tiene baja fuente de calorías con valor de 67.44 Kcal y de cenizas con 2.12%. Es un alimento con contenido elevado de agua con 82.13%, aunque este dato es promedio para cualquier fruta y hortaliza.

4.2 Producto final

4.2.1 Rendimiento de polvo de ají

El rendimiento del producto, es decir, la cantidad de ají en polvo obtenido por unidad de masa de ají fresco es un dato relevante en la presente investigación. Tal dato nos da una referencia de que tan atractivo resulta obtener *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo desde el punto de vista de su comercialización. En el cuadro N° 07 se tiene los resultados promedio de rendimientos de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secados en los equipos en estudio.

Cuadro N° 07. Rendimiento de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo en cada equipo de secado.

Equipo de secado	Rendimiento (%)
Lecho fluidizado	9.56
Bandejas	9.38
Liofilizador	12.00

Los datos observados de rendimiento muestran que para el secado en lecho fluidizado y en bandejas la diferencia es mínima, mientras que en el liofilizado el rendimiento es relativamente mayor respecto al secado en los otros equipos, esto se debe a las condiciones de operación de cada equipo. En el secado en lecho fluidizado y en bandejas se trabaja en condiciones atmosféricas y el aire caliente que seca el producto arrastra partículas al medio ambiente, dando como resultado un rendimiento menor que en el liofilizado, que seca el producto bajo condiciones de vacío, optimizando, además del rendimiento, compuestos volátiles como los aromas.

Se debe tener en cuenta que en el liofilizado es preciso homogenizar el producto en agua para facilitar la etapa de congelación, esto quiere decir que la cantidad de materia prima entrante en el proceso de liofilización es menor que en el secado en lecho fluidizado y en bandejas, en la que se ingresó la materia prima sin pedúnculo sin ningún tratamiento previo.

La materia prima está compuesta por el pedúnculo, la baya y las semillas. Los datos promedio representativos del pedúnculo y las semillas son 15% y 10% del total de la materia prima respectivamente. Esto quiero decir que, si queremos secar 1 Kg de *Capsicum frutescens* (ají charapita) fresco, en el proceso de eliminación del pedúnculo obtendremos 850 g de ají listo para secar, y en el proceso de tamizado eliminamos el 10% del total de la materia prima en semillas.

4.2.2 Análisis fisicoquímico

Se analizaron todas las muestras de *Capsicum frutescens* (ají charapita) que fueron secadas en cada equipo. Se tuvo mayor énfasis en el porcentaje de humedad ya que es el

dato que más interesa en los productos en polvo pues depende de este valor para que el producto tenga una vida útil prolongada. En los cuadros N° 08, N° 09 y N° 10 se detallan los resultados de cada uno de los análisis fisicoquímicos que se realizaron y se da un análisis estadístico comparativo.

Cuadro N° 08. Composición fisicoquímica de muestras de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secadas en secador de lecho fluidizado.

Temperatura de secado (°C)	Muestra	%Humedad	%Cenizas	%Grasas	%Proteínas	%Carbohidratos	Calorías (Kcal)
50	Pequeño	7.98	6.67	4.36	14.87	66.12	363.18
	Grande	8.49	7.72	4.11	14.00	65.68	355.72
60	Pequeño	7.59	9.49	4.47	13.13	61.18	337.49
	Grande	6.68	8.36	4.24	13.13	64.04	346.86
70	Pequeño	5.61	5.69	4.76	14.87	68.13	383.22
	Grande	5.36	5.25	4.54	14.90	69.61	378.57
Análisis estadístico	Media	6.95	7.20	4.41	14.15	65.80	360.24
	Varianza	1.64	2.64	0.05	0.74	8.90	292.28
	Desviación típica	1.28	1.63	0.23	0.86	2.98	17.10
	Coficiente de variación(%)	18.44	22.58	5.21	6.08	4.53	4.74

En el cuadro N° 08 se observa que el *Capsicum frutescens* (ají charapita) de tamaño grande secado a 70°C es la que presentó menor porcentaje de humedad, con valor de 5.36%; tiene una ligera diferencia con el ají de tamaño pequeño secado a la misma temperatura con valor de 5.61%. Se observa también que el mayor dato de porcentaje de humedad se obtuvo del ají de tamaño grande secado a 50°C que alcanzó 8.49%, lo cual según Colina (2010), se encuentra en el rango de valores típicos de contenido de humedad para un alimento deshidratado que oscila entre 1 a 15%.

En lo que respecta a cenizas, se observa que el mayor porcentaje se obtuvo en el secado a 60°C para el *Capsicum frutescens* (ají charapita) de tamaño pequeño con dato de 9.49%, y la de menor porcentaje de cenizas se presenta en el ají de tamaño grande secado a 70°C con valor de 5.25%. El mayor porcentaje de compuestos lipídicos lo presenta el ají tamaño pequeño secado a 70°C, que alcanzó 4.76% comparados a los 4.11% el ají de tamaño grande secado a 50°C. Asimismo, el mayor porcentaje de proteína se obtuvo del ají de tamaño grande secado a 70°C con valor de 14.90%, y de 13.13% en los ajíes de ambos tamaños secados a 60°C. El menor porcentaje de carbohidratos lo presenta el ají de tamaño pequeño secado a 60°C con 61.18%, y 69.61% el ají de tamaño grande secado a 70°C. El valor calórico del ají de tamaño pequeño secado a 60°C presenta 337.49 Kcal siendo el valor más bajo, teniendo como valor alto al ají de tamaño pequeño secada a 70°C con 380.23Kcal.

Cuadro N° 09. Composición fisicoquímica de muestras de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secadas en secador de bandejas.

Temperatura de secado (°C)	Muestra	%Humedad	%Cenizas	%Grasas	%Proteínas	%Carbohidratos	Calorías (Kcal)
50	Pequeño	11.98	5.97	5.83	13.13	63.09	357.34
	Grande	12.10	7.90	4.39	13.13	62.48	341.96
60	Pequeño	11.72	6.89	5.37	13.39	62.63	352.40
	Grande	10.22	9.55	6.27	14.61	59.35	352.27
70	Pequeño	9.12	7.71	5.28	13.91	63.99	359.10
	Grande	7.11	8.47	4.10	14.43	65.89	358.17
Análisis estadístico	Media	10.37	7.75	5.21	13.77	62.90	353.54
	Varianza	3.92	1.53	0.69	0.42	4.60	40.79
	Desviación típica	1.98	1.24	0.83	0.65	2.14	6.39
	Coefficiente de variación (%)	19.09	15.98	15.94	4.73	3.41	1.81

En el cuadro N° 09 se observa los resultados obtenidos del secado en bandejas, el menor porcentaje de humedad se obtuvo del ají de tamaño grande secado a 70°C con 7.11%, y como mayor dato se tiene al ají de tamaño grande secado a 50°C con 12.10%. El dato del ají de tamaño pequeño secado a 60°C con 11.72% concuerda con lo reportado por González *et al.*, (2008) que deshidrataron *Capsicum chinense* (ají dulce) en secador de bandejas a 60°C y 70°C, obteniendo a la primera temperatura 11.72% de humedad; mientras que para la temperatura de 70°C se obtuvo un valor de 11.06% de humedad.

Larrañaga y Caraballo (1999) reportan que cuando se aplica un proceso de deshidratación a un producto tanto la actividad de agua como el porcentaje de humedad disminuyen y mientras más elevada sea la temperatura de secado la evacuación de agua es más rápida.

El menor porcentaje de cenizas corresponde al ají de tamaño pequeño secado a 50°C con 5.97%, y el mayor dato es de 9.55% obtenido del ají de tamaño grande secado a 60°C. El menor porcentaje de compuestos lipídicos se obtuvo del ají de tamaño grande secado a 70°C con 4.10%, y el mayor porcentaje corresponde al ají de tamaño grande secado a 60°C con 6.27%. En el porcentaje de proteínas, el mayor dato se obtuvo del ají de tamaño grande secado a 60°C con 14.61%, mientras que los ajíes de los dos tamaños secados a 50°C obtuvieron el menor valor de 13.13%. Asimismo, en el porcentaje de carbohidratos el menor dato de 59.35% corresponde al ají de tamaño grande secado a 60°C, y el mayor dato se obtuvo del ají de tamaño grande secado a 70°C con 65.89%. En el contenido de calorías el menor dato es para el ají de tamaño grande secado a 50°C con 341.96Kcal, y el mayor reporte es para el ají de tamaño pequeño secado a 70°C con 359.10 Kcal.

En el liofilizado del *Capsicum frutescens* (ají charapita), y tal como se demuestra en el diseño experimental, la cantidad de tratamientos a ser analizados eran tres, es decir, tres muestras de ají homogenizadas en distintas cantidades de agua. En la práctica, tales cantidades se redujeron a uno, debido a que cuanto menor cantidad de agua poseía la muestra a ser liofilizada, la etapa de congelación se torna prolongada, dándose en el presente estudio, el criterio económico. Cuanta mayor cantidad de agua posee una muestra de alimento la etapa de congelación es mucho más rápida llegando a la temperatura deseada (- 42°C) en el menor tiempo posible. La muestra liofilizada fue

homogenizada a razón de 1:0.75 (ají: agua) y el tiempo de secado se detalla en el ítem de cinética de secado (Pág. 74).

El análisis de sólidos totales para la muestra homogenizada, fue de 9.19%.

En el análisis fisicoquímico de la muestra liofilizada se reporta lo siguiente:

Cuadro N°10. Composición fisicoquímica de la muestra de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo liofilizado.

Variable fisicoquímica	Porcentaje en base a 100 g de pulpa seca
Humedad	7.75
Cenizas	5.33
Grasas	2.20
Proteínas	14.89
Carbohidratos	69.83
Calorías (Kcal)	358.68

La muestra de *Capsicum frutescens* (ají charapita) liofilizada, con porcentaje de humedad de 7.75% muestra una ligera superioridad a los resultados obtenidos de las muestras secadas en lecho fluidizado y en bandejas que obtuvieron 5.36% y 7.11% respectivamente como menores datos reportados. Sin embargo, los resultados obtenidos del contenido de humedad garantizan un producto con vida útil prolongada, ya que según Colina (2010), al reducir el contenido de humedad de un producto se reduce su actividad de agua, lo cual trae como consecuencia que se inhiba, o al menos disminuya, el desarrollo de microorganismos y la velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas, asimismo, los valores típicos de actividad de agua para un alimento con contenido de humedad de 1% a 15% están en el rango de 0.10 a 0.30.

De acuerdo al análisis estadístico que se muestran en los cuadros N° 08 y N° 09 realizado a los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras secadas en lecho fluidizado y en bandejas, se tiene que para el primero el coeficiente de variabilidad en el porcentaje de humedad, es decir, la desviación típica dividido entre el promedio de los

resultados obtenidos por cien, resulta ligeramente menor con 18.44% respecto a 19.09% obtenido en los datos de porcentaje de humedad del secado en bandejas.

En el caso de porcentaje de cenizas el mayor coeficiente de variabilidad se obtuvo en el secado en lecho fluidizado con 22.58%, comparado con el 15.98% obtenido en el secado en bandejas.

El coeficiente de variación en el porcentaje de grasas indica que el mayor valor se obtuvo en el secado en bandejas con 15.94% frente a un 12.50% obtenido en el lecho fluidizado. Esto quiere decir que el efecto del tiempo y la temperatura en el secado de *Capsicum frutescens* (ají charapita) son significativos en el contenido de humedad, cenizas y grasas en el producto final.

En el análisis del coeficiente de variabilidad del contenido de proteínas la que reportó menor valor fue en el secado en bandejas con 4.73%, mientras que en el secado en lecho fluidizado se obtuvo el dato de 6.52%. Estos valores son relativamente bajos, poco significativos.

En los carbohidratos, el mayor coeficiente de variación se alcanzó en el secado en lecho fluidizado con 4.53%, mientras un 3.41% en el secado en bandejas lo define como el menor valor, además la variabilidad de los datos obtenidos son significativamente bajos.

Asimismo, los coeficientes de variación para el contenido de calorías en los dos equipos de secado son muy bajos, con valores 1.81% en el secado en bandejas y 5.03% en el secado en lecho fluidizado. Entonces, podemos afirmar que el efecto del tiempo y la temperatura de secado en bandejas y lecho fluidizado, no son significativamente influyentes en el contenido de proteínas, carbohidratos y valor calórico en el *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo.

4.2.3 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de las muestras se realizó en el marco de la legislación peruana que según la Resolución Ministerial N° 615 – 2003 – SA/DM, establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. En el caso particular de frutas y hortalizas desecadas,

deshidratadas o liofilizadas, se evalúan como agentes microbianos a mohos, levaduras, *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*

En el cuadro N° 11 se tiene los resultados del análisis microbiológico.

Cuadro N° 11. Análisis microbiológico de las muestras de ají en polvo.

Muestra	Resultados			
	Mohos (ufc/g)	Levaduras (ufc/g)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	<i>Salmonella sp.</i>
<i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) en polvo secado en secador de lecho fluidizado	9.0 x 10 ¹	5.0 x 10 ¹	< 3	Ausencia en 25g
<i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) en polvo secado en secador de bandejas	3.5 x 10 ¹	< 10	< 3	Ausencia en 25g
<i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) en polvo liofilizado	4.5 x 10 ¹	< 10	< 3	Ausencia en 25g
Límites* (Mín. – Máx.)	10 ² – 10 ³	10 ² – 10 ³	10 – 5 x 10 ²	Ausencia/25 g

*: Resolución Ministerial N° 615 – 2003 – SA/DM

Los resultados indican que los agentes microbianos evaluados están dentro de los límites, esto quiere decir que el proceso de obtención de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo se realizó teniendo en cuenta las Buenas Prácticas de Manipulación

de Alimentos, obteniendo un producto seguro para el consumo humano, ya que durante el proceso fue manipulado de forma adecuada.

4.2.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó a aquellas muestras que reportaron menor porcentaje de humedad secadas en los equipos de lecho fluidizado y bandejas, además de la muestra liofilizada. Se analizó el olor y el color de las muestras en cuestión, no se tuvo en cuenta el sabor debido fundamentalmente al alto grado de subjetividad que resulta en la evaluación de ajíes, esto quiere decir que, si evaluamos el picor como atributo sensorial de sabor, deducimos que los jueces tendrán una respuesta certera como 'elevado picor de las muestras', puesto que son muestras deshidratadas, el poder picante, o los compuestos capsaicinoides de los ajíes, se concentran mucho más. En tal sentido, existen métodos para evaluar el contenido de capsaicinoides en ajíes, como la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC por sus siglas en inglés) y el método de Scoville.

En el Perú son pocas las investigaciones que se realizan en ajíes, no obstante, Svenet *al.* (2013) encontraron que la concentración más alta de capsaicinoides está en *Capsicum frutescens* con 1560.1 mg/100 g de capsaicinoides totales y un patrón de 68.5% de capsaicina, 29.5% de dihidrocapsaicina, y el 1,7% de nordihidrocapsaicina. Esto es equivalente a 250000 unidades Scoville (SHU). En *Capsicum chinense* la cantidad máxima fue de 1411.6 mg/100 g, en *Capsicum annuum*, 809.0 mg/100 g. *Capsicum baccatum* era el menos penetrante de las tres especies con el valor de 711.7 mg/100 g.

La escala internacional de Scoville indica el número de veces que el producto debe ser diluido en cierta cantidad de agua azucarada para que deje de ser percibido por el ser humano (APEGA, 2009).

En el análisis de olor los resultados de las puntuaciones dadas por cada juez y los promedios de los puntos se detallan en el cuadro N° 12.

Cuadro N° 12. Resultado de la prueba de olor del análisis sensorial para el *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo.

Jueces	Código de muestra / puntaje			Total
	457*	832**	604***	
1	8	5	1	14
2	5	1	5	11
3	8	5	1	14
4	7	5	1	13
5	1	8	2	11
6	1	1	5	7
7	1	7	3	11
8	1	5	8	14
9	1	2	8	11
10	8	5	1	14
Total	41	44	35	120
Promedio	4.1	4.4	3.5	

*: *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secado en secador de lecho fluidizado.

** : *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secado en secador de bandejas.

***: *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo liofilizado.

Los datos obtenidos se procesaron a través del análisis de la varianza (ANOVA) con nivel de significancia de 5% ($p \leq 0.05$). En el cuadro N° 13 se tiene el análisis de la varianza para el olor del *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo.

Cuadro N° 13. Análisis de la varianza (ANOVA) para el olor del *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma cuadrática	Cuadrados medios	F _{tabla}	F _{calculado}
Tratamiento	2	4.20	2.10	3.55	0.18
Jueces	9	15.33	1.70	2.47	0.15
Residual	18	210.47	11.69		
Total	29	230			

Se observa que, F de Fisher calculado tanto para el tratamiento como para los jueces es menor que los F de tabla a un nivel de significancia de 5%, es decir, para que el efecto del tratamiento y de los jueces sea significativo en el atributo olor del producto final, es necesario que el F calculado sea mayor al F de tabla. Entonces en la obtención de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo, el efecto del uso de los equipos en estudio no es significativo en el olor del producto final, asimismo, los jueces no tuvieron variación significativa en la puntuación dada a las muestras en la prueba sensorial.

Sin embargo, analizando los resultados de los promedios de las puntuaciones dadas a cada muestra, podemos observar que son menores de 5, esto significa que las muestras son menos intensas en olor que el *Capsicum frutescens* (ají charapita) fresco, quiere decir que el olor del *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo se evaluó de acuerdo a su intensidad. Si una muestra resultaba ser más intensa en olor que la referencia se daba una puntuación de 6 a 9; si fuese igual a la referencia se tenía una puntuación de 5 y si fuese menos intensa que la referencia se tenía una puntuación de 1 a 4.

La muestra que más se acerca al promedio ideal de 5 es la de bandejas con 4.4 puntos, mientras que la menos intensa es la muestra del liofilizado con 3.5, quedando en término medio la muestra secada en lecho fluidizado con 4.1 puntos. La baja velocidad de flujo de aire (4.3 m/s), la no fluidez de la muestra y la no aplicación de tratamientos previos en el secado de bandejas, pueden ser factores que hayan optimizado el olor *Capsicum frutescens* (ají charapita) en el producto; mientras que en el liofilizado, el escaldado de la muestra es una influencia en la pérdida del olor de la muestra, resultando el bajo promedio de las puntuaciones dadas por los jueces en el presente estudio.

En la prueba del color de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo, los resultados de las puntuaciones dadas por cada juez se muestran en el cuadro N° 14.

Cuadro N° 14. Resultado de la prueba de color del análisis sensorial para el *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo.

Jueces	Código de muestra / puntaje			Total
	725*	659**	912***	
1	5	8	1	14
2	1	5	1	7
3	8	5	9	22
4	2	5	3	10
5	1	5	3	9
6	2	1	6	9
7	2	6	3	11
8	5	8	1	14
9	2	5	9	16
10	5	5	8	18
Total	33	53	44	130
Promedio	3.3	5.3	4.4	

*: *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secado en secador de lecho fluidizado.

** : *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo liofilizado.

***: *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secado en secador de bandejas.

El cuadro ANOVA para el color de las muestras de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo se muestra en el cuadro N° 15.

Cuadro N° 15. Análisis de la varianza (ANOVA) para el color del *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma cuadrática	Cuadrados medios	F _{tabla}	F _{calculado}
Tratamiento	2	20.07	10.03	3.55	1.58
Jueces	9	66	7.33	2.47	1.15
Residual	18	114.60	6.37		
Total	29	200.67			

El F calculado tanto para el tratamiento como para los jueces resulta menor que los F de tabla al 5% de nivel de significancia. Entonces, el efecto del uso de los equipos en estudio no tiene significancia en el color del *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo, de igual manera, las puntuaciones dadas por cada juez no tuvieron variación significativa según el análisis de la varianza.

En el análisis de los promedios de las puntuaciones dadas a cada muestra, se tiene que el liofilizado es la muestra que mejor promedio alcanzó con 5.3 puntos, muy cerca del promedio ideal de 5. Puesto que en el liofilizado se aplica temperaturas muy bajas además del tratamiento previo del escaldado, el producto resultó con color idéntico al ají charapita fresco. El menor promedio se obtuvo de la muestra secada en secador de lecho fluidizado alcanzando 3.3 puntos y en la muestra secada en secador de bandejas se alcanzó 4.4 puntos.

En la imagen N° 17 se tiene las muestras que fueron analizadas en la prueba sensorial. La muestra del lado izquierdo corresponde a la muestra secada en secador de bandejas, la del medio es la muestra liofilizada y de la derecha es la muestra secada en secador de lecho fluidizado.



Imagen N° 17.Muestras de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo.

4.2.5 Cinética de secado

En la cinética de secado se analizan los tiempos que dura el proceso de cada una de las muestras secadas en los equipos de la presente investigación. En el cuadro N° 16 se detalla el tiempo de secado para las muestras en estudio.

Cuadro N° 16. Tiempos de secado para la obtención de *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo.

Equipo de secado	Temperatura de secado	Tamaño de muestra	Tiempo de secado (horas)
Lecho fluidizado	50	Pequeño	9.2
		Grande	10.8
	60	Pequeño	5
		Grande	6
	70	Pequeño	2.5
		Grande	2.7
Bandejas	50	Pequeño	17
		Grande	19
	60	Pequeño	6
		Grande	7.5
	70	Pequeño	4
		Grande	5
Liofilizador	-	-	53

En el secado en lecho fluidizado se trabajó a una velocidad de flujo de aire constante de 2.5 m/s, que fue ideal para que las partículas fluyan adecuadamente. En el cuadro N° 16 se tiene que la muestra pequeña secada a 70°C fue la que más rápido se secó con un total de 2.5 horas, no dista mucho de la muestra que alcanzó el menor porcentaje de humedad en el análisis fisicoquímico, es decir la muestra grande secada a 70°C que alcanzó 2.7 horas de secado. La muestra que más tardó en el secado en lecho fluidizado fue la muestra grande secada a 50°C.

En el secado en bandejas la muestra grande secada a 70°C, que fue la que alcanzó menor humedad en el análisis fisicoquímico, reporta 5 horas de secado, una hora más que la muestra pequeña secada a la misma temperatura que fue la que obtuvo menor

tiempo de secado. La muestra grande secada a 50°C fue la que tardó más tiempo en secarse con un total de 19 horas. La velocidad del flujo de aire de secado en el secador de bandejas fue de 4.5 m/s.

En el liofilizado se tiene que el tiempo para obtener ají en polvo es de 53 horas. En la etapa de congelación se tardó 5 horas para que la muestra llegue a -42°C y en las etapas de sublimación y desorción se alcanzó un total de 48 horas, con una temperatura de -86°C y presión de vacío de 0.160 mBar.

En el secado en lecho fluidizado y en bandejas se tomaron datos de los pesos de las muestras cada cierto tiempo para construir las curvas de secado y para determinar el tiempo total del proceso de secado. El comportamiento cinético de las muestras que alcanzaron menor porcentaje de humedad en el secado en lecho fluidizado y bandejas se muestran en las figuras N° 10, N° 11, N° 12 y N° 13.

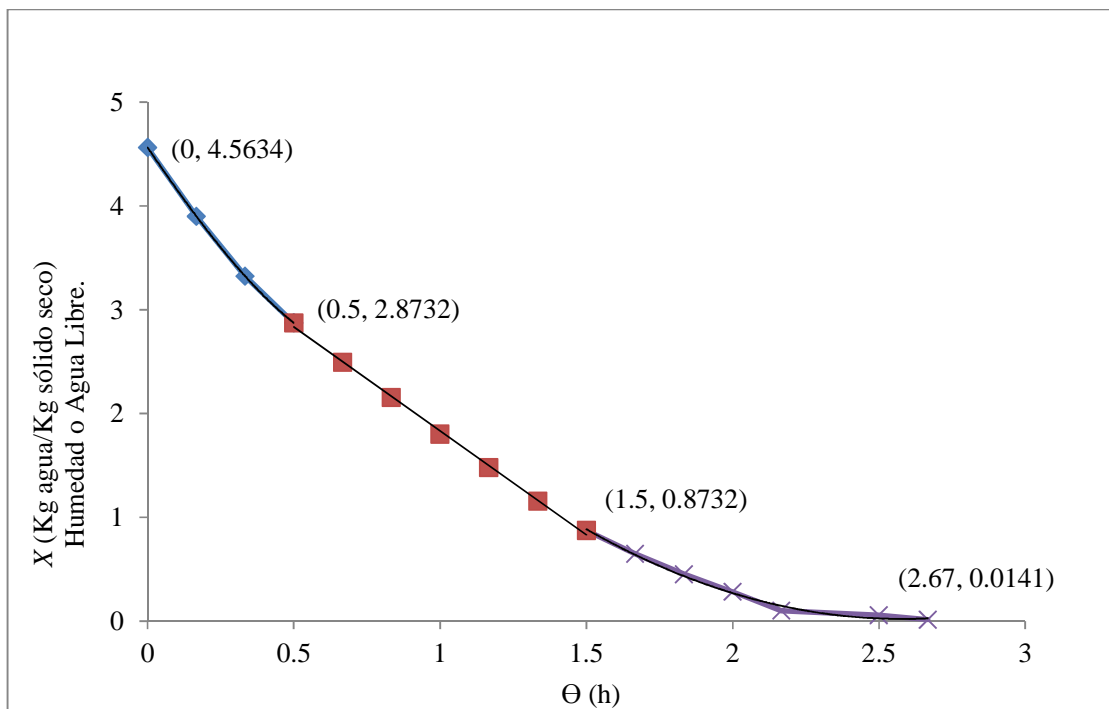


Figura N° 10. Humedad en base seca del *Capsicum frutescens* (ají charapita) de tamaño grande secado en el lecho fluidizado a 70°C .

En la figura N° 10 se observa tres etapas de secado. La primera etapa que va desde las 0 horas hasta las 0.5 horas, etapa de estabilización de las condiciones, es decir, la

superficie del sólido se equilibra con el aire de secado y alcanza su temperatura de evaporación. La humedad en base seca en este periodo desciende de la humedad 4.5634 Kg de agua/Kg de sólido seco hasta 2.8732 Kg de agua/Kg de sólido seco.

La segunda etapa va desde las 0.5 horas hasta las 1.5 horas. Este periodo es de velocidad constante, en la que se evapora toda el agua libre, en tanto que la superficie del producto se mantiene saturada de agua, debido a que el movimiento del agua desde el interior del producto hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de evaporación en la superficie.

La tercera etapa ocurre desde las 1.5 horas hasta las 2.67 horas, y la humedad en base seca desciende desde 0.8732 Kg de agua/Kg de sólido seco hasta 0.0141 Kg de agua/Kg de sólido seco. En esta etapa de velocidad decreciente conforme avanza la deshidratación se alcanza un punto en el que la velocidad de movimiento de la humedad desde el interior del producto hasta la superficie se reduce a grado tal que la superficie comienza a resecarse, el proceso es cada vez más lento ya que se elimina agua débilmente ligada.

Para determinar la velocidad de secado respecto a la humedad es preciso obtener los modelos matemáticos para construir la segunda curva de mecanismo de deshidratación. Por el método de mínimos cuadrados obtenemos las ecuaciones en cada una de las etapas de la curva de humedad en base seca versus tiempo. Para determinar qué modelo matemático es el adecuado para cada etapa se realiza el cálculo del coeficiente de correlación muestral para cada modelo. Aquel modelo cuyo coeficiente de correlación es cercano a la unidad, es la ecuación adecuada para construir la gráfica velocidad de secado versus humedad en base seca.

De acuerdo a la curva de secado de la figura N° 10 se tiene que para la primera etapa el modelo polinómico de tercer grado se ajusta a los datos de la curva, en la segunda etapa corresponde el modelo lineal y en la tercera etapa el modelo polinómico de segundo grado. Tales ecuaciones corresponden a la humedad. Entonces, para determinar los datos de la velocidad de secado se tiene que derivar las ecuaciones de la humedad respecto al tiempo en cada etapa del proceso de secado y multiplicarlas por el cociente del peso del sólido seco entre el área de secado. Puesto que la humedad es un factor que decae durante el proceso, es preciso agregar el signo negativo en la ecuación.

La ecuación de la velocidad de secado se expresa de la siguiente manera:

$$W = -\frac{S}{A} \frac{dX}{d\theta}$$

Donde:

W = velocidad de secado (Kg de agua/m².h).

S = peso del sólido seco.

= 0.071 Kg (muestra grande secada a 70°C en secador de lecho fluidizado).

A = 0.007854 m² (área del cilindro colector de la muestra).

$\frac{dX}{d\theta}$ = derivada de la humedad en base seca respecto al tiempo.

En el cuadro N° 17 se detalla las ecuaciones para la humedad y la derivada de tales ecuaciones.

Cuadro N° 17. Ecuaciones de la humedad en base seca para el *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secado en secador de lecho fluidizado.

Etapa de secado	Ecuación de la humedad	Derivada de la ecuación
1 ^{ra}	$X = 1.521\theta^3 + 0.760\theta^2 - 4.140\theta + 4.563$	$4.563\theta^2 + 1.52\theta - 4.140$
2 ^{da}	$X = -2.004\theta + 3.837$	-2.004
3 ^{ra}	$X = 0.743\theta^2 - 3.832\theta + 4.962$	$1.486\theta - 3.832$

Entonces la curva de velocidad de secado con respecto a la humedad en base seca se muestra en la figura N° 11.

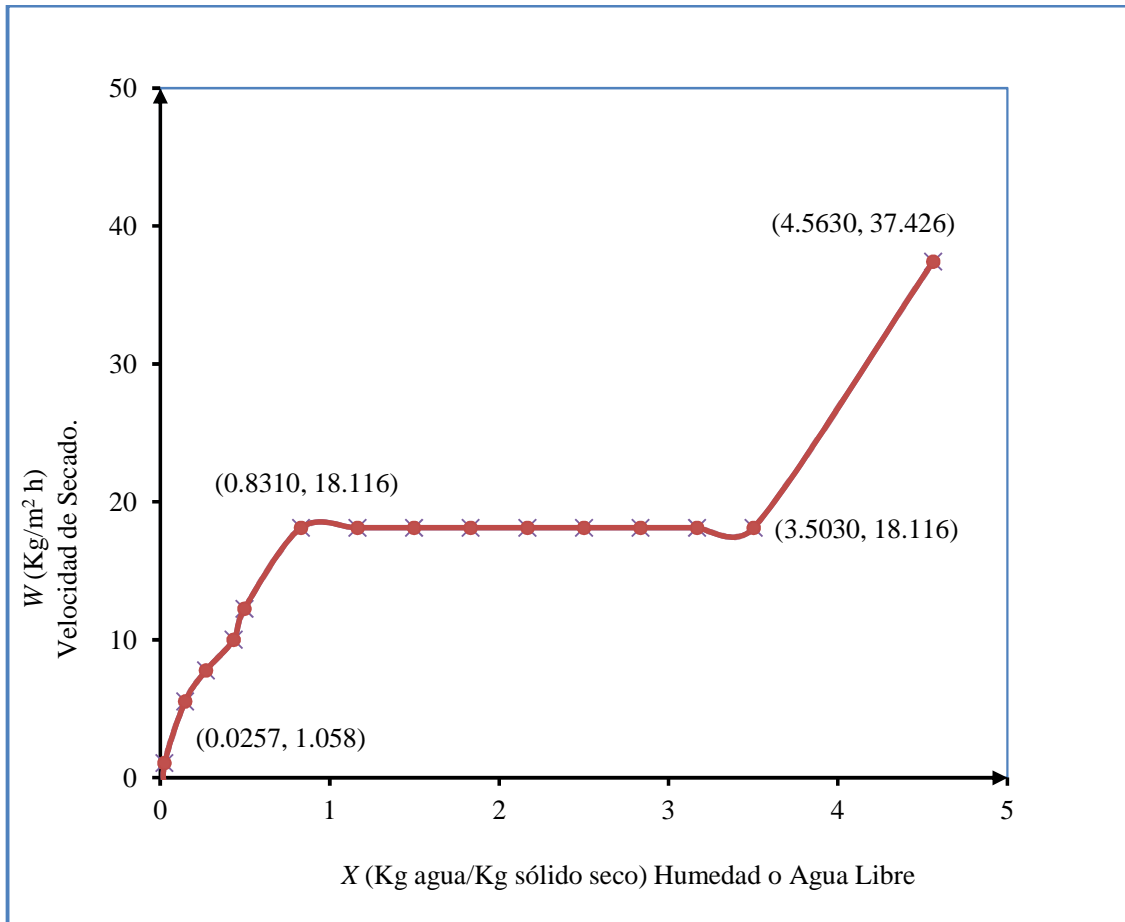


Figura N° 11. Velocidad de secado con respecto a la humedad en base seca del *Capsicum frutescens* (ají charapita) de tamaño grande secado en el lecho fluidizado a 70°C.

Los datos ajustados indican que para el periodo de estabilización de las condiciones la velocidad de secado desciende desde 37.426 Kgde agua/m².h hasta 18.116 Kg de agua/m².h, asimismo la humedad del producto desciende de 4.5630 Kg de agua/Kg de sólido seco hasta equilibrarse con la humedad del aire de secado hasta 3.5030 Kg de agua/Kg de sólido seco. En la etapa de velocidad constante se alcanza una humedad de 0.8310 Kg de agua/Kg de sólido seco y en la etapa de velocidad decreciente se alcanza una velocidad de secado de 1.058 Kg de agua/m².h hasta una humedad de 0.0257 Kg de agua/Kg de sólido seco.

Para la curva de humedad respecto al tiempo de la muestra de tamaño grande secada a 70°C en secador de bandejas se tiene la siguiente figura.

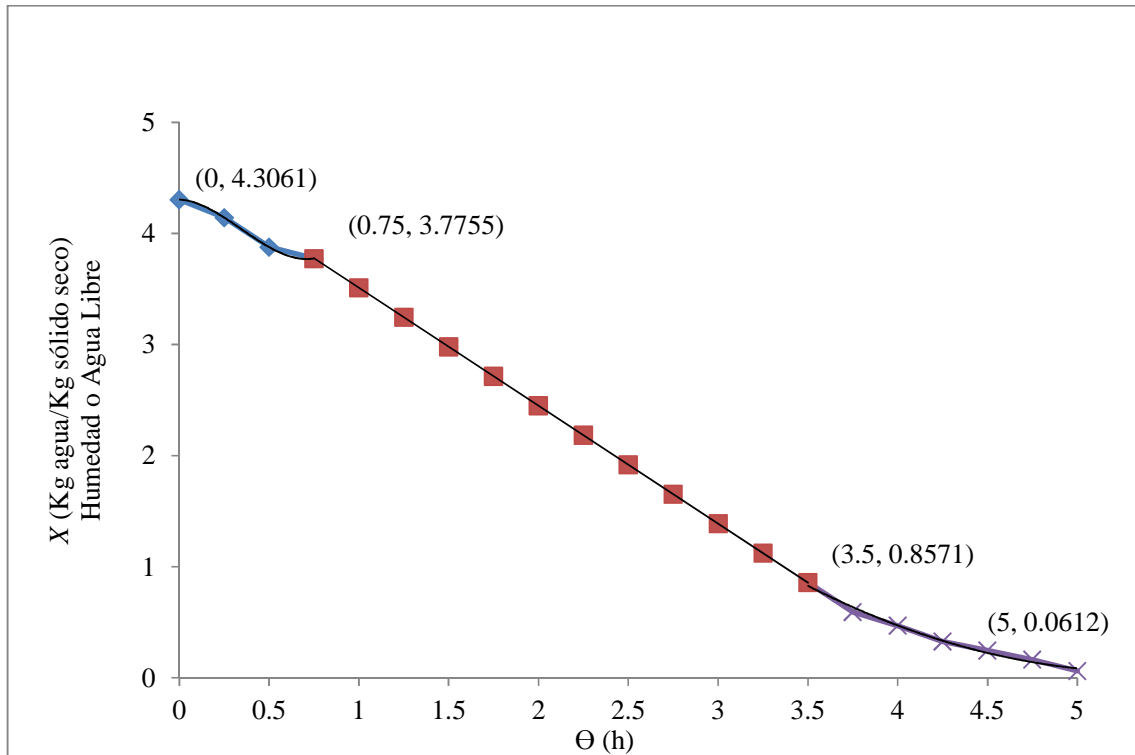


Figura N° 12. Humedad en base seca del *Capsicum frutescens* (ají charapita) de tamaño grande secado en bandejas a 70°C.

Se observa que la etapa de estabilización de las condiciones de secado abarca un lapso de tiempo de 0.75 horas ó 45 minutos, 15 minutos más que en el secado en lecho fluidizado, y en esta etapa la humedad en base seca del producto cae de 4.3061 Kg de agua/Kg de sólido seco hasta 3.7755 Kg de agua/Kg de sólido seco.

La etapa de velocidad constante en el secado de bandejas es más prolongada que en el secado en lecho fluidizado, va desde las 0.75 horas hasta las 3.5 horas, es decir 2 horas con 45 minutos. En el secado en lecho fluidizado la etapa de velocidad constante solo tardó una (1) hora.

La etapa de velocidad decreciente en la que se elimina el agua débilmente ligada, alcanza un lapso de tiempo de 1 hora con 30 minutos, esta etapa resultó ser más corta que el periodo de velocidad constante. Esto puede deberse a que el tiempo del proceso de secado en el secador de bandejas no fue lo suficiente si tomamos como referencia a la humedad que se obtuvo en la muestra grande secada en el secador de lecho fluidizado a 70°C, puesto que en el análisis fisicoquímico el porcentaje de humedad para la muestra secada en bandejas es 7.11% y en el lecho fluidizado es 5.36%, sin embargo el

dato registrado de la humedad de la muestra grande secada en el secador de bandejas a 70°C garantiza un producto con vida útil prolongada.

Para la construcción de la gráfica de secado respecto a la humedad en base seca se tiene los siguientes datos:

$$S = 0.049 \text{ Kg (muestra grande secada a } 70^{\circ}\text{C en secador de bandejas).}$$

$$A = 0.058 \text{ m}^2 \text{ (área de secado en la bandeja).}$$

Por el método de mínimos cuadrados se tiene que para la primera etapa del proceso de secado corresponde el modelo polinómico de tercer grado, en la etapa de velocidad constante se tiene al modelo lineal mientras que en la etapa de velocidad decreciente la ecuación polinómica de segundo grado se ajusta a la curva.

En el cuadro N° 18 se tiene las ecuaciones y las derivadas de tales ecuaciones para la humedad en base seca en el secado de la muestra grande secada en secador de bandejas a 70°C.

Cuadro N° 18. Ecuaciones de la humedad en base seca para el *Capsicum frutescens* (ají charapita) en polvo secado en secador de bandejas.

Etapa de secado	Ecuación de la humedad	Derivada de la ecuación
1 ^{ra}	$X = 2.8299\theta^3 - 2.9388\theta^2 - 0.0952\theta + 4.3061$	$8.4897\theta^2 - 5.8776\theta - 0.0952$
2 ^{da}	$X = -1.0612\theta + 4.5714$	-1.0612
3 ^{ra}	$X = 0.2177\theta^2 - 2.346\theta + 6.3717$	$0.4354\theta - 2.346$

La curva de velocidad de secado respecto a la humedad se muestra en la figura N° 13.

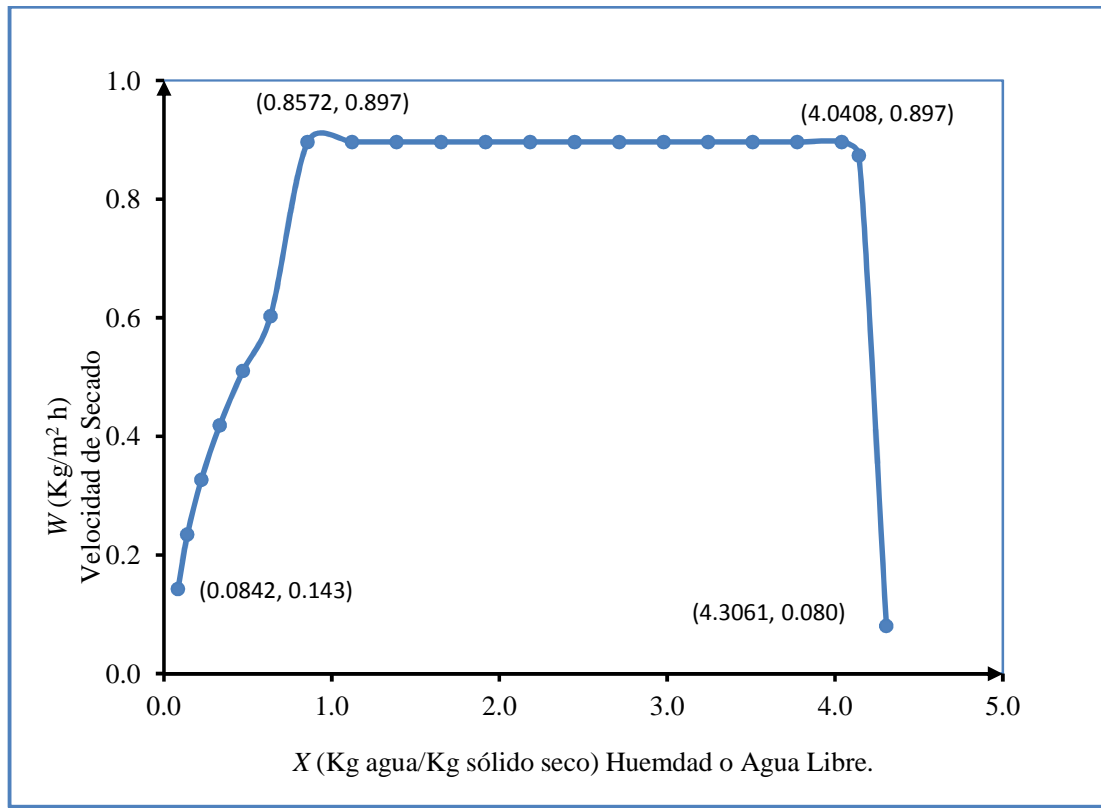


Figura N° 13. Velocidad de secado con respecto a la humedad en base seca del *Capsicum frutescens* (ají charapita) de tamaño grande secado en bandejas a 70°C.

Los datos ajustados indican que para el periodo de estabilización del proceso la superficie del producto se equilibra con la humedad de aire de secado, esto es, gana humedad a razón de 0.08 Kg de agua/m².h hasta 0.897 Kg de agua/m².h, en términos de humedad en base seca, el producto pierde 0.2653 Kg de agua/Kg de sólido seco desde el interior del producto hasta la superficie del mismo.

La etapa de velocidad constante en la que se elimina el agua libre, la humedad en base seca del producto desciende desde 4.0408 Kg de agua/Kg de sólido seco hasta 0.8572 Kg de agua/Kg de sólido seco.

En la etapa de velocidad decreciente, se elimina 0.773 Kg de agua/Kg de sólido seco y la velocidad de secado decrece desde 0.897 Kg de agua/m².h a 0.143 Kg de agua/m².h.

Cabe indicar que en el secado del *Capsicum frutescens* (ají charapita) en bandejas la velocidad de secado es mucho menor que en el secado en lecho fluidizado, tal como se

registra en los tiempos de secado, en bandejas se alcanza 5 horas y en lecho fluidizado 2.7 horas, esto para las muestras de tamaño grande secadas a 70°C que fueron las que reportaron menor porcentaje de humedad en el análisis fisicoquímico.

De acuerdo a los resultados obtenidos del porcentaje de humedad en el análisis fisicoquímico, microbiológico, sensorial y tiempos de secado, se tiene que para los tres primeros no se determinó diferencia alguna, puesto que los resultados indican que están dentro de los rangos y/o que la aceptabilidad del producto es buena, pero si hay una marcada diferencia en el tiempo de proceso para cada equipo. Desde el punto de vista económico, se realizó el análisis del costo de producción en cada equipo para definir en qué equipo de secado resulta conveniente obtener *Capsicum frutescens*(ají charapita) en polvo.

Nota:

*Se incluye dentro de la investigación, un análisis de costo de producción de ají en polvo, está ubicado dentro de los anexos adjuntos a la tesis (anexos n° 11).

CONCLUSIONES

1. El liofilizado muestra mejor porcentaje de rendimiento en la obtención de ají charapita en polvo con valor de 12%, el rendimiento en el secado en lecho fluidizado es 9.56% y en el secado en bandejas es 9.38%.
2. De acuerdo al análisis estadístico del coeficiente de variación en el secado en lecho fluidizado y en bandejas, se tiene que el efecto del tiempo y la temperatura de secado es significativo en el contenido de humedad, cenizas y grasas del ají charapita en polvo, mas no en el contenido de proteínas, carbohidratos y valor calórico.
3. Los ajíes de tamaño grande secados a 70°C muestran porcentaje de menor contenido de humedad tanto en lecho fluidizado (5.36%) como en bandejas (7.11%). El ají charapita secado por liofilización tiene una humedad de 7.75%.
4. En el análisis microbiológico, las muestras analizadas de cada método de secado se encuentran dentro de los límites de la normatividad peruana (Resolución Ministerial N° 615 – 2003 – SA/DM).
5. Los atributos color y olor de las muestras de ají en polvo de cada método de secado no presentan diferencias significativas al 95% de confianza.
6. Los tiempos de secado para las muestras de tamaño grande secadas a 70°C en el secado en lecho fluidizado y bandejas es 2.7 horas y 5 horas respectivamente. En el liofilizado la etapa de congelación para la muestra homogenizado a razón de 1: 0.75 (ají: agua) tarda 5 horas, y las etapas de sublimación y desorción dura 48 horas, la congelación del ají alcanza – 42°C y la temperatura de liofilizado fue de – 86°C y presión de vacío de 0.160 mBar.

RECOMENDACIONES

7. Estudiar el potencial nutracéutico que puede ofrecer el género *Capsicum* de la Amazonía peruana, así como de clasificar de manera concreta la taxonomía de las especies de *Capsicum*.
8. Realizar estudios comparativos de las especies de *Capsicum* de la Amazonía peruana desde el punto de vista del contenido de componentes capsaicinoides mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).
9. Realizar estudios de secado a materias primas de la Amazonía peruana dando mayor énfasis en los fenómenos físicos de fluidización, capilaridad, difusión, congelación, sublimación y desorción.
10. Seguir investigando en el ají charapita en todas las etapas de la cadena de valor, es decir, la siembra, la cosecha, la transformación y la comercialización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A.O.A.C. INTERNACIONAL. Official Methods of Analysis. 16^aEd. 4^a revisión. Washington D.C. 1998.
2. Abril, J.; Casp, P. Procesos de Conservación de Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1999. Pp 354 – 396.
3. Agronoticias. Trinidad Reynaldo. Año XXIV. Ed. N° 264. Lima – Perú. 2002. Pp 68.
4. Anzaldúa, A. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 1994. 198 p.
5. APEGA. Sociedad Peruana de Gastronomía. Ajíes Peruanos, sazón para el mundo. Editorial El Comercio S.A. Perú. 2009. 114 p.
6. Arias, J.; Melgarejo, L. Ají. Historia, diversidad y usos. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Minambiente y Colciencias. Colombia. 2000. 29 p.
7. Barbosa, G.; Vega, H. Deshidratación de Alimentos. Editorial Acribia S.A. España. 2000
8. Bosland, P. W.; Votava E. J. Peppers. Vegetable and Spice Capsicums, 2nd Ed. CABI: Cambridge, UK. 2012
9. Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D., Lilley, A.E.V. Dehydration. En Food Engineering Operations. 3rd Ed. Elsevier Applied Science. New York – USA. 1990.
10. Bruneton, J. Farmocognosia, Fotoquímica. Plantas Medicinales. Editorial Acribia S.A. España. 2001.
11. 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.
12. Casaca, A. D. El Cultivo Chile Tabasco (*Capsicum frutescens*). En: Guía Tecnológica Frutas y Vegetales. 2005. 17 p.
13. Colina, M.L. Deshidratación de Alimentos. 1ra Ed. Editorial Trillas. México. 2010. Pp 39, 139, 165.
14. Duke, A.J. Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases. 2009. Disponible en: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/duke/farmacy2.pl>.

15. Flor, C.F.; Ruiz, W.A. Evaluación Agronómica de Ocho Variedades de Ají (Capsicumsp.) en la Vereda Villanueva Municipio de Popayán. Trabajo de Grado (Agrozootecnista). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Colombia. 2007. 67 p.
16. Fundación de Desarrollo Agropecuario. Cultivo de Ají. Serie Cultivos. Boletín técnico N° 20. Santo Domingo – República Dominicana. 1994. 15 p.
17. 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.
18. González, E.J. Medicina alternativa. 2008. Disponible en: <http://www.jugoterapia.com/herbolaria3.html>.
19. Heldman, D.R.; Singh, R.P. Fooddehydration. En: FoodProcessEngineering. 2nd Ed. AVI Publishing. New York – USA. 1981.
20. Heldman, D.R.; Singh, R.P. Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 1998. Pp. 463 – 468.
21. Ibarz. Métodos Experimentales en la Industria Alimentaria. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 2000.
22. 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
23. Larrañaga, I; Caraballo J. Control e Higiene de los Alimentos. Interamericana de España S.A. Madrid – España. 1999.
24. Lees, R. Análisis de los Alimentos. Métodos Analíticos y Control de Calidad. 2da Ed. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 1969. 288 p.
25. Li, C.S.T. Medicinal Plants. Culture, Utilization and Phytopharmacology. USA.2000.
26. Mafart, P. Procesos Físicos de Conservación. Vol. I. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.1994.
27. Masters, K. Importance of properdesign of the air distributor plate in a fluidizedbedsystem. AIChE Symp. Series 297.89: 118 – 126. Pp. 1993.

28. Melgarejo, L.M.; Hernández, M.S.; Barrera, J.A.; Bardales, X. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 2004. 107 p.
29. Méndez, M.A.; Ligarreto, G.A.; Hernández, M.S.; Melgarejo; L.M. Evaluación del crecimiento y determinación de índices de cosecha en frutos de cuatro materiales de ají (*Capsicum* sp.) cultivados en la Amazonía colombiana. *Agronomía colombiana*, vol. 22, núm. 1. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 2004. Pp. 7 – 17.
30. Mendoza, R. Sistemática e Historia del Ají *Capsicum* Tourn. Facultad de Ciencias. Departamento Académico de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Piura. *Universalia* 11(2). 2006. Pp. 80 – 88.
31. MINAM. Programa de Cooperación Hispano Peruano - Proyecto Araucaria XXI Nauta. Ministerio del Ambiente y de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Chacras amazónicas. Guía para el manejo ecológico de cultivos, plagas y enfermedades. Iquitos - Perú. 2010. 153 p.
32. Minguez, M.I.; Jaren; M.; Garrido, J. Color quality in paprika. *J. Agric. FoodChem.* 1992. 40, 2384–2388.
33. Ministerio de Salud. Tabla peruana de composición de alimentos, 8° Edición, Instituto Nacional de Salud, Pagina 10. Lima - Perú, 2009.
34. Molina, T.J. Alcamidas en plantas: distribución e importancia. Avance y perspectiva. 20: 377-387. 2001. Disponible en:
<http://eclipse.red.cinvestav.mx/publicaciones/avayper/novdic/jorge.pdf>
35. Pardey, C.; García, M.; Vallejo-Cabrera, F. A. Caracterización morfológica de cien introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. *Acta Agronómica* 55(3):1 - 9. 2006.
36. Quintero, L. Evaluación de la diversidad genética del género *Capsicum* sp., presente en los departamentos de Vaupés, Guainía y Putumayo por medio de isoenzimas. Trabajo de grado. (Biología). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá – Colombia. 2000. 59 p.
37. Resolución Ministerial N° 615 – 2003 – SA/DM. NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú. 23 p.

38. Shafiur, R. Manual de Conservación de Alimentos. Edición ampliada. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 2002
39. Strasburger, E. Tratado de Botánica. Manuel Marín y Editores. Barcelona – España. 1960. Pp.280.
40. Sven, W. M.; Dieter W. R.; Maarten J.; Ríos, Ll.; Peña, K; Ugas, R; Quinonez, 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. Food Chem. 2013. 61, Pp. 2530–2537.
41. Vallejo, F. A.; García, M. A.; Durán, T. M.; y Pardey, C. 2006. Caracterización morfoagronómica de 195 introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Colombia. 2006. 260 p.
42. Vélez, J. El Ají (*Capsicum* chinense Jacq.). Patrimonio cultural y fitogenético de las culturas amazónicas. En: L. Munévar (ed.) Colombia Amazónica, vol. 5. Corporación Colombiana para la Amazonía – Araracuara - (COA), Santa Fé de Bogotá. Colombia. 1991. Pp. 161-185.
43. Villachica, H. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima – Perú. 1996.
44. Villavicencio, L.E.; Blankenship, S.M.; Sanders, D.C.; Swallow, W.H. Ethylene and carbondioxide concentrations in attached fruits of pepper cultivars during ripening. *Scientia Horticulturae* 2001. 91, Pp. 17-24.
45. Waizel-Bucay, J.; Camacho, R. El género *Capsicum* spp. (“chile”). Una versión panorámica. Aleph Zero. Revista de divulgación científica y tecnológica. Año 16. Número 60. Universidad de las Américas. Puebla - México. 2011. Pp. 67-79.
46. Walsh, B. M.; Hoot, S. B. Phylogenetic relationships of *Capsicum*. *Int. J. Plant Sci.* 2001. 162, Pp. 1409–1418.

ANEXOS

Anexo N° 01.Ecuaciones de las variables estadísticas del análisis fisicoquímico.

Variable estadística	Ecuación
Media	$\bar{X} = \frac{\sum_{x_1}^n x_i}{n}$
Varianza	$\sigma^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$
Desviación típica	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$
Coefficiente de variación	$\frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$

Anexo N° 02. Informe microbiológico del ají charapita en polvo.



**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° 003-2013

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre	JUAN DARIO RIOS MERA
Dirección	--
Telefax	--

II. DATOS DEL SERVICIO

N° de solicitud de servicio	AZ/2013
Fecha de solicitud de servicio	10/10/13
Servicio solicitado	Análisis Microbiológico

III. DATOS DEL PRODUCTO

Nombre del producto	<i>Ají Charapita en Polvo (Secado en Lecho Liofilizado)</i>
Numero de muestra	UNO (01)
Tamaño de muestra	35 gr.
Marca	--
Lote	--
Tamaño del lote	--
Forma de presentación	Envasado en lámina bilaminar
Fecha de producción	--
Fecha de vencimiento	--

IV. RESULTADOS DEL ENSAYO

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS
Mohos (ufc/g)	$9,0 \times 10^1$
Levaduras (ufc/g)	$5,0 \times 10^1$
Escherichia coli (NMP/g)	< 3
Salmonella sp.	Ausencia en 25 g.



Dirección: calle Freyre N° 610, Iquitos, Perú
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001

www.unapiquitos.edu.pe



**Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto**

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


METODOS USADOS

- Recuento de mohos y levaduras. FDA. 1992. Cap. 18. 7ma. Ed.
- Recuento de mohos y levaduras. FDA. 1992. Cap. 18. 7ma. Ed.
- NMP E. coli. ICMSF 2000. 2da. Ed. Pag. 139-142.
- Investigación de Salmonella sp. FDA. 1992.

NOTA:

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

Iquitos, 24 de octubre 2013


ING. PEDRO R. PAREDES MORI
Coordinador de los Módulos de Enseñanza,
Investigación, Producción y de Servicios
FIA-UNAP




Biga. JESSY VASQUEZ CHUMBE
Jefe del Laboratorio de Microbiología de Alimentos
FIA - UNAP



Dirección: calle Freyre N° 610, Iquitos, Perú
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001

www.unapiquitos.edu.pe



Laboratorio de Microbiología de Alimentos

INFORME DE ENSAYO N° 001-2013

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre	JUAN DARIO RIOS MERA
Dirección	--
Telefax	--

II. DATOS DEL SERVICIO

N° de solicitud de servicio	Y/2013
Fecha de solicitud de servicio	10/10/13
Servicio solicitado	Análisis Microbiológico

III. DATOS DEL PRODUCTO

Nombre del producto	<i>Aji Charapita en Polvo (Secado en bandeja)</i>
Numero de muestra	UNO (01)
Tamaño de muestra	35 gr.
Marca	--
Lote	--
Tamaño del lote	--
Forma de presentación	Envasado en lámina bilaminar
Fecha de producción	--
Fecha de vencimiento	--

IV. RESULTADOS DEL ENSAYO

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS
Mohos (ufc/g)	$3,5 \times 10^1$
Levaduras (ufc/g)	< 10
Escherichia coli (NMP/g)	< 3
Salmonella sp.	Ausencia en 25 g.





**Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto**

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


METODOS USADOS

- Recuento de mohos y levaduras. FDA. 1992. Cap. 18. 7ma. Ed.
- Recuento de mohos y levaduras. FDA. 1992. Cap. 18. 7ma. Ed.
- NMP E. coli. ICMSF 2000. 2da. Ed. Pag. 139-142.
- Investigación de Salmonella sp. FDA. 1992.

NOTA:

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

Iquitos, 24 de octubre 2013


ING. PEDRO R. PAREDES MORI
Coordinador de los Módulos de Enseñanza,
Investigación, Producción y de Servicios
FIA-UNAP




Biga. JESSY VASQUEZ CHUMBE
Jefe del Laboratorio de Microbiología de Alimentos
FIA - UNAP



Dirección: calle Freyre Nº 610, Iquitos, Perú
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001

www.unapiquitos.edu.pe



Laboratorio de Microbiología de Alimentos

INFORME DE ENSAYO N° 002-2013

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre	JUAN DARIO RIOS MERA
Dirección	--
Telefax	--

II. DATOS DEL SERVICIO

N° de solicitud de servicio	Z/2013
Fecha de solicitud de servicio	10/10/13
Servicio solicitado	Análisis Microbiológico

III. DATOS DEL PRODUCTO

Nombre del producto	<i>Ají Charapita en Polvo (Liofilizado)</i>
Numero de muestra	UNO (01)
Tamaño de muestra	35 gr.
Marca	--
Lote	--
Tamaño del lote	--
Forma de presentación	Envasado en lámina bilaminar
Fecha de producción	--
Fecha de vencimiento	--

IV. RESULTADOS DEL ENSAYO

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS
Mohos (ufc/g)	$4,5 \times 10^1$
Levaduras (ufc/g)	< 10
Escherichia coli (NMP/g)	< 3
Salmonella sp.	Ausencia en 25 g.





**Facultad de
Industrias Alimentarias
Planta Piloto**

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


METODOS USADOS

- Recuento de mohos y levaduras. FDA. 1992. Cap. 18. 7ma. Ed.
- Recuento de mohos y levaduras. FDA. 1992. Cap. 18. 7ma. Ed.
- NMP E. coli. ICMSF 2000. 2da. Ed. Pag. 139-142.
- Investigación de Salmonella sp. FDA. 1992.

NOTA:

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

Iquitos, 24 de octubre 2013


ING. PEDRO R. PAREDES MORI
Coordinador de los Módulos de Enseñanza,
Investigación, Producción y de Servicios
FIA-UNAP




Biga. JESSY VASQUEZ CHUMBE
Jefe del Laboratorio de Microbiología de Alimentos
FIA - UNAP



Dirección: calle Freyre N° 610, Iquitos, Perú
Teléfono: (5165)234458, 242922 Telefax: (5165)242001

www.unapiquitos.edu.pe

Anexo N° 03. Metodología del Análisis de la Varianza (ANOVA).

1. Grados de libertad

$$GL_v = \text{Grados de libertad de la variable} = m - 1$$

Donde m = niveles de la variable bajo estudio.

$$GL_j = \text{Grados de libertad de los jueces} = n - 1$$

Donde n = número de jueces.

$$GL_t = \text{Grados de libertad totales} = (n)(m) - 1$$

$$GL_r = \text{Grados de libertad residual} = GL_t - GL_v - GL_j$$

2. Sumas de cuadrados

$$FC = \text{Factor de corrección} = TT^2 / [(n)(m)]$$

Donde TT es el total de todas las observaciones, o sea:

$$TT = \sum x_{ij}$$

$$SC_v = \text{suma de cuadrados de la variable} =$$

$$= [(T_{c1})^2 + (T_{c2})^2 + \dots + (T_{cm})^2] / n - FC$$

Donde T_{cj} son los totales de cada columna, $j = 1, 2, \dots, m$

$$SC_j = \text{suma de cuadrados de jueces} =$$

$$= [(T_{r1})^2 + (T_{r2})^2 + \dots + (T_{rn})^2] / m - FC$$

Donde T_{ri} son los totales de cada renglón, $i = 1, 2, \dots, n$

$$SC_t = \text{suma de cuadrados totales} =$$

$$= \text{suma de cada observación al cuadrado} - FC =$$

$$= [(X_{11})^2 + (X_{12})^2 + (X_{13})^2 + \dots + (X_{nm})^2] - FC$$

$$SC_r = \text{suma de cuadrados residual} = SC_t - SC_v - SC_j$$

3. Cálculo de la varianza

$$V_v = \text{varianza debida a la variable} = SC_v / GL_v$$

$$V_j = \text{varianza debida a los jueces} = SC_j / GL_j$$

$$V_r = \text{varianza de residual} = SC_r / GL_r$$

4. F calculadas

$$F_v = V_v / V_r$$

$$F_j = V_j / V_r$$

Anexo N° 04: Tabla de distribución F para un nivel de significancia de 5%.

n_1 = grados de libertad para el numerador.

n_2 = grados de libertad para el denominador.

n_1 n_2	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234	238,9	243,9	249	255
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,5	19,5
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,02	1,83	1,61	1,25
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1,00

Anexo N° 05: Ficha para la prueba de reconocimiento de olores básicos.

Nombre: _____

Fecha: _____

Reconocimiento de olores básicos

Los frascos cubiertos contienen sustancias olorosas que se encuentran fácilmente en el hogar o lugar de trabajo. Acerque el frasco a su nariz, saque la tapa, husmee brevemente tres veces y trate de identificar el olor. Si no se le viene a la memoria el nombre exacto de la sustancia, trate de descubrir alguna cosa con la que usted asocia ese olor.

Código

Olor

Anexo N° 06: Ficha para la prueba de sensibilidad a la vista.

Nombre: _____

Fecha: _____

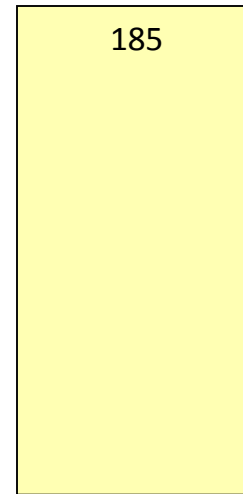
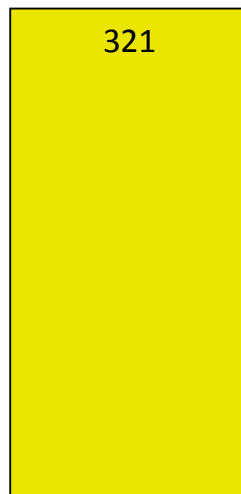
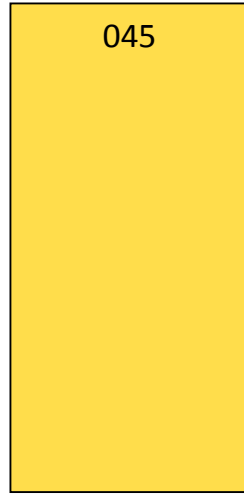
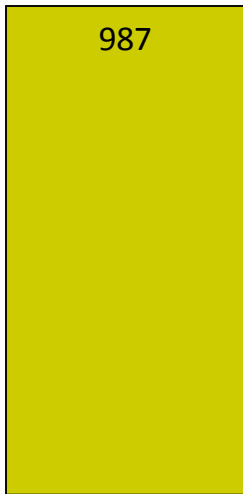
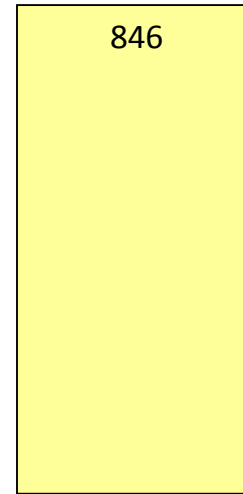
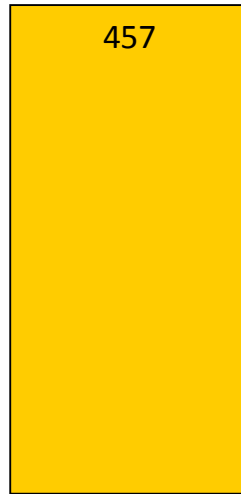
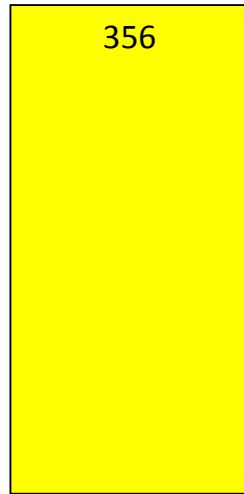
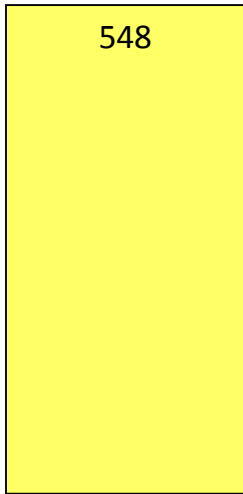
Ordenamiento del color según su intensidad

La ficha que se presenta contiene cuadros coloreados de color amarillo en distintos tonos. Por favor ordene de acuerdo a la intensidad que usted distingue numerándolos del 1 al 8. Siendo el N°01 el color más intenso.

Código

Orden

Anexo N° 07: Cuadros de color amarillo en distintos tonos usado en la prueba de sensibilidad a la vista.



Anexo N° 08: Ficha de comparación de olor de muestras de ají charapita en polvo.

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Producto: Ají charapita en polvo

En la fuente frente a usted hay cuatro muestras de ají para que las compare en cuanto al olor.

Una de las muestras está marcada con **R** y las otras tienen claves. Acerque el frasco a su nariz, saque la tapa, húsmee brevemente y compárelas con el olor de **R**, e indique su respuesta a continuación, marcando con una **X** donde corresponda:

Muestra	457	832	604
Más intensa en olor que R	_____	_____	_____
Igual que R	_____	_____	_____
Menos intensa en olor que R	_____	_____	_____

Indique cuál es la diferencia:

Nada	_____	_____	_____
Ligera	_____	_____	_____
Moderada	_____	_____	_____
Mucha	_____	_____	_____
Muchísima	_____	_____	_____

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS

Anexo N° 09: Ficha de comparación de color de muestras de ají charapita en polvo.

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Producto: Ají charapita en polvo

En la fuente frente a usted hay cuatro muestras de ají para que las compare en cuanto al color.

Una de las muestras está marcada con **R** y las otras tienen claves. Observe el color de cada una de las muestras y compárelas con **R**, e indique su respuesta a continuación, marcando con una **X** donde corresponda:

Muestra	725	659	912
Más intensa en color que R	_____	_____	_____
Igual que R	_____	_____	_____
Menos intensa en color que R	_____	_____	_____

Indique cuál es la diferencia:

Nada	_____	_____	_____
Ligera	_____	_____	_____
Moderada	_____	_____	_____
Mucha	_____	_____	_____
Muchísima	_____	_____	_____

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS

Anexo N° 10: Metodología para la obtención de las curvas de secado.

Se tiene por ejemplo a la muestra de tamaño grande secada a 70°C en secador de lecho fluidizado.

$$A \text{ (m}^2\text{)} = 0.007854$$

$$S \text{ (Kg sólido seco)} = 0.071$$

θ		Peso total		X (Kg agua/Kg sólido seco)
min	h	G	Kg	
0.00	0.00	395.00	0.40	4.56
10.00	0.17	348.00	0.35	3.90
20.00	0.33	307.00	0.31	3.32
30.00	0.50	275.00	0.28	2.87
40.00	0.67	248.00	0.25	2.49
50.00	0.83	224.00	0.22	2.15
60.00	1.00	199.00	0.20	1.80
70.00	1.17	176.00	0.18	1.48
80.00	1.33	153.00	0.15	1.15
90.00	1.50	133.00	0.13	0.87
100.00	1.67	117.00	0.12	0.65
110.00	1.83	103.00	0.10	0.45
120.00	2.00	91.00	0.09	0.28
130.00	2.17	78.00	0.08	0.10
150.00	2.50	75.00	0.08	0.06
160.00	2.67	72.00	0.07	0.01

Donde:

X = Humedad en base seca (Kg)

$$= \frac{\text{Peso muestra (Kg)} - S}{S}$$

Etapas de la cinética de secado y ecuaciones de la humedad.

Etapa	Modelo polinómico	Coficiente de correlación muestral R ²	Derivada del modelo polinómico $\frac{dX}{d\theta}$
1. Estabilización de las condiciones de secado	$X = 1.521\theta^3 + 0.760\theta^2 - 4.140\theta + 4.563$	1	$4.563\theta^2 + 1.52\theta - 4.140$
2. Velocidad constante	$X = -2.004\theta + 3.837$	0.998	-2.004
3. Velocidad decreciente	$X = 0.743\theta^2 - 3.832\theta + 4.962$	0.993	$1.486\theta - 3.832$

Cálculo de los datos ajustados de humedad en base seca y velocidad de secado.

Etapa de secado	θ (h)	X (Kg agua/Kg sólido seco)	W (Kg/m ² .h)
Estabilización de las condiciones	0.00	4.56	37.43
	0.17	3.50	33.99
	0.33	3.17	28.26
	0.50	2.84	20.24
Velocidad constante	0.67	2.50	18.12
	0.83	2.17	18.12
	1.00	1.83	18.12
	1.17	1.50	18.12
	1.33	1.17	18.12
	1.50	0.83	18.12
Velocidad decreciente	1.67	0.50	12.25
	1.83	0.43	10.01
	2.00	0.27	7.77
	2.17	0.15	5.54
	2.50	0.03	1.06
	2.67	0.03	1.06

Donde:

W = Velocidad de secado (Kg agua/m².h)

$$W = -\frac{S}{A} \frac{dX}{d\theta}$$

Anexo N° 11: Estructura de los costos de producción

Para determinar desde el punto de vista económico cual equipo de secado es ideal para obtener *Capsicumfrutescens* (ají charapita) en polvo, se realizó el análisis de costo de producción para cada una de los métodos en estudio. Se consideró la capacidad total en cada equipo de secado.

Para el caso del lecho fluidizado el área total del equipo es 1.40 m², en la fase experimental, el uso del cilindro colector de las muestras ocupaba un espacio de 0.007854 m² esto a 10 cm de diámetro del cilindro. En las pruebas para el ají de tamaño grande se tuvo una cantidad de 380 g y en el tamaño pequeño 400 g. Entonces promediando estas cantidades se tiene que 390 g de ají ocupa un espacio de 0.007854 m², significa que para 1.40 m² se tendrá 70 Kg de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) sin pedúnculo.

En el secador de bandejas la cantidad total promedio que ocupa el *Capsicumfrutescens* (ají charapita) de tamaño pequeño en una bandeja es de 1300 g, y para el tamaño grande se tiene la cantidad de 1280 g. En promedio se tiene una cantidad de 1290 g para una bandeja, siendo el total de 15.5 Kg para 12 bandejas de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) sin pedúnculo.

Para el liofilizado del *Capsicumfrutescens* (ají charapita) se tiene que el equipo tiene capacidad para 12 frascos colectores, cada frasco retiene 100 g de producto a liofilizar, donde el liofilizador tiene capacidad para 1.2 Kg de ají charapita homogenizado en agua. En la dilución, la cantidad de agua por cada 100 g de ají fue de 75 ml, con el dato de la capacidad total se tendrá que la cantidad de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) sin pedúnculo a utilizar será de 685.71 g.

En el cuadro N° 19 se indican las cantidades de ají charapita a usar en cada equipo de secado de acuerdo a su capacidad, la cantidad de ají en polvo a obtener y la cantidad de frascos a usar, que en este presente estudio se consideró como envase de presentación del ají en polvo a frascos sazonadores de pet de 20 g de capacidad.

Cuadro N° 19. Cantidades de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) para cada equipo de secado y cantidad de producto a obtener.

Equipo	Materia prima (Kg)	Bolsas de ají de 700 g (unidades)	Ají sin pedúnculo (Kg)	Rendimiento respecto a la materia prima (%)	Ají en polvo (Kg)	Cantidad de frascos de 20 g (unidades)
Lecho fluidizado	82.35	118	70	9.56	7.87	394
Bandejas	18.21	26	15.5	9.38	1.71	85
Liofilizador	0.81	1.15	0.69	12	0.10	5

Los datos del cuadro N° 19 son la base para la determinación de los costos variables de manufactura para el secado de ají charapita en cada equipo de secado. Tales costos considerados en el presente estudio son materiales directos, mano de obra directa y gastos de fabricación, en este último se considera el servicio de maquila de la planta piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

En los cuadros N° 20, N° 21 y N° 22 se muestran los costos para cada equipo de secado.

Cuadro N° 20. Costos variables de manufactura para producir 7.87 Kg de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) en polvo en secador de lecho fluidizado.

Costos variables de manufactura	Unidad de medida	Cantidad	Precio* (S/.)	Costo total (S/.)
I. Materiales directos				
• <i>Capsicumfrutescens</i> (ají charapita)	Bolsas de 700 g	118	15.00	1764.64
• Envases (Pet de 20 g)	Unidades	394	1.50	590.45
II. Mano de obra directa				
• Salarios	Salario operario/día	18	25.00	450.00
III. Gastos de fabricación				
• Servicio de maquiladora UNAP	Uso del secador	-	30.00	30.00
• Balón de gas	Balón/10 Kg	1	46.00	46.00
Total (S/.)				2881.09

*: El dato del precio de la materia prima está en base al promedio de venta en Iquitos durante el año 2013. Los datos de precio del envase y del balón de gas corresponden a cotizaciones en el mes de octubre del 2013.

Cuadro N° 21. Costos variables de manufactura para producir 1.71 Kg de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) en polvo en secador de bandejas.

Costos variables de manufactura	Unidad de medida	Cantidad	Precio* (S/.)	Costo total (S/.)
I. Materiales directos				
• <i>Capsicumfrutescens</i> (ají charapita)	Bolsas de 700 g	118	15.00	390.25
• Envases (Pet de 20 g)	Unidades	85	1.50	128.12
II. Mano de obra directa				
• Salarios	Salario operario/día	4	25.00	100.00
III. Gastos de fabricación				
• Servicio de maquiladora UNAP	Uso del secador	-	25.00	25.00
Total (S/.)				643.37

*: El dato del precio de la materia prima está en base al promedio de venta en Iquitos durante el año 2013. El dato del precio del envase corresponde a cotización en el mes de octubre del 2013.

Cuadro N° 22. Costos variables de manufactura para producir 100 g de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) en polvo liofilizado.

Costos variables de manufactura	Unidad de medida	Cantidad	Precio* (S/.)	Costo total (S/.)
I. Materiales directos				
• <i>Capsicumfrutescens</i> (ají charapita)	Bolsas de 700 g	1.15	15.00	17.29
• Envases (Pet de 20 g)	Unidades	5	1.50	7.26
II. Mano de obra directa				
• Salarios	Salario operario/día	1	25.00	75.00
III. Gastos de fabricación				
• Servicio de maquiladora UNAP	Uso del equipo	-	50.00	50.00
Total (S/.)				149.55

*: El dato del precio de la materia prima está en base al promedio de venta en Iquitos durante el año 2013. El dato del precio del envase corresponde a cotización en el mes de octubre del 2013.

Para el secado en lecho fluidizado se tiene que el costo de producción es de S/. 2881.09, en bandejas S/. 643.37 y liofilizado S/. 149.55. Cabe indicar que en el secado en lecho fluidizado y en bandejas los cálculos del costo están basados para un día de producción o para un turno y medio de trabajo, mientras que en el liofilizado el cálculo es para 3 días de operación a un turno y medio de trabajo por día.

En el cálculo del costo unitario, se considera la cantidad de frascos de 20 g de ají en polvo producidos. El costo unitario es la resultante del costo total de manufactura dividido entre el número de unidades producidas. En el cuadro N° 23 se detalla el costo unitario del ají charapita en polvo secada en cada equipo de secado.

Cuadro N° 23. Costo unitario del *Capsicumfrutescens* (ají charapita) en polvo en cada equipo de secado.

Equipo de secado	Costo unitario (S./frasco de 20g)
Lecho fluidizado	7.32
Bandejas	7.53
Liofilizador	30.90

Los resultados indican que resulta más económico secar ají charapita en secador de lecho fluidizado con costo unitario de S/.7.32/envase de 20 g, dato que no dista mucho en el secado en bandejas con S/.7.53/envase de 20 g, mientras que no resulta económico liofilizar el ají charapita con un costo unitario de S/.30.90/envase de 20 g. El secador de lecho fluidizado tiene mayor capacidad respecto a los demás equipos, siendo un factor importante en el costo unitario del producto pero requiere de mayor inversión.

Desde el punto de vista de la calidad del producto, las tres técnicas de secado son óptimas para la obtención del *Capsicumfrutescens* (ají charapita) en polvo, ya que se demostró que no hay diferencias en los resultados obtenidos.

Tomando como base 1 Kg de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) en polvo producido en cada equipo de secado se obtiene lo siguiente:

Cuadro N° 24. Costo de producción en base a 1 Kg de *Capsicumfrutescens* (ají charapita) en polvo obtenido.

Equipo de secado	S./Kg
Lecho fluidizado	0.93
Bandejas	4.40
Liofilizador	309.00

Anexo N°12: Resolución Ministerial N°615-2003 “Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”.

NTS N° - MINSADIGESA-V.01
 NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD
 PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10 ²	10 ²
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----
XIV.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	1	3	5	3	10 ⁴	10 ⁶
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----
<i>Listeria monocytogenes</i> (*)	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----
(*) Solo para frutas y hortalizas de tierra (a excepción de las precocidas).						
XIV.3 Frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ²
Levaduras	2	3	5	2	10 ²	10 ²
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	5 x 10 ²
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---
XIV.4 Frutas y hortalizas en vinagre, aceite o salmuera o fermentadas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Levaduras	3	3	5	1	10 ³	10 ⁴
XIV.5 Frutos secos (dátiles, tamarindo, otros) y semillas (castañas, maní, pecanas, nuez, almendras, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10 ²	10 ²
Levaduras	3	3	5	1	10 ²	10 ²
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
XIV.6 Mermelada, jaleas y similares.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10 ²	10 ²
Levaduras	3	3	5	1	10 ²	10 ²
XV. ALIMENTOS ELABORADOS						
XV.1. Alimentos preparados sin tratamiento térmico (ensaladas crudas, mayonesas, salsa de papa huancaína, ocapa, aderezos, postres, jugos, yogurt de fabricación casera, otros). Alimentos preparados que llevan ingredientes con y sin tratamiento térmico (ensaladas mixtas, palta rellena, sándwich, cebiche, postres, refrescos, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g ó mL	
					m	M
Aerobios mesófilos (*)	2	3	5	2	10 ⁵	10 ⁶
Coliformes	5	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	3	5	2	10	10 ²
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----
(*) No procede para el caso de yogurt de fabricación casera.						