

1.1 ANTECEDENTES

El ají ha ocupado durante siglos, un lugar muy importante en muchas culturas aborígenes de América, de donde es originario. Si bien todos los ajíes pertenecen a una misma especie *Cápsicum annum*, existe una enorme cantidad de variedades, los hay desde dulces (como el pimentón) hasta irritantemente picantes como algunas de las variedades mexicanas o peruanas (Antezana, 2005).

En la región Boliviana, se cuenta con variedades cultivadas en los diferentes suelos de la región. El ají, se encuentra bajo la clasificación de condimentos y los estándares del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad-IBNORCA. Principalmente desde el punto de vista alimentario, puesto que más del 70 (%) de la percepción del cliente se refiere al sabor picante del ají y en segundo lugar al sabor dulce. La producción de ají como oferta global, se estima en 2875 toneladas métricas (Tm) a nivel nacional (Rocabado, 2001).

En Tarija no se conoce la cantidad de producción de ají; aunque las variedades que se comercializan a nivel local son; ají ulo pica, ají mala palabra, ají dulce y ají variedad cambia. También, se tiene en el mercado local la comercialización de ají deshidratado proveniente del departamento de Chuquisaca.

El ají variedad cambia, es una hortaliza cultivada en la zona del Valle del Departamento de Tarija y comercializada en la provincia Cercado. Esta hortaliza, es utilizada para la elaboración de escabeches, pastas y en polvo; que a compañía a diferentes comidas; salteñas, tucumanas, y en su gran mayoría se lo usa como aderezo; ya sea en la cocina (elaboración de salsa como; llajua), y restaurantes donde se elabora comida típicas.

Una de las maneras más prácticas de consumo es el ají en polvo, cuya calidad depende en gran medida de la selección de las vainas frescas (Rocabado, 2001).

Para obtener ají en polvo la materia prima debe pasar por un proceso de secado disminuyendo el contenido de humedad y luego triturado mediante una operación denominada molienda, para la transformación del ají deshidratado a polvo se utilizan equipos de molienda dentro de los cuales se tiene; molino a bolas, molino de martillo, molino de disco.

Durante el secado de las frutas y hortalizas se produce una serie de cambios en sus componentes originales, los cuales afectan en la calidad del producto final. Una de las variables más importantes, en el secado por aire caliente, es la temperatura, influyendo no sólo en el tiempo de secado sino en las reacciones degradativas que afectan las propiedades organolépticas y el valor nutricional de los mismos. Con tiempos de secado prolongados se obtienen productos de baja calidad por caramelización de azúcares, reacciones de Maillard, reacciones enzimáticas, degradación de pigmentos y oxidaciones de ácidos (González, 2008).

1.2 JUSTIFICACIÓN

- Nutricionalmente el ají contiene en su composición fisicoquímica β -caroteno precursor de la (Vitamina A) y ácido ascórbico (Vitamina C). En tal sentido, se pretende utilizar el proceso de deshidratación para la obtención de ají en polvo tratando de obtener un producto rico en estos componentes nutricionales; con el fin de ser aprovechados para contrarrestar las enfermedades de la vista y sistema inmunológico.

- La elaboración de ají en polvo variedad cambia, se constituye en una opción para el desarrollo agroindustrial del departamento de Tarija; ya que permitirá generar un valor agregado en este tipo de hortaliza (ají cambia) y que se podría constituir en un importante rubro para el sector agrícola.
- El ají variedad cambia, no es muy comercializado como producto fresco en el mercado local. Con la obtención de ají en polvo, permitirá obtener un subproducto de calidad, para que pueda ser utilizado como especia o aderezó, en los diferentes locales de comida rápida del departamento de Tarija.
- El aumento de los negocios de comida rápida y la demanda de estos alimentos procesados en la Ciudad de Tarija, van en constante crecimiento y con esto, existe la necesidad de la producción de ingredientes alimentarios (ají en polvo), que sean de rápido uso y aplicación para ser utilizados de manera inmediata.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para el presente trabajo investigación son los siguientes:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

“Obtener ají en polvo (*Capsicum baccatum*), variedad cambia rojo; mediante secado por aire caliente, con el fin de elaborar un producto de calidad nutricional”.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas y fisicoquímicas de la materia prima, con la finalidad de conocer su composición nutricional.
- Establecer el tiempo de tratamiento térmico para láminas y rallas de ají con el propósito de conocer la eficacia del tratamiento.
- Determinar la influencia del tipo de corte en la variación del contenido de humedad en muestras de ají, con la finalidad de conocer el comportamiento en la deshidratación.
- Determinar la influencia de la temperatura en la variación del contenido de humedad en muestras de ají, con la finalidad de conocer su comportamiento en el proceso de secado.
- Realizar evaluación sensorial en el proceso de secado con la finalidad de determinar la temperatura y el tipo de corte adecuado para la deshidratación del ají.
- Aplicar un diseño experimental con la finalidad de determinar las variables que mas influencia tienen en el proceso de secado.
- Realizar evaluación sensorial al producto ají en polvo clasificado, con el propósito de saber la granulometría adecuada para el producto.
- Determinar la composición físico-química, microbiológica y organoléptica del producto ají en polvo variedad camba rojo con el propósito conocer su composición nutricional.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el departamento de Tarija existe un crecimiento importante de locales de comidas rápidas, los cuales no cuentan con los insumos necesarios y oportunos para ser adquiridos de manera rápida y por lo tanto deben ser adquiridos de otros mercados, como ser La Paz, Cochabamba y entre otros. Lo que hace la necesidad de producirlos en la provincia Cercado; especialmente ají en polvo, variedad cambia.

Así mismo, en el departamento de Tarija existe la oferta de ají variedad cambia y el cual no es comercializado de manera eficiente; provocando la reducción de los precios y que a veces no justifica su transporte desde los lugares de producción hacia nuestros mercados; ya que no hay un estudio sobre la obtención de ají polvo para que sea utilizado como aderezo en base a esta variedad de ají.

Nutricionalmente, el ají contiene vitamina A y Vitamina C; el cual no es conocido en su composición nutricional por parte de los consumidores, y por ende no es aprovechado, ni menos consumido por sus bondades químicas; ya que no existe divulgación científica u algún otro proyecto que permita promover su consumo en la dieta alimentaria; y de alguna manera pueda contrarrestar algunas enfermedades, como ser de la vista y sistema inmunológico.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será el proceso de secado a ser utilizado para la obtención de ají en polvo (*Capsicum baccatum*), variedad cambia rojo con el fin de elaborar un producto de calidad nutricional?

1.6 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Mediante la aplicación de tratamiento térmico a rallas de ají a 3 minutos, se logra inactivar la enzima peroxidasa con agua a temperatura de ebullición (92 °C) y posterior mente secado con aire caliente a temperatura de 50 °C, durante 8,5 horas se obtiene ají deshidratado con un contenido de humedad en base seca de (0,09 Kg agua/Kg sólido seco); molienda y clasificado granulométricamente en tamices de N° 80 y N° 50 por un tiempo de 5 minutos se obtiene ají en polvo variedad cambia rojo.

2.1 ORIGEN DEL AJÍ

Los restos más antiguos de la planta o fruto del chile ***capsicum***, proceden del valle de Tehuacán (México) y datan del año 5000-3000 antes de cristo. Le llamaban chile o ají (Nuez, 1996).

Datos arqueológicos encontrados en Perú, señalan el cultivo temprano de ***capsicum baccatum*** muestran una edad de 2500 años antes de cristo. (Pickersgill, 1969). La cual, se reconoce como la región con mayor posibilidad de ser su origen (Salas, 2006).

2.1.1 ESPECIES DE AJÍ Y SU PAÍS DE ORIGEN

En el cuadro 2.1, se muestran las especies de chile domesticadas del género ***capsicum*** en sus países de origen.

Cuadro 2.1
Especies de ají en sus países de origen

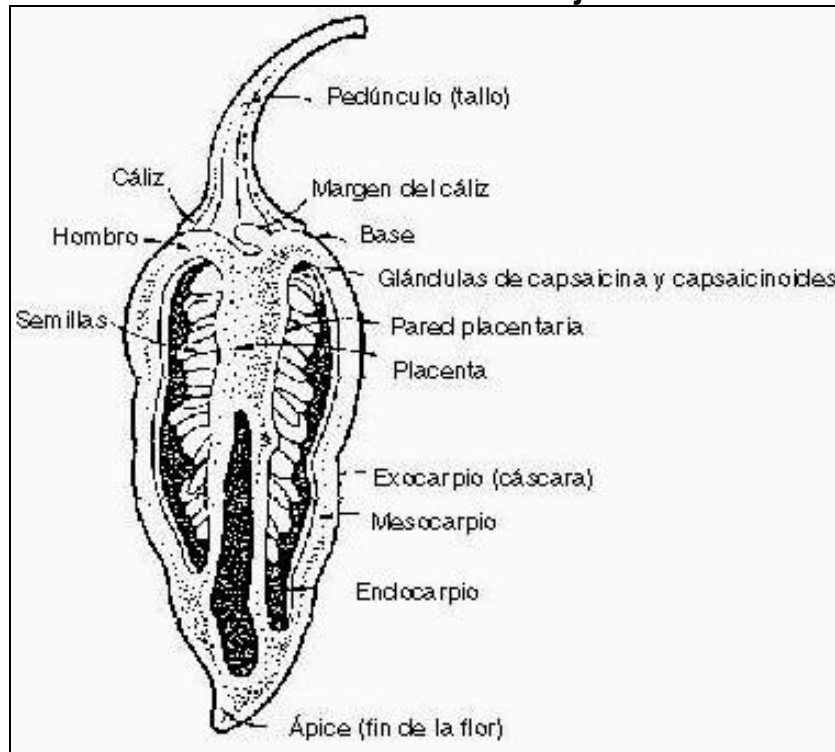
Especies domesticadas	País de origen
<i>Capsicum annuum</i>	México y Guatemala
<i>Capsicum frutescens</i>	Cuenca del Amazonas
<i>Capsicum baccatum</i>	Zonas bajas de Bolivia
<i>Capsicum chinese</i>	Cuenca del amazonas
<i>Capsicum pubescens</i>	Los andes (Perú-Bolivia)

Fuente: Nuez, 1996

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL FRUTO DEL AJÍ

En la figura 2.1 se muestran las partes del ají, pedúnculo, cáliz, mesocarpio, exocarpio, endocarpio, placenta y semillas.

Figura 2.1
Partes del fruto de ají



Fuente: Sigüencia, 2010

2.3 VARIEDADES DE AJÍ

Las variedades de ají que se cultivan en el departamento de Tarija son:

2.3.1 AJÍ DULCE

El ají dulce es una variedad de ají que generalmente, se utiliza para la elaboración de encurtidos y escabeches. Su fruto se muestra en la figura 2.2.

Figura 2.2
Ají dulce



Fuente: Pérez, 2010

2.3.2 AJÍ ULO PICA

El ají ulo pica, es una variedad de tamaño pequeño y muy picante. Se usa exclusivamente para la elaboración de conservas y en las comidas como aderezo. Su fruto, se muestra en la figura 2.3.

Figura 2.3
Ají ulo pica



Fuente: Pérez, 2010

2.3.3 AJÍ MALA PALABRA

El ají mala palabra, es de tamaño mediano y de forma cónica; utilizado para la preparación de salsas picantes. Su fruto, se muestra en la figura 2.4.

Figura 2.4
Ají mala palabra

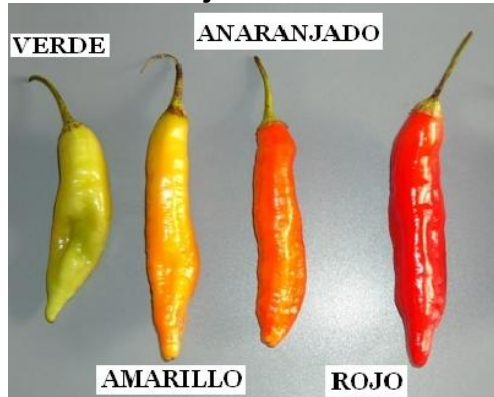


Fuente: Siguencia, 2010

2.3.4 AJÍ CAMBA

El ají cambia, es una variedad de ají que es especialmente utilizado en la preparación de comidas y en diferentes conservas. Es de forma cilíndrica alargada; además presenta diferentes colores que van desde verde, amarillo, anaranjado hasta rojo. Su fruto, se muestra en la figura 2.5.

Figura 2.5
Ají camba



Fuente: Siguencia, 2010

2.4 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL AJÍ VARIEDAD CAMBA

El ají camba pertenece a la especie ***capsicum baccatum*** y su clasificación botánica, se detalla en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2
Clasificación botánica *capsicum baccatum*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>Capsicum baccatum</i>

Fuente: Siguencia, 2010

2.5 TAXONOMÍA DEL AJÍ VARIEDAD CAMBA

El ají variedad camba es una planta herbácea, su fruto maduro es una vaina de muchas semillas, con variados tonos de color que van desde el rojo hasta el amarillo, y diferentes grados de picor, según la variedad (Siguencia, 2010).

2.5.1 FLOR

Las flores del ají variedad camba son de tamaño pequeño, y constan de una corola de color blanco, aparecen en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas (Siguencia, 2010). La flor de la planta de ají variedad camba, se muestra en la figura 2.6.

Figura 2.6
Flor de la planta de ají variedad camba



Fuente: Sigüencia, 2010

2.5.2 TALLO

El tallo del ají variedad camba, es de crecimiento limitado y erecto; y cierta altura emite 2 o 3 ramificaciones. Los tallos secundarios, se dividen después de brotar varias hojas, y así sucesivamente (Siguencia, 2010).

2.5.3 HOJAS

Las hojas del ají variedad camba (figura 2.7), son de color verde más o menos intenso y brillante, dependiendo de la variedad. (Siguencia, 2010).

Figura 2.7
Hoja de planta de ají variedad camba



Fuente: Siguencia, 2010

2.5.4 FRUTO

El fruto del ají variedad camba (figura 2.8), es clasificado como una baya hueca donde las semillas que se encuentran insertadas en una placenta cónica de disposición central (Siguencia, 2010).

Figura 2.8
Ají variedad camba



Fuente: Siguencia, 2010

2.6 VALOR NUTRICIONAL DEL AJÍ

El ají es un alimento de gran valor nutritivo, es rico en vitaminas A y C. Además, es una excelente fuente proveedora de potasio, magnesio, hierro, tiamina, niacina, y riboflavina (Siguencia, 2010).

2.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AJÍ

La composición química del ají variedad camba *capsicum baccatum*, se muestra en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3
Composición química del ají variedad camba *capsicum baccatum*

Compuesto	Cantidad
Humedad (%)	91,80
Proteína (%)	1,00
Grasa (%)	0,21
Ceniza (%)	0,59
Fibra (%)	2,89
Carbohidratos (%)	3,51
Energía (Kcal/100 g)	19,93
Sodio (mg/100 g)	0,94
Potasio (mg/100 g)	168,00
Fosforo (mg/100 g)	5,80
Vitamina A (µl/100 g)	173,00
Vitamina C (mg/100 g)	127,20

Fuente: Sigüencia, 2010

2.8 USOS Y APLICACIONES DEL AJÍ

El fruto del ají, se usa extensivamente como condimento. Además de ser un excelente alimento tiene varios usos medicinales y aplicaciones curativas (Buenas tareas, 2013).

2.8.1 FRUTO FRESCO

El fruto fresco del ají, se utiliza para la preparación de comidas; y como aderezó y acompaña a platos típicos de la región (Buenas tareas, 2013).

2.8.2 FRUTO PROCESADO

Los productos que se elaboran a partir de ají, son de consumo peculiar por la facilidad de utilizarlo en la cocina. Por ejemplo: pasta de ají y ají polvo (Buenas tareas, 2013).

2.8.3 MEDICINAL

El ají tiene propiedades antirreumáticas, reduce el dolor causado por este tipo de enfermedades. Tiene propiedades antiácidas, por lo cual es aconsejable su aplicación para aquellas personas que sufren de acidez estomacal y gastritis (Buenas tareas, 2013).

2.8.4 EN LA COCINA

La comercialización de pastas de ají embolsadas es uno de los productos, tanto a nivel de supermercados como de mercados de mayor crecimiento en su consumo. Ahorra en cierto sentido el uso del batan y acorta el tiempo de preparación de platos (Buenas tareas, 2013).

2.9 TRANSFORMACIÓN DE ALIMENTOS

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 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 (Gonzales, 2008).

2.9.1 TRATAMIENTO TÉRMICO

Los métodos de conservación tradicionales de alimentos basados en tratamientos térmicos son:

- Escaldado
- Pasteurización
- Esterilización

Estos con llevan en muchas ocasiones, una disminución de la calidad, nutricional y organoléptica del alimento. Este aspecto, unido al hecho de que el consumidor demanda alimentos cada vez más frescos y naturales que además de tener una vida útil prolongada mantengan sus cualidades nutricionales y sensoriales, ha llevado a perfeccionar los tratamientos térmicos existentes, ya que cuanto más intenso es el tratamiento térmico aplicado, mayores son los cambios indeseables ocasionados. Por ello, cuando se establecen los tratamientos térmicos más adecuados para un determinado producto que busca siempre ese compromiso entre la calidad microbiológica, la organoléptica y la nutritiva (Siguencia, 2010).

Desde el punto de vista de la calidad nutricional, como consecuencia del tratamiento térmico aplicado, se pierden vitaminas termolábiles, como la vitamina C (Osorio, 2008).

2.9.2 ESCALDADO

Muchos alimentos de origen vegetal, se blanquean o se escaldan ligeramente con agua caliente o con vapor antes de someterlos a un tratamiento. El blanqueo completa el lavado del alimento, fija el color, ablanda los tejidos y destruye algunos microorganismos (López, 2005).

Generalmente se usa temperatura entre 70°C a 95°C, por un tiempo variable; se debe tener en cuenta el tamaño de la fruta tratada, el producto final que se desea obtener, pH del medio, la presencia de sales, el grado de aireación, se debe evitar modificaciones en el aroma, consistencia, textura y valor nutritivo (López, 2005).

2.9.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE ESCALDADO

Los factores o variables que se toma en cuenta en el proceso de escaldado (López, 2005) son:

- Temperatura.
- Tipo de corte del fruto (laminas, rallas).
- Tamaño del fruto.
- Concentración de la solución.
- Tiempo de escaldado.

2.9.4 OBJETIVOS DEL PROCESO DE ESCALDADO

Los objetivos del proceso de escaldado (López, 2005), son los siguientes:

- Inactivación enzimática.
- Ablandamiento del producto (ablandamiento del exocarpio).
- Parcial eliminación de gases intercelulares.
- Fijación y acentuación de color y pigmentos.
- Reducción parcial de microorganismos existentes.
- Desarrollo de sabores y aromas característicos.

2.10 PROCESO DE SECADO DE ALIMENTOS

El secado, es una operación unitaria (Orna, 2012). Esta tiene como fin eliminar la humedad residual que contiene un sólido, para hacerlo más atractivo desde el punto de vista comercial, mejorar sus condiciones de almacenamiento, y emplearlo en operaciones posteriores (Valiente, 1994).

Es un de los procesos más antiguos de preservación de alimentos (Cheftel, 1983).

Los alimentos deshidratados con mínima actividad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas (Cheftel, 1983).

2.10.1 DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS

Los productos frescos contienen una elevada cantidad de agua por lo que constituye un medio húmedo suficiente para la actividad de las enzimas y el crecimiento de los microorganismos. La deshidratación tiene como objetivo

reducir la actividad de agua del producto hasta el nivel que sea suficiente para disminuir la actividad enzimática y que los microorganismos no puedan desarrollarse, aparte de los fines de conservación se deshidratan los alimentos para disminuir su peso y volumen (Flores, 2007).

Durante el secado de las frutas y hortalizas se produce una serie de cambios en sus componentes originales, los cuales afectan en la calidad del producto final (González, 2008).

En el cuadro 2.4, se muestra el contenido de humedad de algunas hortalizas y temperaturas de secado.

Cuadro 2.4
Contenido de humedad de hortalizas y temperatura de secado

Producto	Fresco (%)	Seco (%)	Temperatura (°C)
Arveja	80	5	60
Cebolla	80	4	55
Hortalizas en hoja	80	10	50
Tomate	95	8	65
Repollo	94	4	55
Zanahoria	70	5	60
Locoto y ají	86	5	60
Ajo	80	8 a 10	55

Fuente: Echeverrianza, 2006

2.10.2 CONSIDERACIONES TEÓRICAS DEL DESHIDRATADO DE ALIMENTOS

El deshidratado se basa en el cálculo de la cantidad de calor para evaporar una cierta cantidad de agua que contiene el alimento. Este cálculo está relacionado directamente con las condiciones de entrada y salida del aire utilizado en el proceso de secado (González, 2008). Para esto, se definen los siguientes conceptos:

2.10.3 HUMEDAD

Se llama humedad al peso en kilogramos de vapor contenido en 1 kilogramo de aire seco (Lomas, 2002).

2.10.4 HUMEDAD ABSOLUTA

La humedad absoluta de una determinada mezcla se expresa en kilogramos de vapor de agua contenido en un kilogramo de aire seco (Lomas, 2002).

2.10.5 HUMEDAD RELATIVA

Se define por la relación entre la humedad absoluta del aire y la humedad absoluta de un aire saturado a las mismas condiciones de presión y la temperatura se expresa en porcentaje (Lomas, 2002).

2.10.6 HUMEDAD DE EQUILIBRIO

Es la humedad del sólido cuando su presión de vapor se iguala a la presión de vapor de gas. Es decir, cuando ésta en equilibrio (Mulero, 2006).

2.10.7 TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO

Es la temperatura de equilibrio dinámico, alcanzada por una pequeña cantidad de agua que se ésta evaporando en condiciones adiabáticas en una corriente de aire. En estas condiciones la velocidad de transferencia de calor por convección, es igual a la velocidad de transferencia de masa (Lomas, 2002).

2.10.8 TEMPERATURA DE BULBO SECO

Es la temperatura de la mezcla vapor-aire expuesta en forma ordinaria al bulbo seco del termómetro (Cata, 2007).

2.10.9 CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA

La ecuación 2.1, expresa el contenido de humedad de un sólido referido a la masa seca del mismo sólido (Mulero, 2006).

$$X = \frac{\text{Kg Agua}}{\text{Kg Sólido seco}} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

2.10.10 CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE HÚMEDA

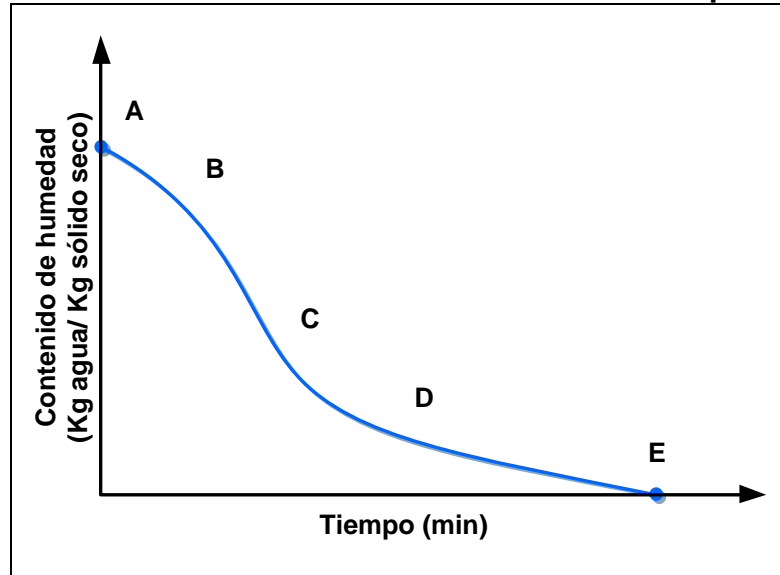
La ecuación 2.2, expresa la masa de agua en kilogramos por unidad de masa de producto húmedo (Mulero, 2006).

$$x = \frac{\text{Kg Agua}}{\text{Kg Sólido humedo}} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

2.11 CURVAS DE SECADO

Las curvas de secado, se obtiene llevando sobre un diagrama cartesiano, el contenido de humedad del producto en función del tiempo (figura 2.9), o bien la velocidad de secado en función del contenido de humedad del producto (figura 2.10) (Cheftel, 1983).

Figura 2.9
Contenido de humedad en función del tiempo

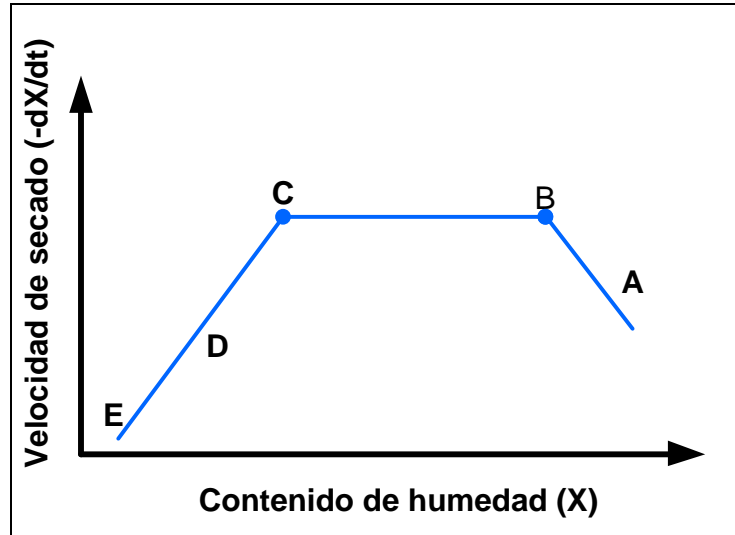


Fuente: Mulero, 2006

Las curvas de velocidad de muestran que el secado no es un proceso fácil y continuo; en el cual un solo mecanismo ejerce el control a lo largo de toda la duración del proceso (Cheftel, 1983).

La sección (BC) de cada curva representa el periodo de velocidad constante. En la figura 2.9, los puntos (BC) se representa con una recta de pendiente constante dx/dt , que se convierte en un línea horizontal en las curvas de velocidad que se ilustran en las figuras 2.10 (Cata, 2007).

Figura 2.10
Velocidad de desecación en función del contenido de humedad



Fuente: Mulero, 2006

El punto (C) en donde concluye la velocidad constante y comienza a descender se conoce como contenido crítico de humedad (Cata, 2007).

En los puntos (CD) de la figura 2.10, se define usualmente como el primer periodo de desecación con velocidad decreciente. En los puntos (DE), como el segundo periodo de velocidad decreciente. En los puntos (AB), representa un lapso de calentamiento (Cata, 2007).

2.12 VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO DEL SECADO

Las variables más importantes y que tienen influencia en la deshidratación de alimentos son:

2.12.1 TEMPERATURA

Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y el alimento, mayor será la velocidad de transmisión de calor

al alimento, la cual proporciona la fuerza impulsora para la eliminación de humedad (Potter, 1978).

2.12.2 VELOCIDAD DEL AIRE

El aire caliente recoge más humedad que el aire fresco, pero el aire en movimiento es más efectivo todavía. El aire en movimiento, es decir, el aire a alta velocidad, además de recoger humedad, barre la superficie del alimento, previniendo la creación de una atmosfera saturada que disminuiría la velocidad de la eliminación subsiguiente de humedad (Potter, 1978).

2.12.3 ÁREA DE SUPERFICIE

Generalmente sub dividimos el alimento a deshidratar en piezas pequeñas o capas delgadas, a fin de acelerar la transmisión de calor y la transferencia de masa la cual acelera el secado (Potter, 1978).

2.12.4 SEQUEDAD DEL AIRE

Cuando el aire es el medio de secado, cuanto más seco esté, mayor será la velocidad del proceso. El aire seco tiene el poder de absorber y retener la humedad. El aire húmedo está más cerca del punto de saturación y, por lo tanto, puede absorber y retener menos humedad adicional que se estuviera seco (Potter, 1978).

2.13 TIPOS DE SECADORES

Los secadores utilizados a nivel industrial para el secado de alimentos, se muestran en el cuadro 2.5.

Cuadro 2.5
Tipos de secadores a nivel industrial

Secadores	Producto
Secador de bandejas	Frutas, hortalizas
Secador de túnel	Frutas y legumbres
Secador de cinta transportadora	Frutas
Secadores bajo vacío	Frutas, concentrados y zumos
Secador continuo de tambor	Leche en polvo, legumbres, puré de batatas y plátano
Secador por pulverización	Leche en polvo
Secador neumático	Granos, harina, almidones
Secador por atomización	Café, huevo, zumo de gruta, te
Secadores de lecho fluidizado	Legumbres, cereales, café, azúcar

Fuente: Cheftel, 1983

2.13.1 SECADORES ADIABÁTICOS

Estos secadores se dividen en dos tipos

- Discontinuos (secadores de bandeja).
- Continuos (secador de túnel).

2.13.1.1 SECADORES DE BANDEJAS

El método más simple de secado de un producto es extenderlo en forma de capa fina sobre una bandeja rectangular y hacer pasar aire. El aspecto más importante del diseño de los secadores de bandejas es conseguir la recirculación económica del aire para mantener uniforme la temperatura y controlar la humedad. Los secadores de bandejas más simples consisten en un simple de rejillas colocadas, una sobre otra en una cabina. Estas se cargan y descargan a mano. El aire puede ser calentado eléctricamente o haciéndolo pasar por tubos finos calentados por vapor. De manera, alternativa pueden emplearse equipos para la manipulación mecánica de las bandejas. Cualquiera que sea el diseño del sistema de bandeja, la eficacia

de la operación depende de la uniformidad de la distribución de las partículas del alimento sobre ellas (Guevara, 2011).

2.14 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATACIÓN RESPECTO A LA CALIDAD DEL PRODUCTO

A continuación, se describe las ventajas y desventajas de la deshidratación con respecto a la calidad del producto.

2.14.1 TEXTURA

La textura de los alimentos, es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho del tipo de pretratamiento que se le realiza en el alimento; el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y modo de pelado. En alimentos escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido de agua durante la deshidratación (González, 2008).

Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme característica de la materia prima original (Barbosa, 2000).

2.14.2 AROMAS

El calor no solo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. Su mayor o menor pérdida dependerá de la temperatura, de la concentración de

sólidos en el alimento y de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua. Por ello, alimentos especiales por sus características aromáticas (hierbas y especias), se deshidratan a temperaturas bajas (Barbosa, 2000).

La desecación también produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad de agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos (Barbosa, 2000).

2.14.3 COLOR

La deshidratación afecta también al color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, betalainas, etc. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura; mayores son las pérdidas en estos pigmentos. La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del pardeado durante su almacenamiento. Ello puede evitarse usando el escaldado como tratamiento previo a la desecación o tratando la fruta y verduras con ácido ascórbico y otros compuestos (Barbosa, 2000).

2.14.4 VALOR NUTRITIVO

Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación previa de frutas y verduras son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso de deshidratación. La pérdida de vitaminas viene en función de su solubilidad en agua. A medida que el proceso de deshidratación avanza algunas

(por ejemplo: la riboflavina), alcanzan su sobresaturación y precipitan. A las pérdidas, por tanto, son pequeñas. Otras, (por ejemplo: el ácido ascórbico), se mantienen disueltas hasta que el contenido en agua del alimento es muy bajo y reaccionan con los solutos a mayor velocidad a medida que el proceso progresa. La vitamina C es también sensible al calor y la oxidación. Por ello, los tiempos de deshidratación deben ser cortos. Otras vitaminas liposolubles son más estables (a la oxidación y al calor), por lo que sus pérdidas rara vez son superiores al 5 – 10 %. Los nutrientes liposolubles se encuentran, en su mayor parte, en la materia seca del alimento, por lo que durante la deshidratación no experimentan concentración alguna (Barbosa, 2000).

Los metales pesados, sin embargo, actúan como catalizadores de reacciones de oxidación de nutrientes insaturados, están disueltos en la fase acuosa del alimento. A medida que el agua se elimina, su reactividad aumenta y las reacciones de oxidación de lípidos esenciales también se aceleran (Barbosa, 2000).

La deshidratación no cambia sustancialmente el valor biológico y la digestibilidad de las proteínas de mayor parte de los alimentos (Barbosa, 2000).

2.15 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El ají en polvo es un producto que es de uso peculiar dentro de la cocina, para obtener ají en polvo la materia prima debe pasar por un proceso de secado disminuyendo el contenido de humedad y luego triturado mediante una operación denominada molienda, para la transformación del ají deshidratado a polvo se utilizan equipos de molienda dentro de los cuales se tiene; molino a bolas, molino de martillo, molino de disco (Rocabado, 2001).

3.1 DESARROLLO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

La parte experimental del trabajo de investigación “**Obtención de ají en polvo variedad cambia rojo**”, se realizó en el Laboratorio de Secado y Laboratorio Taller de Alimentos (LTA); dependiente de la Carrera Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2 EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

Los equipos y materiales de laboratorio que se utilizó, en la parte experimental del trabajo de investigación se detalla a continuación:

3.2.1 BALANZA ANALÍTICA

Este equipo, se encuentra en el Laboratorio de Secado; dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencia y Tecnología. Sus especificaciones técnicas, se muestran en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1
Balanza analítica

Industria	Switzerland
Marca	Mettler Toledo
Modelo	PB 1502-S
Precisión	0,01 g
Error	0,10 g
Capacidad máxima	1510 g
Capacidad mínima	0,50 g

3.2.2 SECADOR DE BANDEJAS

Para deshidratar las muestras de ají variedad cambia rojo, se utilizó un secador de bandejas, que pertenece al Laboratorio de Secado; dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos. Sus especificaciones técnicas, se muestran en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2
Secador de bandejas

Industria	Hungary
Marca	ESZTERGPM
Tipo	1231 SZ-1
Tensión	220 V
Potencia total	2200 W
Capacidad de las bandejas	6 bandejas (66x66) cm
Tamaño del equipo	Altura = 116,00 cm Ancho = 67,00cm

3.2.3 MOLINO DE MARTILLO

La molienda del ají deshidratado, se realizó en un molino de martillo; el cual se encuentra en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Sus especificaciones técnicas, se muestran en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3
Molino de martillo

Industria	Finland
Tensión	220-240 V
Potencia	750 W
r.p.m.	2700
Frecuencia	50 Hz

3.2.4 SELLADORA ELÉCTRICA

La selladora eléctrica manual, pertenece al Laboratorio Taller de Alimentos (LTA). Sus especificaciones técnicas, se detallan en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4
Selladora eléctrica

Industria	Boliviana
Marca	Electrónica / H-2001
Termonizador	0-10 °C
Potencia	250 W

3.2.5 GENERADOR DE AIRE

Para introducir aire seco y remover el aire saturado del secador, se utilizó un generador de aire y el cual pertenece al Laboratorio de Secado; dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos.

3.2.6 PSICRÓMETRO

Este instrumento cuenta con dos termómetros de mercurio, los cuales se utilizan para medir la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo. Las especificaciones técnicas, se detallan en el cuadro 3.5.

**Cuadro 3.5
Psicrómetro**

Industria	Poland
Marca	KAARKOW
Psychrometr	ASSMANNNA –M
Tipo	TZ-9 N° 30/38
Escala termómetro bulbo seco	-34 °C a 50 °C
Escala termómetro bulbo húmedo	-36 °C a 50 °C

3.2.7 COCINA INDUSTRIAL

Para el tratamiento térmico de las muestras de ají, se utilizó una cocina industrial a gas natural (GN) de dos hornallas, el cual se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) Sus especificaciones técnicas, se detallan en el cuadro 3.6.

**Cuadro 3.6
Cocina industrial**

Industria	Boliviana
Numero de hornallas	2
Gas	GN
Dimensiones	Largo 1 m; ancho ½ m ; altura 0,80 m

3.2.8 MATERIALES DE LABORATORIO Y UTENSILIOS DE COCINA

En el cuadro 3.7, se detallan los materiales de laboratorio utilizados en la parte experimental del trabajo de investigación obtención de ají en polvo variedad cambia rojo.

Cuadro 3.7
Materiales de laboratorio utilizados para la obtención de ají en polvo variedad cambia rojo

Descripción	Cantidad	Capacidad	Tipo de material
Termómetro	2	(0-100)°C	Vidrio (bulbo de Hg)
Tubos ensayo	6	Mediano	Vidrio
Pipeta	1	1 ml	Vidrio
Pipeta	1	10 ml	Vidrio
Mortero	1	Pequeño	Porcelana
Vernier	1	220 mm	Acero inoxidable
Cronometro	1	Pequeño	Plástico
Tamices	2	Nº 50 y Nº 80	Acero inoxidable
Bandejas	5	(34x17) cm	Malla milimétrica, plástico
Bandejas	4	(60x 60) cm	Malla milimétrica, plástico

Fuente: Elaboración propia

Los utensilios de cocina que se utilizarán en la elaboración de ají en polvo variedad cambia rojo, se muestra en el cuadro 3.8.

Cuadro 3.8
Utensilios de cocina para obtener ají en polvo variedad cambia rojo

Descripción	Cantidad	Capacidad	Tipo de material
Fuentes	2	Mediano	Acero inoxidable
Colador	2	Mediano	Acero inoxidable
Olla	2	Mediano	Acero inoxidable
Cuchara	1	Mediana	Acero inoxidable
Cuchillo	1	Mediano	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

3.2.9 REACTIVOS QUÍMICOS

Los reactivos que se utilizarón en el desarrollo de la parte experimental del proyecto son:

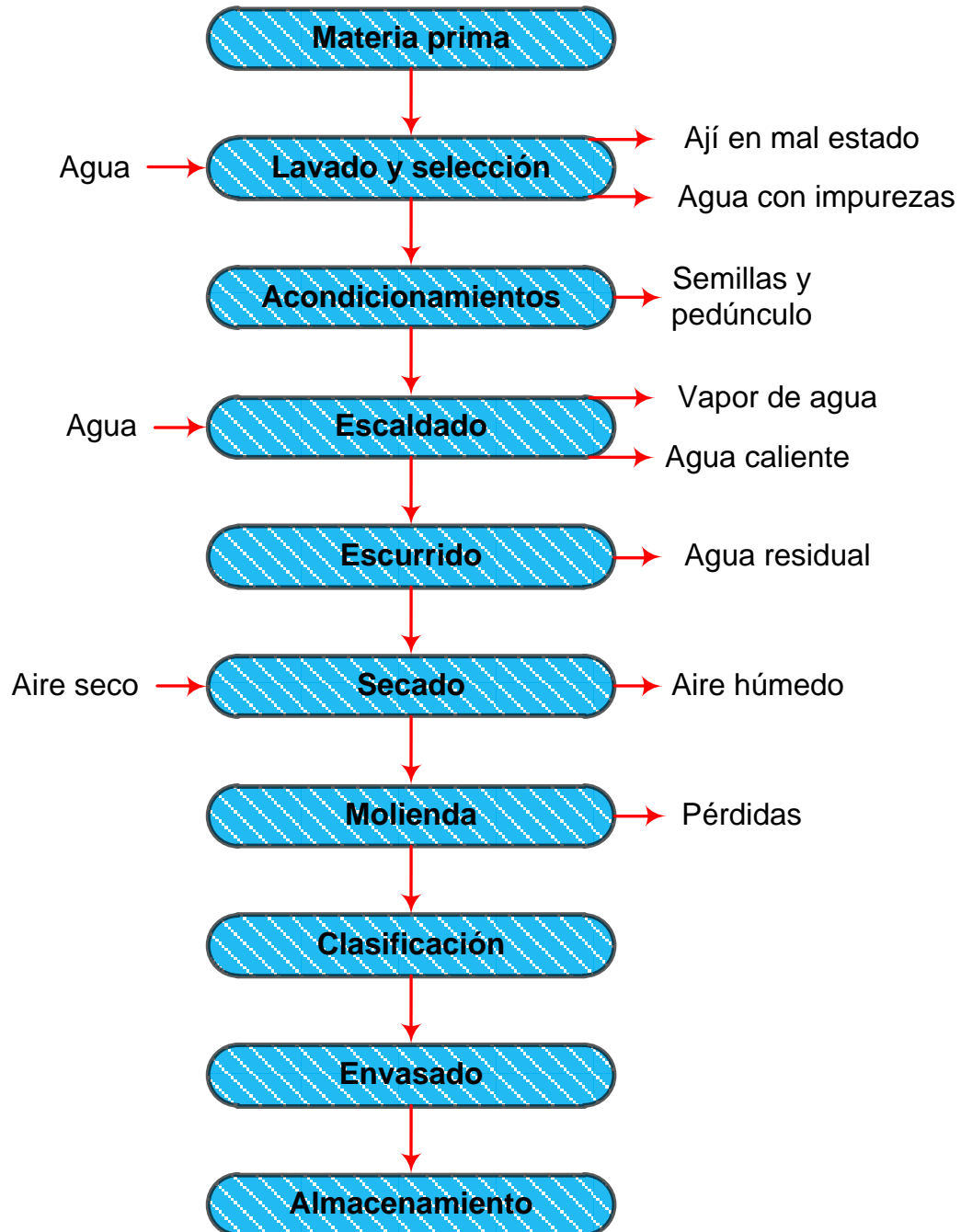
3.2.9.1 SOLUCIÓN DE GUAYACOL Y PERÓXIDO DE HIDROGENO

La solución de guayacol al 1% en etanol y peróxido de hidrogeno H₂O₂ al 3% son reactivos, que se usaron para determinar la actividad enzimática en el ají escaldado.

3.3 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DE AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

En la figura 3.1, se detalla el diagrama de flujo para el proceso de deshidratación de hortalizas (Batallanos, 2007); modificado para la obtención de ají en polvo variedad cambia rojo.

Figura 3.1
Diagrama de flujo para la obtención de ají en polvo variedad camba rojo



Fuente: Elaboración propia

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

El proceso de obtención de ají en polvo variedad cambia rojo, se describe de la siguiente manera.

3.4.1 MATERIA PRIMA

Para la elaboración de ají en polvo, se utilizó ají variedad cambia rojo el cual es cultivado en el Municipio del Valle, Provincia Cercado del departamento de Tarija.

3.4.2 LAVADO Y SELECCIÓN

El lavado de la materia prima, consistió en colocar manualmente el ají en un recipiente de acero inoxidable utilizando agua potable, con el fin de eliminar las partículas extrañas e impurezas (tierra, paja, etc.). Al mismo tiempo, se procedió a seleccionar objetivamente los ajís en mal estado (frutos en descomposición).

3.4.3 ACONDICIONAMIENTO

Posterior al lavado del ají, se procedió a extraer el pedúnculo despigando manualmente; con la finalidad de cortar el ají por la parte longitudinal del fruto con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, separando y eliminando la parte no comestible de la materia prima (placenta y semillas), para luego proceder a cortar el ají en dos láminas, y rallas de cuatro.

3.4.4 ESCALDADO

El proceso de escaldado, consiste en sumergir las muestras de ají acondicionadas en un recipiente de acero inoxidable que contiene agua a temperatura de ebullición (92°C), por un tiempo de (1 a 4) minutos. Posteriormente, se retiran rápidamente las muestras de ají a un enfriado con agua potable a temperatura ambiente de 22°C, para evitar el ablandamiento excesivo.

3.4.5 ESCURRIDO

El proceso de escurrido, se realizó colocando el ají escaldado en un colador metálico durante 5 a 10 minutos; con el fin de eliminar agua residual de las muestras de ají escaldado.

3.4.6 SECADO

Para el secado de las muestras de ají, se realizó previamente el ajuste del secador de bandejas en vacío; el cual consistió en encender el equipo y el generador de aire. Donde se ajustó la temperatura de trabajo entre (50, 60 y 70) °C y se dejó calentar el secador por un lapso de tiempo entre (40 a 60) minutos.

Posteriormente, se procedió a colocar las muestras de ají en láminas y en rallas en las bandejas previamente construidas de madera y malla milimétrica con dimensiones de 17x34cm. Finalmente, se realizó el control de peso (bandeja más la muestra de ají) en una balanza analítica; para luego ser introducidas al secador y donde se controló la variación de peso por cada 30 minutos hasta obtener peso constante entre cada pesada. Las muestras, se retiran del secador para ser enfriadas a temperatura ambiente por un tiempo

de 2 a 5 minutos para luego ser envasadas en bolsas de polipropileno de alta densidad de 35 micrones.

3.4.7 MOLIENDA

Consistió en llevar las muestras deshidratadas de ají al molino eléctrico de martillos; con el fin de disminuir el tamaño de granulometría para obtener ají en polvo. El proceso consistió en colocar una bolsa plástica en la boca de salida del molino, para evitar que las partículas más finas se dispersen hacia el medio ambiente y evitar pérdidas.

3.4.8 CLASIFICACIÓN

Una vez realizado el proceso de molienda, se procedió a clasificar la granulometría de la harina en la serie de Tyler; utilizando tamices: N° 50 (0,3mm para partículas gruesas) y N° 80 (0,18mm para partículas intermedias) y tamiz colector (para partículas finas), para un tiempo de tamizado entre 5 a 10 minutos.

3.4.9 ENVASADO

El proceso de envasado, consistió en colocar las muestras de ají en polvo manualmente en bolsas de polipropileno de alta densidad (35 micrones); previamente acondicionadas en tamaño de 20x15 centímetros. Para tal efecto, se tomó en cuenta los dos tipos de granulometría obtenidos en el proceso de tamizado y posteriormente ser llevadas a la selladora eléctrica; con el fin cerrar la bolsa con el producto obtenido.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

La metodología utilizada para obtener los resultados experimentales en el presente trabajo, se detallan a continuación:

3.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AJÍ VARIEDAD CAMBA ROJO

Para determinar las propiedades físicas del ají variedad camba rojo (cuadro 3.9), se tomó en cuenta las siguientes características; peso, altura, diámetro, porción comestible y porción no comestible.

Cuadro 3.9
Propiedades físicas del ají variedad camba rojo

Características	Unidades
Peso	g
Altura	cm
Diámetro	cm
Porción comestible	(%)
Porción no comestible	(%)

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AJÍ VARIEDAD CAMBA ROJO

La determinación de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima y del producto terminado (ají en polvo variedad camba rojo), se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Para lo cual, se tomó en cuenta los parámetros y técnicas que se detallan en el cuadro 3.10.

Cuadro 3.10
Propiedades fisicoquímicas de la materia prima y producto terminado

Parámetros	Unidades	Técnicas
Valor energético	Kcal/100g	Cálculo
Humedad	%	Norma Boliviana 074-2000
Proteína total (Nx6,25)	%	Norma Boliviana 466-81
Hidratos de carbono	%	Cálculo
Materia grasa	%	Enciclopedia Química Industrial
Fibra	%	Manual técnico CEANID
Cenizas	%	Norma Boliviana 075-74
Azúcares totales	%	Association of Official Agricultural Chemists 923-09

Fuente: CEANID, 2013

3.5.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

El análisis microbiológico del ají en polvo variedad cambia rojo, se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Para lo cual, se tomó en cuenta los parámetros y técnicas que se detallan en el cuadro 3.11.

Cuadro 3.11
Propiedades microbiológicas del ají en polvo variedad cambia rojo

Parámetros	Unidades	Técnica
Mohos y Levaduras	UFC/g	Norma Boliviana 32006

Fuente: CEANID, 2013

3.6 ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

El análisis sensorial de alimentos consiste en evaluar sus atributos sensoriales (color, olor, textura, granulometría, apariencia etc.), por medio de los cuatro sentidos. El análisis sensorial toma como herramienta conceptos estadístico para obtener resultados, también se utiliza test de evaluación sensorial para evaluar y recabar información de la aceptabilidad de un producto (Barda, 2000).

Dentro de los test que se utilizó en el proceso de elaboración de ají en polvo variedad cambia rojo son:

- Test de escala Hedónica
- Test de escala de intensidad (evaluación sensorial cualitativa relativa).

3.6.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN LAS MUESTRAS DE AJÍ

Para establecer el tiempo de tratamiento térmico de las muestras de ají, se realizó una evaluación sensorial en escala cuantitativa relativa (Anexo B.1) y compuesta por 25 jueces no entrenados que evaluaron el atributo color.

3.6.2 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

En el proceso de secado para obtener ají en polvo variedad cambia rojo, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica (Anexo B.2) y compuesta por 25 jueces no entrenados que evaluaron el atributo color y aspecto.

3.6.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL PROCESO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DEL AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

Para la clasificación del ají en polvo variedad cambia rojo, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica (Anexo B.3) y compuesta por 25 jueces no entrenados que evaluaron el atributo color y granulometría.

3.6.4 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

Para las propiedades organolépticas del producto terminado (ají en polvo variedad cambia rojo), se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica

(Anexo B.4) y compuesta por 25 jueces no entrenados que evaluaron el atributo color, granulometría y apariencia.

3.7 DISEÑO FACTORIAL

El diseño factorial, es la combinación de dos o más diseños simples (unifactoriales); es decir, el diseño factorial requiere la manipulación simultánea de dos o más variables independientes (factores), en un mismo experimento (Bono, 2013).

3.7.1 DISEÑO FACTORIAL 3^2

El diseño más simple, es el 3^2 que consta de dos factores con tres niveles cada uno. Donde hay $3^2 = 9$ combinaciones de tratamientos y existen 8 grados de libertad entre ellas. Los efectos principales A y B tienen dos grados de libertad cada uno, y la interacción AB tiene cuatro grados de libertad. Si hay (n) réplicas habrá un total de $[n3^2-1]$ grados de libertad, correspondiendo para el error $3^2(n-1)$ grados de libertad (Montgomery, 1991).

3.7.2 DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

El diseño factorial que se realizó en el proceso de secado fue un diseño de 3^2 . En el cuadro 3.12, se muestra los niveles de variación de los factores temperatura (T) y tipo de corte (C).

Cuadro 3.12
Niveles de variación de las variables en el proceso de secado

Variables	Nivel inferior	Nivel intermedio	Nivel superior
T	50 °C	60 °C	70 °C
C	Rallas		Láminas

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 3.13, se muestra el diseño experimental en el proceso de secado para la elaboración de ají en polvo variedad camba rojo.

Cuadro 3.13
Diseño experimental en el proceso de secado para la obtención de ají en polvo variedad camba rojo

Corridas	T	C	Repetición I	Repetición II
1	T ₁	C ₁	T ₁ C ₁	T ₁ C ₁
2		C ₂	T ₁ C ₂	T ₁ C ₂
3	T ₂	C ₁	T ₂ C ₁	T ₂ C ₁
4		C ₂	T ₂ C ₂	T ₂ C ₂
5	T ₃	C ₁	T ₃ C ₁	T ₃ C ₁
6		C ₂	T ₃ C ₂	T ₃ C ₂

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño experimental (cuadro3.16), se tomó como variable respuesta el contenido de humedad en base seca de las muestras de ají variedad camba rojo (Y_i).

Donde:

T = Temperatura de secado (50 – 70) °C.

C = Tipo de corte (láminas y rallas).

Y_i = Contenido de humedad en base seca (Kg agua/Kg sólido seco).

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Para la caracterización de la materia prima, se tomó en cuenta las propiedades físicas y fisicoquímicas del ají variedad camba rojo.

4.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AJÍ VARIEDAD CAMBA ROJO

La determinación de las propiedades físicas (cuadro 4.1), del ají variedad camba rojo, se realizó con veinte muestras tomadas al azar y aleatoriamente.

Donde:

Peso total (g)

Peso pedúnculo (g)

Peso semilla (g)

Peso porción comestible (PC) (g)

Peso porción no comestible (PNC) (g).

Porcentaje porción comestible (PC) (%)

Porcentaje porción no comestible (PNC) (%)

Altura (cm)

Diámetro (cm)

Cuadro 4.1
Propiedades físicas del ají variedad camba rojo

Muestras	Peso Total (g)	Peso Pedúnculo (g)	Peso Semilla (g)	Peso PC (g)	Peso PNC (g)	PC (%)	PNC (%)	Altura (cm)	Diámetro (cm)
1	2,73	0,05	0,36	2,32	0,41	84,98	15,02	6,27	1,10
2	2,81	0,12	0,43	2,26	0,55	80,43	19,57	5,86	0,90
3	3,09	0,11	0,05	2,93	0,16	94,82	5,18	5,60	1,24
4	5,32	0,22	0,78	4,32	1,00	81,20	18,80	7,97	1,31
5	4,52	0,19	0,82	3,51	1,01	77,65	22,35	5,96	1,19
6	3,58	0,12	0,80	2,66	0,92	74,30	25,70	6,96	1,24
7	1,83	0,08	0,24	1,51	0,32	82,51	17,49	5,46	1,20
8	3,69	0,15	0,63	2,91	0,78	78,86	21,14	6,56	1,33
9	5,85	0,21	0,91	4,73	1,12	80,85	19,15	7,00	1,54
10	5,33	0,15	0,76	4,42	0,91	82,93	17,07	9,30	1,41
11	4,34	0,12	0,81	3,41	0,93	78,57	21,43	9,76	1,20
12	6,32	0,24	0,98	5,10	1,22	80,70	19,30	7,94	1,57
13	3,22	0,08	0,44	2,70	0,52	83,85	16,15	6,57	1,10
14	2,38	0,06	0,42	1,90	0,48	79,83	20,17	6,90	1,06
15	4,09	0,05	0,74	3,30	0,79	80,68	19,32	5,83	1,20
16	2,18	0,03	0,30	1,85	0,33	84,86	15,14	5,31	1,06
17	4,52	0,06	0,72	3,74	0,78	82,74	17,26	8,30	1,28
18	3,80	0,06	0,66	3,08	0,72	81,05	18,95	6,47	1,27
19	4,67	0,02	0,76	3,89	0,78	83,30	16,70	8,20	1,28
20	3,12	0,09	0,30	2,73	0,39	87,50	12,50	6,77	1,23
Promedio	3,87	0,11	0,60	3,16	0,71	82,00	18,00	6,95	1,24

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 4.1, muestra los resultados promedios de las propiedades físicas del ají variedad camba rojo; altura 6,95 cm, diámetro 1,24 cm, peso entero 3,87g, peso de la parte comestible 3,16g, obteniendo una porción comestible de 81,75 %. El peso del pedúnculo de 0,11g; y peso de la semilla 0,60g; lo que nos da un porcentaje de porción no comestible de 18,25%.

4.1.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AJÍ VARIEDAD CAMBA ROJO

El cuadro 4.2, muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico (Anexo A) del ají variedad camba rojo como materia prima para obtener ají en polvo.

Cuadro 4.2
Propiedades fisicoquímicas del ají variedad camba rojo

Parámetros	Unidad de medida	Cantidad
Cenizas	%	0,74
Fibra	%	1,74
Materia grasa	%	0,28
Hidratos de carbono	%	5,28
Humedad	%	90,45
Proteína total	%	1,51
Valor energético	Kcal/100 g	29,68

Fuente: CEANID, 2013

En el cuadro 4.3, se puede observar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del ají variedad camba rojo: cenizas 0,74%, fibra 1,74%, materia grasa 0,28%, hidratos de carbono 5,28%, humedad 90,45% proteína total 1,51% y valor energético de 29,68 Kcal/100g.

4.2 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PARA MUESTRAS DE AJI VARIEDAD CAMBA ROJO

Para la determinación del tiempo de tratamiento térmico de muestras de ají, se utilizó la técnica de eficacia de blanqueo o escaldado (Anexo G) citado por (Miller, 2001). El escaldado o blanqueo del ají variedad cambia rojo, se realizó con el objetivo de inactivar la enzima peroxidasa que es la causante del pardeamiento enzimático en hortalizas. Este proceso consistió en sumergir las muestras de ají en agua a temperatura de ebullición (92 °C) y tiempos entre (2-4) minutos para diferentes tipos de corte; corte en laminas (figura 4.1), corte en rallas (figurara 4.2), los cuales son detallados a continuación:

Para láminas:

L1 = Tiempo de tratamiento térmico 2 minutos.

L2 = Tiempo de tratamiento térmico 3 minutos.

L3 = Tiempo de tratamiento térmico 4 minutos.

Para rallas:

R1 = Tiempo de tratamiento térmico 2 minutos.

R2 = Tiempo de tratamiento térmico 3 minutos.

R3 = Tiempo de tratamiento térmico 4 minutos.

Figura 4.1
Ají cortado en láminas



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2
Ají cortado en rallas



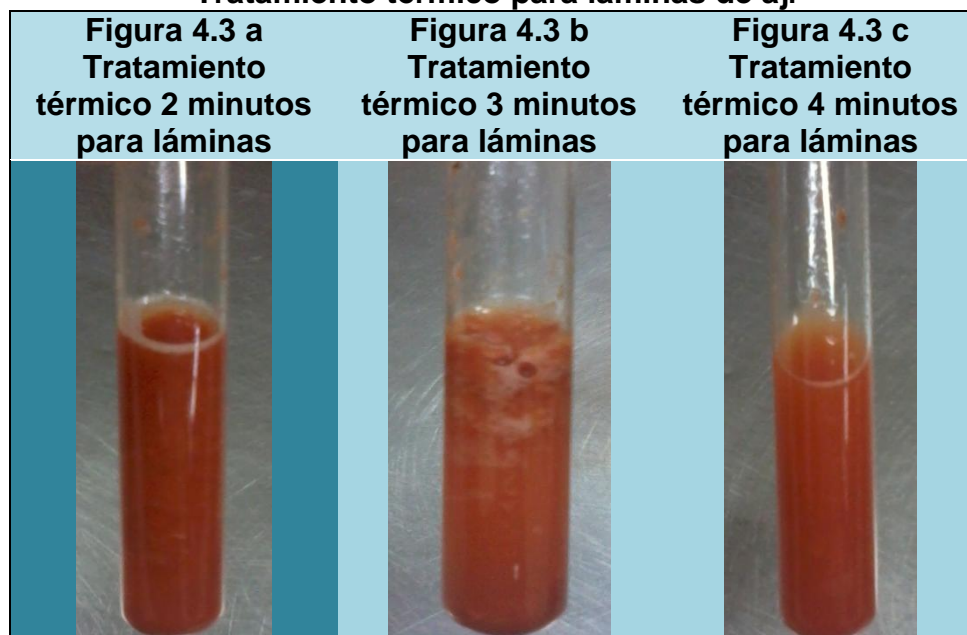
Fuente: Elaboración propia

De la misma forma se realizó una evaluación sensorial cualitativa relativa del atributo color, para los diferentes tipos de corte en función del tiempo de tratamiento térmico y de esta manera evaluar la preferencia de los jueces.

4.2.1 EFICACIA TÉRMICA PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PARA LÁMINAS DE AJÍ

Las (figura 4.3 a), (figura 4.3 b) y (figura 4.3 c), muestran los resultados de la eficacia térmica para determinar el tiempo de tratamiento térmico para láminas de ají.

Figura 4.3
Tratamiento térmico para láminas de ají



Fuente: Elaboración propia

En la (figura 4.3 a), se observa la presencia de la enzima peroxidasa; ya que el mismo tiene una coloración rojiza característica de este tipo de reacción para un tiempo de dos minutos. Finalmente en la (figura 4.3 b) tiempo de tratamiento de tres minutos y en la (figura 4.3 c) tiempo tratamiento de cuatro minutos, se observa que se logra inactivar la enzima peroxidasa. Por lo tanto, se tomó en cuenta que tres minutos es suficiente para inactivar la enzima en láminas de ají.

4.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PARA LÁMINAS DE AJÍ

El cuadro 4.3, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color, para láminas de ají y sometidas a un tratamiento térmico en agua a temperatura de ebullición de 92 °C (Anexo C.1).

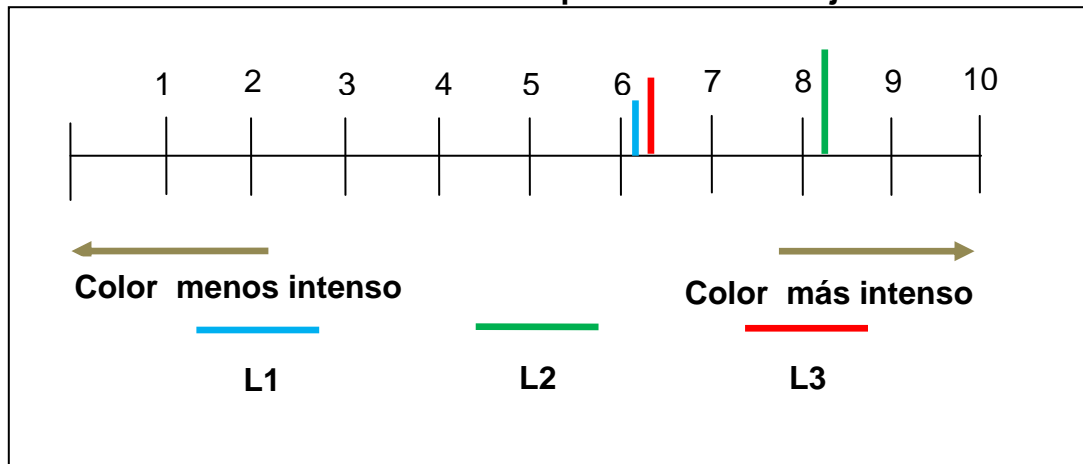
Cuadro 4.3
Evaluación sensorial del atributo color para establecer el tiempo de
tratamiento térmico para láminas de ají

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	L1	L2	L3
1	8	9	7
2	8	9	7
3	6	9	7
4	8	9	7
5	6	8	5
6	5	9	7
7	7	9	6
8	6	6	8
9	6	7	7
10	4	9	5
11	8	7	7
12	5	9	3
13	3	9	5
14	6	8	6
15	6	7	4
16	6	8	7
17	7	9	7
18	4	8	5
19	5	7	6
20	7	9	8
21	7	9	8
22	7	9	8
23	8	9	3
24	2	4	3
25	6	9	8
Promedio	6,04	8,20	6,16

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.4, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala cuantitativa relativa; para láminas de ají de datos extraídos del cuadro 4.3.

Figura 4.4
Resultado promedio del atributo color para establecer el tiempo de
tratamiento térmico para láminas de ají



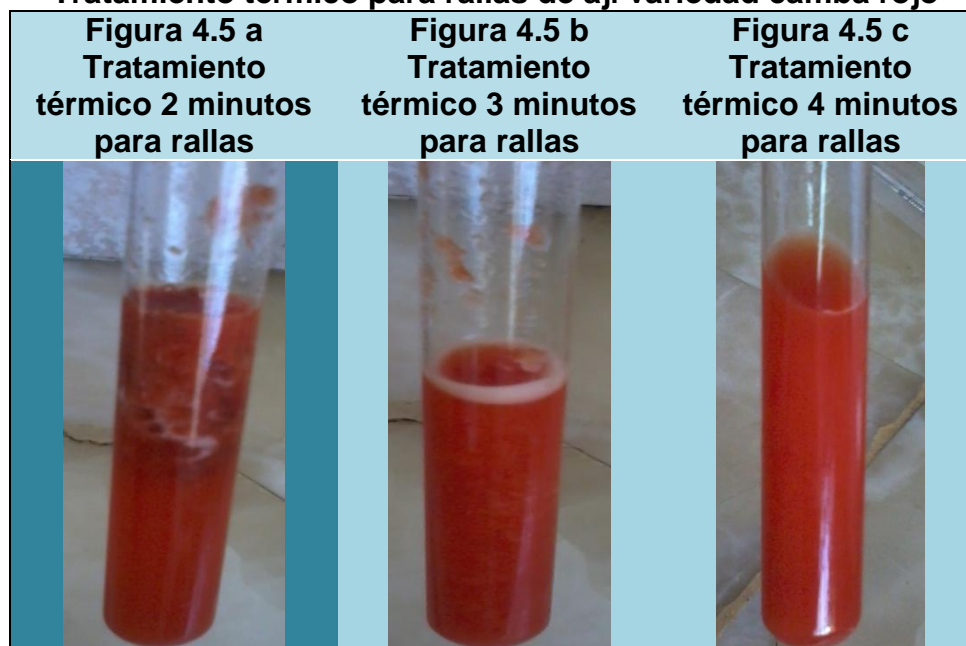
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se observa que la muestra L2 (8,20) tiene mayor puntuación promedio en comparación de la muestra L3 (6,16) y la muestra L1 (6,04), se tomó en cuenta los resultados de la eficacia térmica con tiempo de tratamiento térmico de 3 minutos; ya que es suficiente para la inactivación de la enzima peroxidasa.

4.2.3 EFICACIA TÉRMICA PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PARA RALLAS DE AJÍ

Las (figura 4.5 a), (figura 4.5 b) y (figura 4.5 c), muestran los resultados de la eficacia térmica para determinar el tiempo de tratamiento térmico para rallas de ají.

Figura 4.5
Tratamiento térmico para rallas de ají variedad cambia rojo



Fuente: Elaboración propia

En la (figura 4.5 a), se observa la presencia de la enzima peroxidasa; ya que el mismo tiene una coloración rojiza característica de este tipo de reacción para un tiempo de dos minutos. Finalmente en la (figura 4.5 b) tiempo de tratamiento de tres minutos y en la (figura 4.5 c) tiempo tratamiento de cuatro minutos, se observa que se logra inactivar la enzima peroxidasa. Por lo tanto, se tomó en cuenta que tres minutos es suficiente para inactivar la enzima en rallas de ají.

4.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PARA RALLAS DE AJÍ

El cuadro 4.4, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color, para rallas de ají y sometidas a un tratamiento térmico en agua a temperatura de ebullición de 92 °C (Anexo C.2).

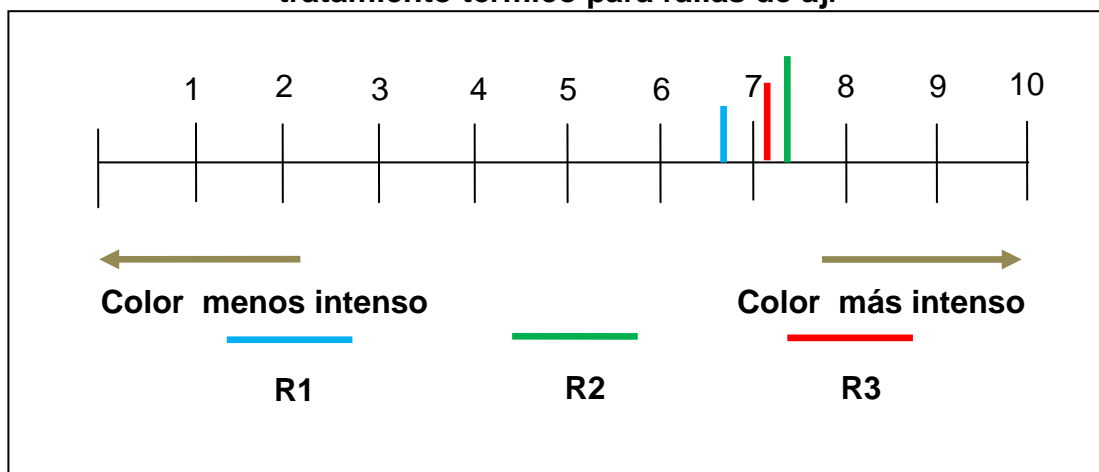
Cuadro 4.4
Evaluación sensorial del atributo color para establecer el tiempo de
tratamiento térmico para rallas de ají

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	R1	R2	R3
1	7	8	8
2	8	9	9
3	9	8	9
4	8	9	8
5	8	9	8
6	6	5	8
7	8	6	5
8	9	7	6
9	9	7	7
10	6	7	6
11	7	8	8
12	6	7	6
13	9	7	6
14	2	7	4
15	6	7	8
16	5	7	8
17	7	8	8
18	8	7	6
19	5	7	6
20	7	8	9
21	6	8	9
22	7	7	9
23	5	6	8
24	2	4	3
25	8	9	7
Promedio	6,72	7,28	7,16

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.6, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala cuantitativa relativa; para rallas de ají de datos extraídos del cuadro 4.4.

Figura 4.6
Resultado promedio del atributo color para establecer el tiempo de
tratamiento térmico para rallas de ají



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6, se observa que la muestra R2 (7,28) tiene mayor puntuación promedio en comparación de la muestra R3 (7,16) y la muestra R1 (6,72); se tomó en cuenta los resultados de la eficacia térmica con tiempo de tratamiento térmico de 3 minutos; ya que es suficiente para la inactivación de la enzima peroxidasa.

Realizada la prueba de eficacia térmica de los dos tipos de corte para las muestras de ají variedad camba rojo, se llegó a la conclusión que 3 minutos son suficientes para inactivar la enzima peroxidasa. Así mismo, realizada la evaluación sensorial para el atributo color, se estableció que los jueces prefieren las muestras “L2” (láminas); “R2” (rallas), para un tiempo de tratamiento térmico de tres minutos.

4.3 CONTROL DE LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SECADO DE LAS MUESTRAS DE AJÍ VARIEDAD CAMBA ROJO

El control de variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de ají, se realizó con el objetivo de establecer la influencia de la temperatura y el tipo de corte en el proceso de secado de las muestras de ají. Para determinar el contenido de humedad en base seca, se utilizó la ecuación (4.1) citada por (Batallanos, 2007).

$$X = \frac{m_i - m_{ss}}{m_{ss}} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Donde:

- X = Contenido de humedad en base seca (Kg agua/Kg sólido seco)
- m_i = Masa inicial de las muestras de ají variedad cambia rojo (g)
- m_{ss} = Masa de sólido seco de las muestras de ají variedad cambia rojo (g)

Para determinar la masa de sólido seco de las muestras de ají variedad cambia rojo (m_{ss}), se tomó en cuenta la masa final de cada muestra al final del proceso de deshidratado.

Para establecer la influencia que tiene el tipo de corte y temperatura en el proceso de secado de las muestras de ají, se realizó tomando en cuenta las variables en función del contenido de humedad, como se detalla a continuación:

En función del tipo de corte:

- Corte en láminas (TC_1) y rallas (TC_2) a 50 °C (T_1).
- Corte en láminas (TC_1) y rallas (TC_2) a 60 °C (T_2).
- Corte en láminas (TC_1) y rallas (TC_2) a 70 °C (T_3).

En función de la temperatura:

- Corte en láminas (TC_1), a temperatura entre 50 °C (T_1), 60 °C (T_2) y 70 °C (T_3).
- Corte en rallas (TC_2), a temperatura entre 50 °C (T_1), 60 °C (T_2) y 70 °C (T_3).

Para la caracterización de las variables del proceso de secado, se tomó en cuenta los datos de pérdida de peso (Anexo D.1), donde se determinó el contenido de humedad en base seca en función del tiempo; que para lo cual se analizó la influencia de la temperatura y el tipo de corte en la variación del contenido de humedad en las muestras de ají.

4.3.1 INFLUENCIA DEL TIPO DE CORTE EN LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MUESTRAS DE AJÍ

El cuadro 4.5, muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad para láminas de ají (TC_1) (cuadro D.1.1) y para rallas (TC_2) (cuadro D.1.2) a temperatura constante de 50 °C (T_1).

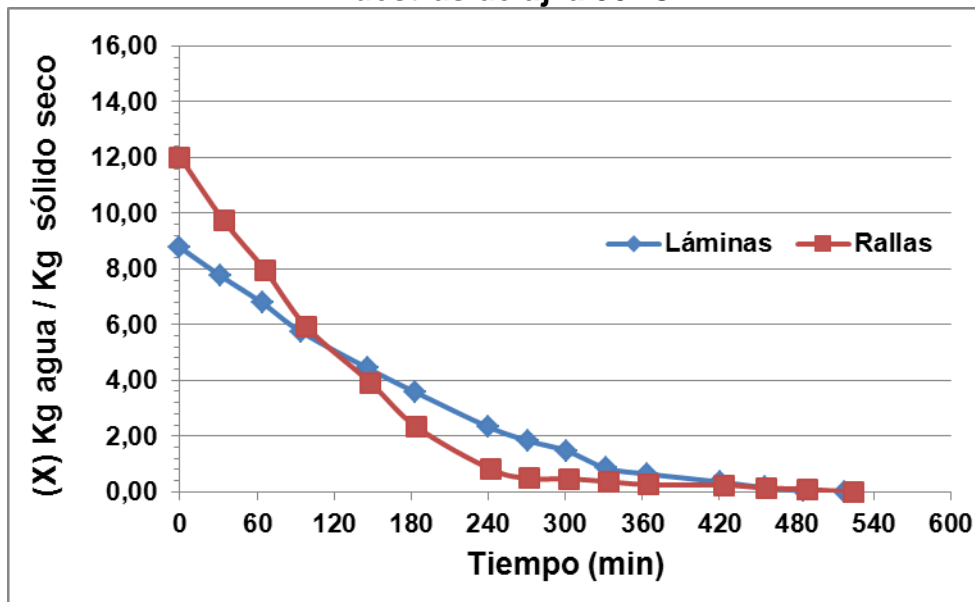
Cuadro 4.5
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para
muestras de ají a 50°C

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₁	Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₂
	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$		$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$
0	8,77	0	12,01
31	7,77	34	9,73
64	6,78	66	7,96
94	5,75	98	5,94
146	4,44	148	3,92
183	3,58	184	2,33
240	2,33	242	0,81
271	1,83	272	0,48
301	1,47	303	0,47
332	0,84	334	0,36
364	0,64	365	0,26
421	0,35	423	0,24
455	0,15	456	0,14
485	0,04	488	0,09
517	0,00	524	0,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.7, muestra los resultados de la variación de contenido de humedad en base seca en función del tipo de corte; para muestras de ají de datos extraídos del cuadro 4.5.

Figura 4.7
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para
muestras de ají a 50 °C



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7, se observa que a 50 °C de temperatura existe diferencia en el contenido de humedad en base seca a diferentes tipos de corte. Así podemos apreciar que el tipo de corte que se ve más favorecido en el proceso es para rallas de ají (TC₂). Es decir, que para un tiempo de 485 minutos (cuadro 4,6), tiene una pérdida de agua de (0,09 Kg agua/Kg sólido seco); mientras que para láminas de ají (TC₁) posee una pérdida de agua de (0,04 Kg agua/Kg sólido seco).

El cuadro 4.6, muestra los resultados promedio de la variación del contenido de humedad en base seca para láminas de ají (TC₁) (cuadro D.1.3) y para rallas (TC₂) (cuadro D.1.4) a temperatura constante de 60 °C (T₂).

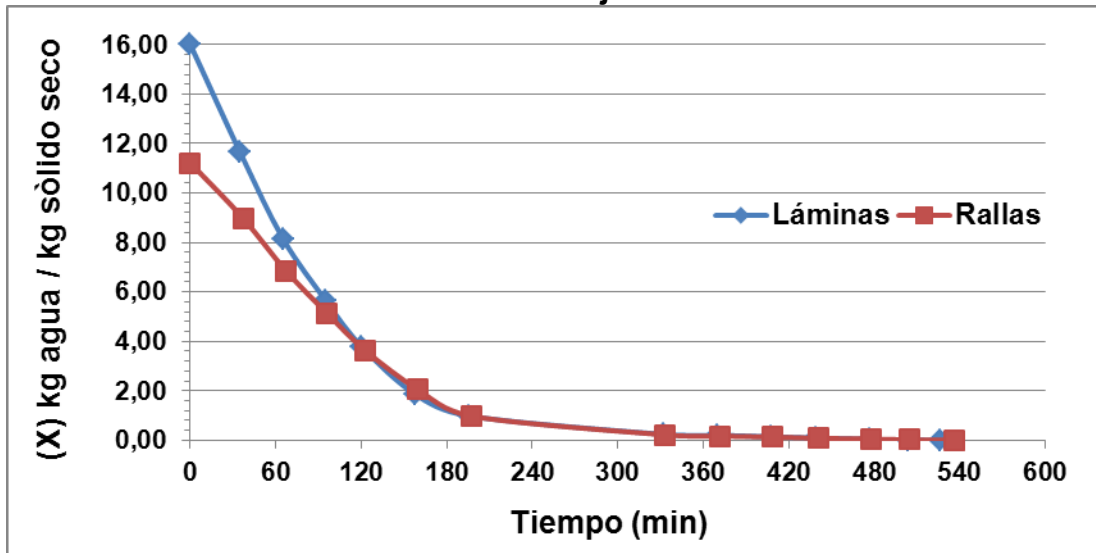
Cuadro 4.6
Variación del contenido de humedad en base seca en función del tipo de corte para muestras de ají a 60 °C

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₁	Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₂
	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$		$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$
0	16,00	0	11,22
35	11,64	37	8,98
65	8,15	67	6,86
95	5,65	96	5,13
120	3,80	123	3,62
158	1,85	160	2,04
196	0,98	197	0,98
332	0,24	333	0,22
370	0,20	372	0,17
408	0,14	409	0,13
439	0,09	441	0,08
477	0,04	478	0,05
504	0,01	505	0,02
526	0,00	536	0,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.8, muestra los resultados de la variación del contenido de humedad en base seca en función del tipo de corte; para muestras de ají de datos extraídos del cuadro 4.6.

Figura 4.8
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para muestras de ají a 60 °C



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, se observa que a 60 °C de temperatura no existe diferencia en el contenido de humedad en base seca a diferentes tipos de corte. Así podemos apreciar que el tipo de corte que se ve más favorecido en el proceso es para láminas de ají (TC_1). Es decir, que para un tiempo de 504 minutos (cuadro 4,6), tiene una pérdida de agua de (0,01 Kg agua/Kg sólido seco); mientras que para rallas de ají (TC_2) posee una pérdida de agua de (0,02 Kg agua/Kg sólido seco).

El cuadro 4.7, muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad en base seca para láminas de ají (TC_1) (cuadro D.1.5) y para rallas (TC_2) (cuadro D.1.6) a temperatura constante de 70 °C (T_2).

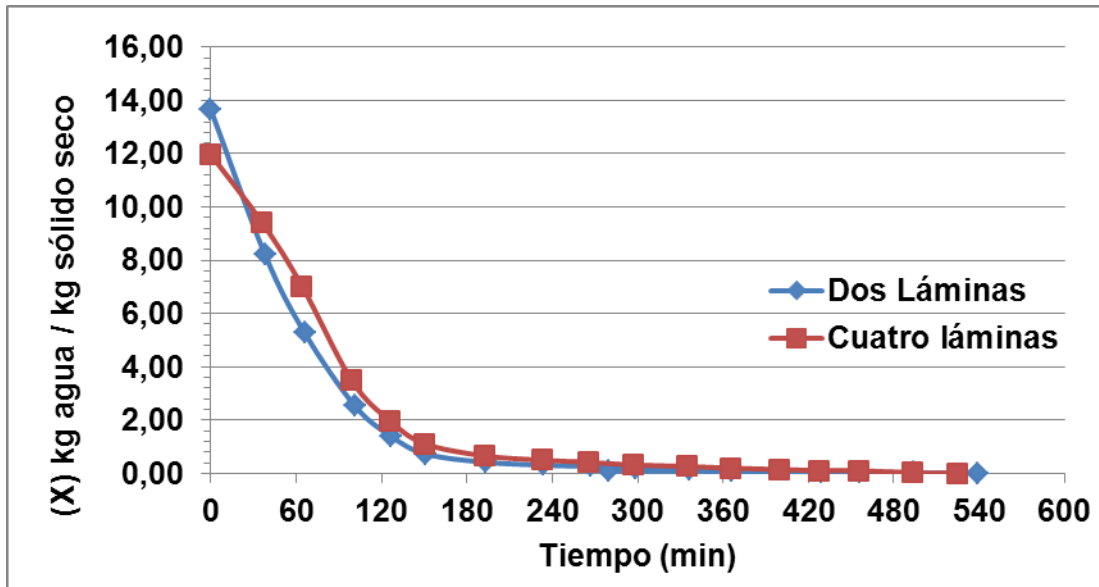
Cuadro 4.7
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para
muestras de ají a 70 °C

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₁	Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₂
	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$		$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$
0	13,65	0	11,97
38	8,22	36	9,42
66	5,27	64	7,04
101	2,55	99	3,49
127	1,38	126	1,97
151	0,73	150	1,12
193	0,42	192	0,66
234	0,31	233	0,50
267	0,26	265	0,42
299	0,20	297	0,32
336	0,15	335	0,26
366	0,11	365	0,20
400	0,10	399	0,15
429	0,06	427	0,11
456	0,06	455	0,10
494	0,02	493	0,03
539	0,00	525	0,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.9, muestra los resultados de la variación de contenido de humedad en base seca en función del tipo de corte; para muestras de ají de datos extraídos del cuadro 4.7.

Figura 4.9
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para
muestras a 70 °C



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, se observa que a 70 °C de temperatura existe diferencia en el contenido de humedad en base seca a diferentes tipos de corte. Así podemos apreciar que el tipo de corte que se ve más favorecido en el proceso es para láminas de ají (TC₁). Es decir, que para un tiempo de 494 minutos (cuadro 4,6) tiene una pérdida de agua (0,02 Kg agua/Kg sólido seco); mientras que para rallas de ají (TC₂) posee una pérdida de agua de (0,03 Kg agua/Kg sólido seco).

Realizando el análisis de la influencia del tipo de corte para láminas de ají TC₁ y rallas de ají TC₂ a temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C, se puede observar que para rallas de ají TC₂ a 60 °C la pérdida de agua es (0,02 Kg agua/Kg sólido seco); mientras que para láminas de ají (TC₁) existe una pérdida de agua de (0,01Kg agua/Kg sólido seco), siendo la mejor opción en cuanto se refiere al tipo de corte en las muestras de ají (TC₁).

4.3.2 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MUESTRAS DE AJÍ

El cuadro 4.8, muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad en base seca; para láminas de ají deshidratados a temperaturas de 50 °C (T₁) (cuadro D.1.1), 60 °C (T₂) (cuadro D.1.3) y 70 °C (T₃) (cuadro D.1.5).

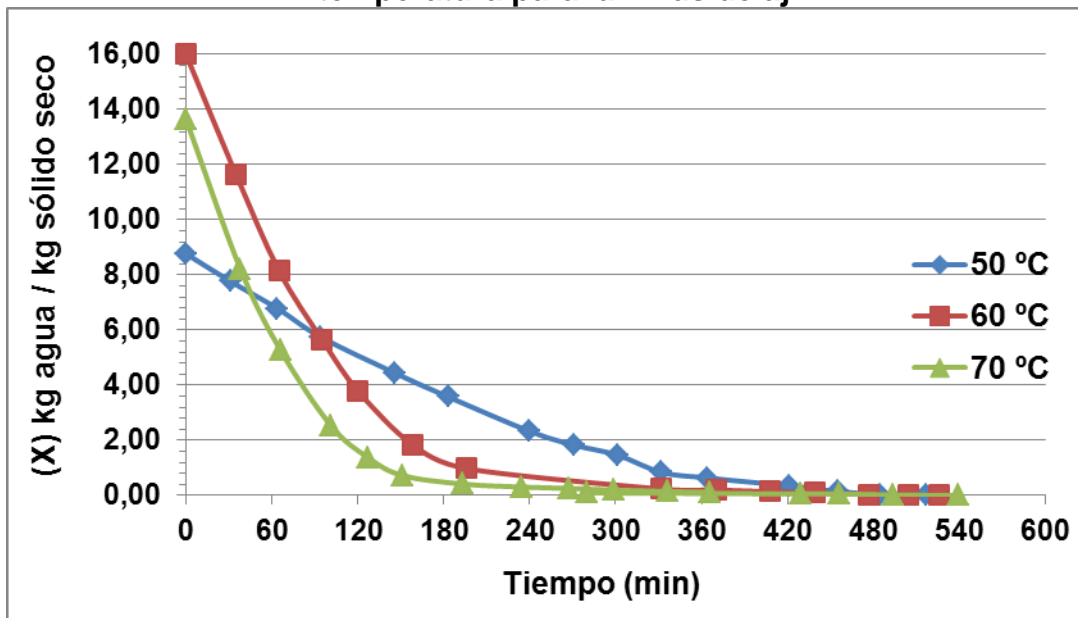
Cuadro 4.8
Variación del contenido de humedad en base seca en función de la temperatura para láminas de ají

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₁ (50 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₂ (60 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₃ (70 °C)
	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$
0	8,77	16,00	13,65
38	7,77	11,64	8,22
66	6,78	8,15	5,27
101	5,75	5,65	2,55
127	4,44	3,80	1,38
151	3,58	1,85	0,73
193	2,33	0,98	0,42
234	1,83	0,24	0,31
267	1,47	0,20	0,26
299	0,84	0,14	0,20
336	0,64	0,09	0,15
366	0,35	0,04	0,11
380	0,15	0,01	0,10
429	0,04	0,00	0,06
456	0,00		0,06
494			0,02
539			0,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.10, muestra los resultados de la variación de contenido de humedad en base seca en función de la temperatura de secado; para muestras de ají de datos extraídos del cuadro 4.8.

Figura 4.10
Variación del contenido de humedad en base seca en función de la temperatura para láminas de ají



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se observa que para láminas de ají en un tiempo de (60 a 180) minutos la temperatura que se ve más favorecido es a 70 °C, seguido de la temperatura de 60 °C y por ultimo la temperatura de 50 °C. Pero analizando en un tiempo de 380 minutos (cuadro 4,8), existe diferencia en el contenido de humedad en base seca a diferentes temperaturas donde la más favorecida es 60 °C (T_3) con una pérdida de agua de (0,01 Kg agua/Kg sólido seco); seguido de la temperatura de 70 °C (T_2) con una pérdida de agua de (0,10 Kg agua/Kg sólido seco) y por último la temperatura de 50 °C (T_1) con una pérdida de agua de (0,15 Kg agua/Kg sólido seco).

El cuadro 4.9, muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad en base seca; para rallas de ají deshidratados a temperaturas de 50 °C (T₁) (cuadro D.1.2), 60 °C (T₂) (cuadro D.1.4) y 70 °C (T₃) (cuadro D.1.6).

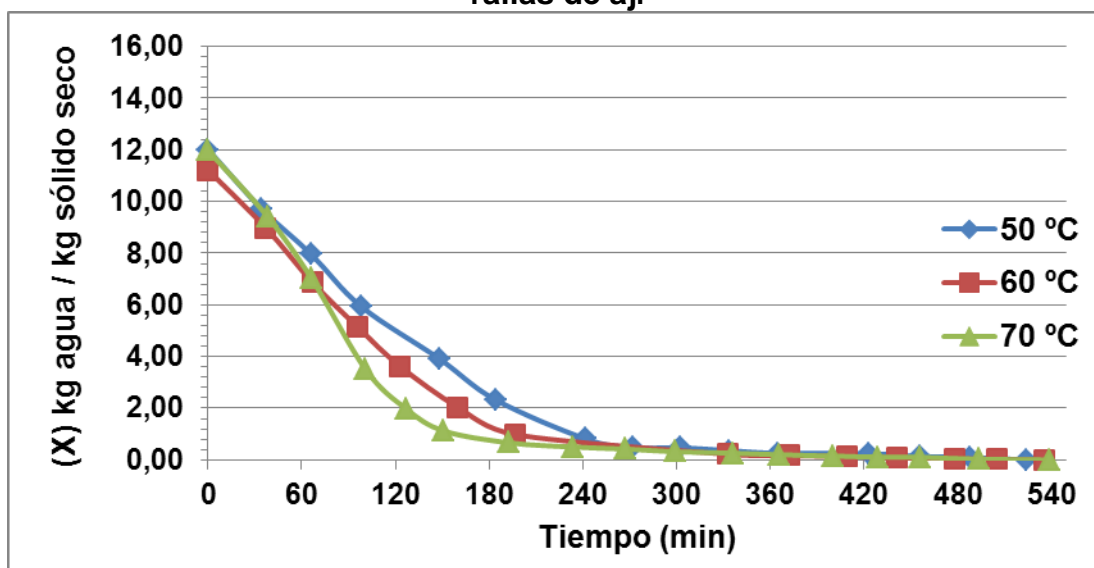
Cuadro 4.9
Variación del contenido de humedad en función de la temperatura para rallas de ají

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₁ (50 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₂ (60 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₃ (70 °C)
	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$	$X = \left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}} \right)$
0	12,01	11,22	11,97
38	9,73	8,98	9,42
66	7,96	6,86	7,04
101	5,94	5,13	3,49
127	3,92	3,62	1,97
151	2,33	2,04	1,12
193	0,81	0,98	0,66
234	0,48	0,22	0,50
267	0,47	0,17	0,42
299	0,36	0,13	0,32
336	0,26	0,08	0,26
366	0,24	0,05	0,20
400	0,14	0,02	0,15
429	0,09	0,00	0,11
456	0,00		0,10
494			0,03
539			0,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.11, muestra los resultados de la variación de contenido de humedad en base seca; en función de la temperatura de secado de las muestras de ají de datos extraídos del cuadro 4.9.

Figura 4.11
Variación del contenido de humedad en función de la temperatura para rallas de ají



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11, se observa que para rallas de ají en un tiempo de (120 a 240) minutos la temperatura que se ve más favorecido es a 70 °C; seguido de la temperatura de 60 °C y por último la temperatura de 50 °C. Pero analizando en un tiempo de 400 minutos (cuadro 4,9), existe diferencia en el contenido de humedad en base seca a diferentes temperaturas donde la más favorecida es 60 °C (T_2) con una pérdida de agua de (0,02 Kg agua/Kg sólido seco); seguido de la temperatura de 50 °C (T_1) con una pérdida de agua de (0,02 Kg agua/Kg sólido seco) y por último la temperatura de 70 °C (T_3) con una pérdida de agua de (0,15 Kg agua/Kg sólido seco).

Realizado el análisis de la influencia de la temperatura en el proceso de secado en láminas de ají y rallas, se puede observar que para láminas deshidratadas a 60 °C, la pérdida de agua es (0,01Kg agua/Kg sólido seco) y para rallas (0,02 Kg agua/Kg sólido seco); siendo la mejor opción en cuanto se refiere a la temperatura de secado (T_2 C).

4.3.3 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

Tomando en cuenta las condiciones de secado de las muestras de ají que fueron utilizadas; en la influencia del tipo de corte y temperatura. Se procedió a tomar en cuenta seis muestras a nivel experimental con las siguientes características:

F1 = Temperatura de 50 °C (T_1) y tipo de corte en láminas (TC_1).

F2 = Temperatura de 50 °C (T_1) y tipo de corte en rallas (TC_2).

F3 = Temperatura de 60 °C (T_2) y tipo de corte en láminas (TC_1).

F4 = Temperatura de 60 °C (T_2) y tipo de corte en rallas (TC_2).

F5 = Temperatura de 70 °C (T_3) y tipo de corte en láminas (TC_1).

F6 = Temperatura de 70 °C (T_3) y tipo de corte rallas (TC_2).

En tal sentido, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando 25 jueces no entrenados que evaluaron los atributos color y aspecto.

4.3.3.1 EVALUACION SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE SECADO

El cuadro 4.10, muestra los resultados de la evaluación sensorial para el atributo color en el proceso de secado para obtener ají en polvo variedad cambia rojo de datos extraídos del cuadro C.4.1 (Anexo C.4).

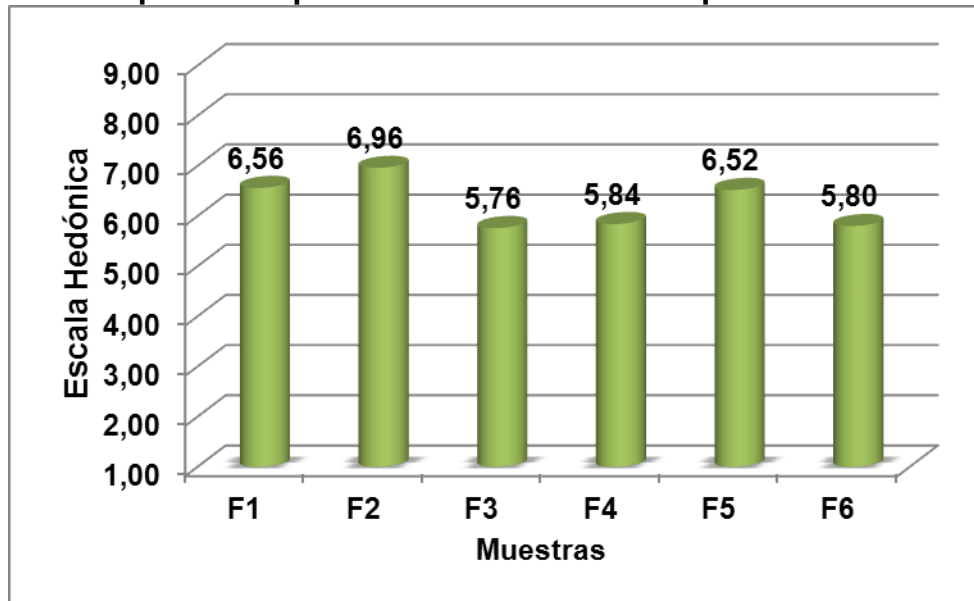
Cuadro 4.10
Evaluación sensorial para el atributo color en el proceso de secado

Jueces	Muestras (Escala hedónica)					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1	7	7	9	7	7	8
2	9	6	6	6	8	6
3	5	6	5	5	7	4
4	8	7	6	5	7	4
5	7	8	5	5	4	3
6	7	6	6	6	7	5
7	6	5	6	5	7	5
8	8	7	5	5	6	5
9	9	7	8	7	8	7
10	9	7	6	8	6	6
11	9	8	4	5	6	7
12	8	8	7	8	8	8
13	7	7	6	6	7	7
14	6	8	6	6	7	7
15	9	8	7	7	7	6
16	8	7	7	5	8	2
17	6	5	7	6	8	7
18	7	6	5	8	7	8
19	5	9	6	3	7	4
20	3	9	3	2	2	2
21	2	8	6	6	5	7
22	7	8	4	6	8	7
23	2	5	1	6	3	9
24	8	4	7	7	8	4
25	2	8	6	6	5	7
Promedio	6,56	6,96	5,76	5,84	6,52	5,80

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.12, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica para el atributo color de datos extraídos del cuadro 4.10.

Figura 4.12
Valores promedio para el atributo color en el proceso de secado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12, se observa que las muestras F2 (6,96), F1 (6,56) y F5 (6,52), tienen mayor puntuación promedio en comparación con las muestras F4 (5,84), F6 (5,80) y F3 (5,76), que son menores en escala hedónica.

4.3.3.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE SECADO

El cuadro 4.11, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos del cuadro C.4.4 (Anexo C.4).

Cuadro 4.11
Prueba de Duncan para el atributo color en el proceso de secado

Tratamientos	Análisis de valores			Efectos
F2-F1	0,40	<	32,787	No hay diferencia significativa
F2-F5	0,44	<	33,272	No hay diferencia significativa
F2-F4	1,12	<	34,401	No hay diferencia significativa
F2-F6	1,16	<	35,191	No hay diferencia significativa
F2-F3	1,20	<	35,530	No hay diferencia significativa
F1-F5	0,04	<	32,787	No hay diferencia significativa
F1-F4	0,72	<	33,272	No hay diferencia significativa
F1-F6	0,76	<	34,401	No hay diferencia significativa
F1-F3	0,80	<	35,191	No hay diferencia significativa
F5-F4	0,68	<	35,530	No hay diferencia significativa
F5-F6	0,72	<	32,787	No hay diferencia significativa
F5-F3	0,76	<	33,272	No hay diferencia significativa
F4-F6	0,04	<	34,401	No hay diferencia significativa
F4-F3	0,08	<	35,191	No hay diferencia significativa
F6-F3	0,04	<	35,530	no hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.11, se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (F2-F1), (F2-F5), (F2-F4), (F2-F6), (F2-F3), (F1-F5), (F1-F4), (F1-F6), (F1-F3), (F5-F4), (F5-F6), (F5-F3), (F4-F6), (F4-F3), (F6-F3); por lo que se puede decir que no existe diferencia significativa entre las muestras F1, F2, F3, F4, F5, F6; para $p < 0,05$; pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra F2 (6,96) a temperatura de 50 °C tipo de corte en rallas como la mejor opción para obtener ají en polvo variedad cambia rojo según el atributo color.

4.3.3.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ASPECTO EN EL PROCESO DE SECADO

El cuadro 4.12, muestra los resultados de la evaluación sensorial para el atributo aspecto en el proceso de secado para obtener ají en polvo variedad cambia rojo de datos extraídos del cuadro C.5.1 (Anexo C.5).

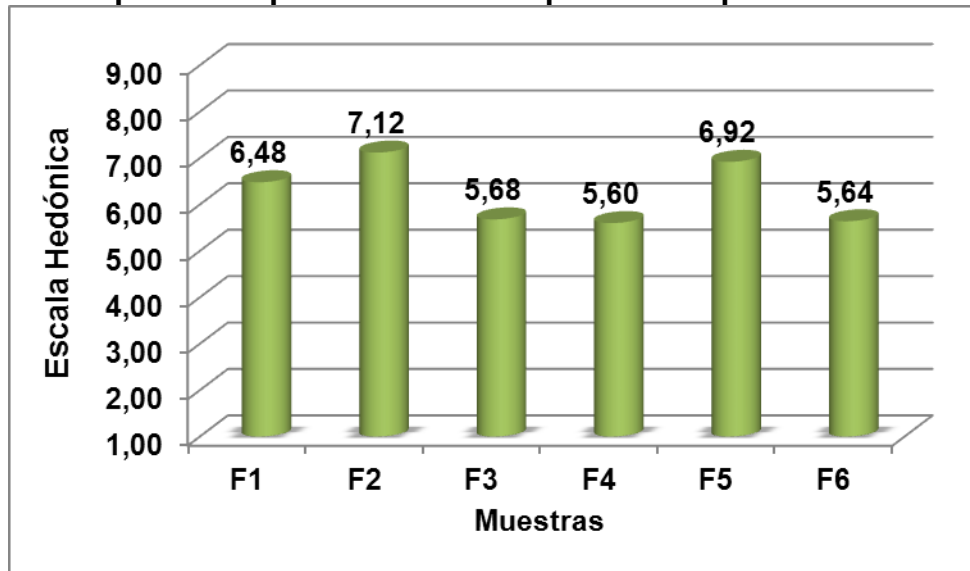
Cuadro 4.12
Evaluación sensorial para el atributo aspecto en el proceso de secado

Jueces	Muestras (Escala hedónica)					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1	1	9	5	7	6	7
2	7	7	8	7	7	9
3	9	5	5	5	8	5
4	6	7	7	5	7	4
5	7	7	6	6	8	5
6	8	7	4	3	4	3
7	7	6	6	6	7	5
8	7	7	6	6	6	5
9	8	8	5	5	7	6
10	8	7	8	7	8	7
11	9	8	6	7	6	6
12	9	8	4	4	7	5
13	8	7	7	8	8	8
14	7	6	6	7	6	6
15	7	8	7	6	7	7
16	8	8	6	6	8	6
17	8	8	6	3	7	1
18	6	6	6	5	9	8
19	6	6	7	8	7	7
20	7	9	6	2	7	2
21	2	9	3	2	2	4
22	1	9	5	7	6	7
23	6	9	4	7	7	8
24	2	5	1	6	9	3
25	8	2	8	5	9	7
Promedio	6,48	7,12	5,68	5,60	6,92	5,64

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.13, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica para el atributo aspecto de datos extraídos del cuadro 4.11.

Figura 4.13
Valores promedio para el atributo aspecto en el proceso de secado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13, se observa que las muestras F2 (7,12), F5 (6,92), tienen mayor puntuación promedio en comparación con las muestras F1 (6,48), F3 (5,68), F6 (5,64) y F4 (5,60), que son menores en escala hedónica.

4.3.3.2.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO ASPECTO EN EL PROCESO DE SECADO

El cuadro 4.13, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos del cuadro C.5.4 (Anexo C.5).

Cuadro 4.13
Prueba de Duncan para el atributo aspecto en el proceso de secado

Tratamientos	Análisis de valores			Efectos
F2-F5	0,20	<	41,263	No hay diferencia significativa
F2-F1	0,64	<	41,874	No hay diferencia significativa
F2-F3	1,44	<	43,295	No hay diferencia significativa
F2-F6	1,48	<	44,290	No hay diferencia significativa
F2-F4	1,52	<	44,716	No hay diferencia significativa
F5-F1	0,44	<	41,263	No hay diferencia significativa
F5-F3	1,24	<	41,874	No hay diferencia significativa
F5-F6	1,28	<	43,295	No hay diferencia significativa
F5-F4	1,32	<	44,290	No hay diferencia significativa
F1-F3	0,80	<	44,716	No hay diferencia significativa
F1-F6	0,84	<	41,263	No hay diferencia significativa
F1-F4	0,88	<	41,874	No hay diferencia significativa
F3-F6	0,04	<	43,295	No hay diferencia significativa
F3-F4	0,08	<	44,290	No hay diferencia significativa
F6-F4	0,04	<	44,716	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.11, se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (F2-F5), (F2-F1), (F2-F3), (F2-F6), (F2-F4), (F5-F1), (F5-F3), (F5-F6), (F5-F4), (F1-F3), (F1-F6), (F1-F4), (F3-F6), (F3-F4), (F6-F4); por lo que se puede decir que no existe diferencia significativa entre las muestras F1, F2, F3, F4, F5, F6; para $p < 0,05$; pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta que la muestra F2 (7,12) a temperatura de 50 °C tipo de corte en rallas como la mejor opción para obtener ají en polvo variedad cambia rojo según el atributo aspecto.

De acuerdo al análisis sensorial realizado al proceso de secado; se observo que los jueces mostraron preferencia por la muestra F2 (rallas de ají deshidratados a 50 °C, que obtuvo un puntaje de (6,96) para el atributo color y para el atributo aspecto (7,12) para $P < 0,05$, siendo la mejor opción para la obtención de ají en polvo variedad cambia rojo.

4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

El diseño experimental en el proceso de secado se realizó con el propósito de establecer cuál de los factores tiene mayor influencia para obtener ají en polvo variedad cambia rojo; tomando en cuenta un diseño factor (A) por el factor (B) cuadro 3.16, las variables del factor (A) temperatura (50°C, 60°C y 70°C) y Factor (B) tipo de corte (láminas y rallas).

El cuadro 4.14, muestra los resultados (Anexo A.2) de las variables del proceso de secado para obtener ají en polvo variedad cambia rojo, datos extraídos del CEANID donde la variable respuesta es el contenido de humedad (%).

Cuadro 4.14
Resultados de las variables en el proceso de secado para obtener ají en polvo variedad cambia rojo

Tipo de corte		Factor (B)						Total Y _i
		Temperatura						
		50 °C		60 °C		70 °C		
Factor (A)	Corte en láminas	13,26	23,42	3,72	7,73	2,16	4,08	35,23
		10,16		4,01		1,92		
	Corte en rallas	6,17	12,53	4,93	9,23	2,37	4,75	
		6,36		4,30		2,38		
Total			35,95		16,96		8,83	61,74

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

El cuadro 4.15 muestra, los resultados del análisis de varianza del factor (A); por el factor (B) y la variable respuesta (contenido de humedad); de datos extraídos del cuadro E.1.4. (Anexo E).

Cuadro 4.15
Análisis de varianza en el proceso de secado para obtener ají en polvo
variedad cambia rojo

Fuente variación	Suma cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
SS(Total)	132,27				
SS(A)	6,34	1	6,337	7,47	5,99
SS(B)	96,85	2	48,425	*57,06	5,14
SS(AB)	23,99	1	23,986	28,26	5,99
SS (E)	5,09	6	0,849		

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

El cuadro 4.15, muestra que existe diferencia significativa para el factor (B) (temperatura) SS(B) siendo Fcal (57,06)>Ftab (5,14) y la interacción (tipo de corte-temperatura) SS(AB) donde Fcal (28,26)>Ftab (5,99). Así mismo, para el factor (A) (tipo de corte) SS(A) Fcal (7,47)>Ftab (5,99), para $p < 0,05$.

En cuanto se refiere el diseño experimental factor (A) por el factor (B), se estableció que la temperatura tiene mayor influencia en el proceso de secado en comparación al factor (A) (tipo de corte), por lo tanto que el factor (B) (temperatura) es significativo para $p < 0,05$.

4.5 CINÉTICA DE SECADO PARA RALLAS DE AJÍ VARIEDAD CAMBA ROJO

El cuadro 4.16, muestra el resultado de la cinética de secado para rallas de ají a temperatura de 50 °C y donde las condiciones de secado fueron las siguientes:

Área de la bandeja de secado	0,1156 m ²
Cantidad de materia prima	83,935 g
Contenido de humedad	77,395 g
Contenido de materia seca	6,540 g
Tiempo de secado	8,5 horas

Cuadro 4.16
Cinética de secado para rallas de ají a 50 °C

Tiempo (min)	Peso (g)	Masa agua (g)	Δt (h)	ΔX (kgH ₂ O/KgSS)	W (kgH ₂ O/m ² h)	X Media (kgH ₂ O/kgSS)
0	83,93					
34	69,58	14,35	0,56	2,194	0,219	10,737
66	58,09	25,84	0,53	1,757	0,186	8,761
98	45,18	38,75	0,53	1,974	0,209	6,896
148	31,80	52,13	0,83	2,046	0,139	4,886
184	21,61	62,32	0,60	1,559	0,147	3,084
242	11,94	71,99	0,96	1,478	0,086	1,565
272	9,70	74,23	0,50	0,343	0,039	0,655
303	9,53	74,40	0,51	0,027	0,003	0,471
334	8,69	75,24	0,51	0,128	0,014	0,393
365	8,18	75,75	0,51	0,078	0,009	0,290
423	8,03	75,90	0,96	0,023	0,001	0,239
456	7,35	76,58	0,55	0,103	0,011	0,176
488	7,05	76,88	0,53	0,046	0,005	0,102
524	6,54	77,39	0,60	0,079	0,007	0,039

Fuente: Elaboración propia

Donde:

X = Humedad en base seca (Kg H₂O/Kg SS)

W = Velocidad de secado (Kg H₂O/m²h)

SS = Sólido seco (g)

A = Área de secado del ají (m²)

ΔX = Gradiente de humedad en base seca (Kg H₂O/Kg SS)

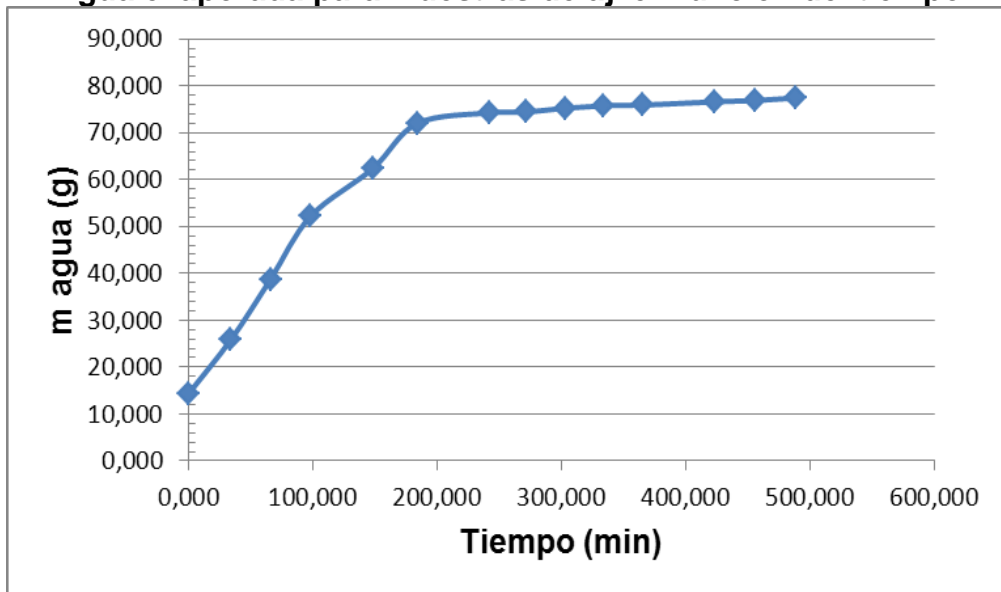
Δt = Gradiente de tiempo (h)

M_{agua} = Masa de agua (g)

X_{media} = Humedad media en base seca (kg H₂O/kg SS)

En la figura 4.14, se muestra la grafica de masa evaporada en función del tiempo de datos extraídos de la tabla 4.16.

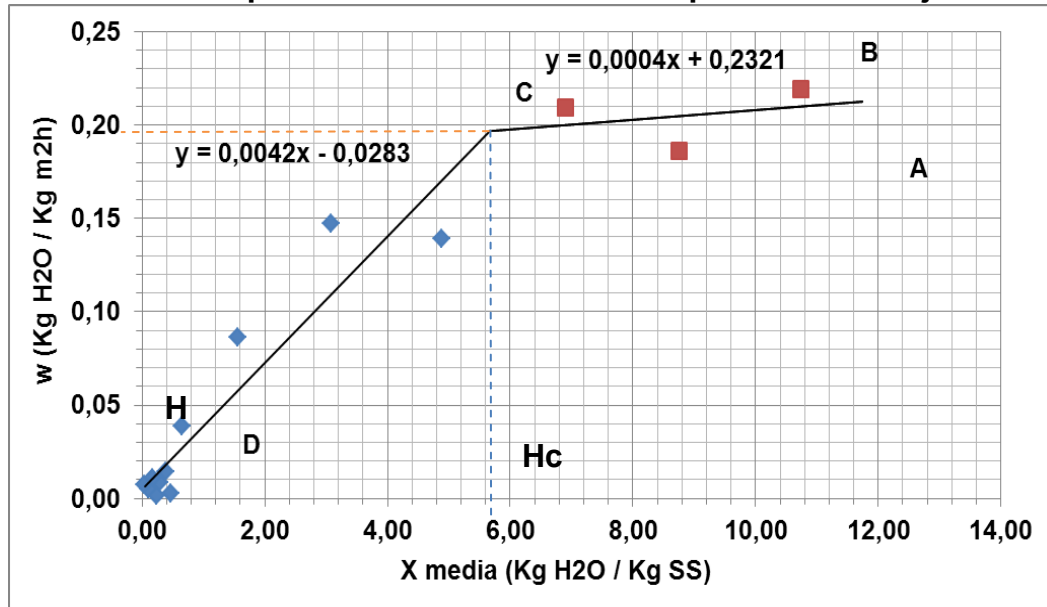
Figura 4.14
Agua evaporada para muestras de ají en función del tiempo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14, se observa que la masa de agua que se evapora va aumentando a medida que transcurre el proceso de secado, en condiciones de temperatura de 50 °C y tipo de corte (rallas).

Figura 4.15
Curva típica de velocidad de secado para rallas de ají



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15, se muestra el comportamiento del contenido de humedad media; en relación con la velocidad de secado; donde se pueden establecer dos tramos:

- Para el periodo ante crítico tramo (B-C), cuya velocidades constante hasta que el contenido de humedad del producto alcanza un valor crítico y cuya expresión matemática ajusta, se muestra en la ecuación 4.2.

$$Y = 0,0004X + 0,2321 \quad \text{(Ecuación 4.2)}$$

- Para periodo post crítico tramo (C-D) donde la velocidad de secado decrece linealmente hasta que el contenido de humedad del producto alcanza un valor de equilibrio, y cuya expresión matemática ajustada, se muestra en la ecuación 4.3.

$$Y = 0,0042X + 0,0283 \quad \text{(Ecuación 4.3)}$$

4.6 CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DEL AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

La clasificación granulométrica del ají en polvo variedad cambia rojo, se realizó en tamices N° 50 (0,3mm) y N° 80 (0,18mm); por el cual se obtuvo dos tamaños de partículas: gruesas y finas. Este proceso fue realizado debido a que no se cuenta con una clasificación granulométrica adecuada para el ají en polvo variedad cambia rojo.

Para la clasificación granulométrica del ají en polvo, se preparó cuatro muestras a nivel experimental las cuales se describen a continuación:

A₁ = Tamizado 10 minutos y granulometría gruesa (tamiz N° 80).

A₂ = Tamizado 10 minutos y granulometría fina (tamiz N° 50).

A₃ = Tamizado 5 minutos y granulometría gruesa (tamiz N° 80).

A₄ = Tamizado 5 minutos y granulometría fina (tamiz N° 50).

En tal sentido, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando 25 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color y granulometría.

4.6.1 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA PARA EL ATRIBUTO COLOR

El cuadro 4.17, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color de datos extraídos del cuadro C.6.1 (Anexo C.6).

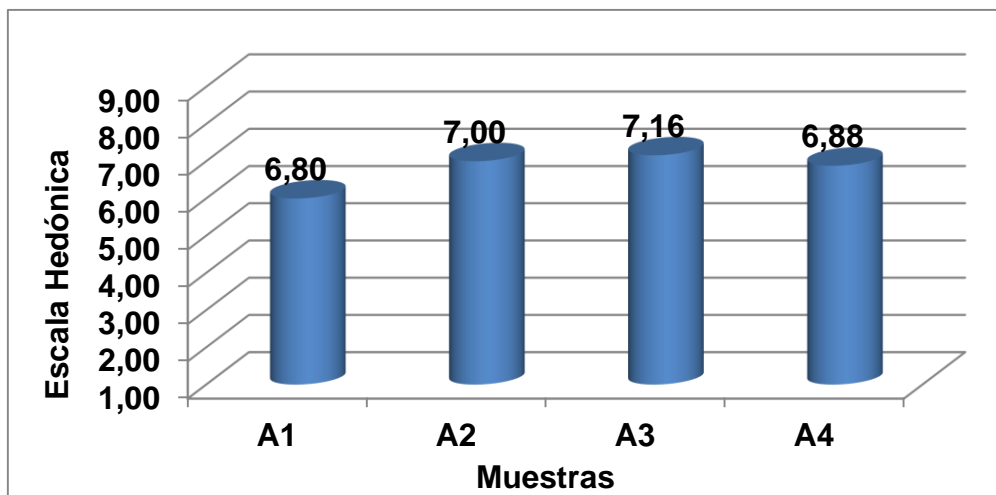
Cuadro 4.17
Evaluación sensorial en el proceso de clasificación granulométrica para el atributo color

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	A1	A1	A2	A2
1	8	6	8	8
2	8	7	8	6
3	8	5	7	5
4	9	8	9	8
5	7	7	8	7
6	8	9	7	7
7	7	8	8	7
8	8	7	8	8
9	7	4	6	2
10	2	7	8	5
11	6	5	7	5
12	7	9	5	9
13	5	7	5	8
14	7	8	6	9
15	7	9	7	8
16	5	7	8	6
17	5	8	7	8
18	8	6	8	8
19	6	8	6	7
20	9	7	7	6
21	6	2	8	4
22	6	8	5	7
23	8	7	9	7
24	7	8	9	9
25	6	8	5	8
Promedio	6,80	7,00	7,16	6,88

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.16, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica para el atributo color de datos extraídos del cuadro 4.17.

Figura 4.16
Valores promedio de la evaluación sensorial para el atributo color



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16, se observa que las muestras A3 (7,16) y A2 (7,00), tienen mayor puntuación promedio en comparación con las muestras A1 (6,80) y A4 (6,88), que son menores en escala hedónica.

4.6.1.1 PRUEBA DE DUNCAN EN EL PROCESO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA PARA EL ATRIBUTO COLOR

El cuadro 4.18, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos del cuadro C.6.4 (Anexo C.6).

Cuadro 4.18
Prueba de Duncan en el proceso de clasificación granulométrica para el atributo color

Tratamientos	Análisis de valores			Efectos
A3-A2	0,16	<	16,223	No hay diferencia significativa
A3-A4	0,28	<	16,463	No hay diferencia significativa
A3-A1	0,36	<	17,022	No hay diferencia significativa
A2-A4	0,12	<	16,223	No hay diferencia significativa
A2-A1	0,20	<	16,463	No hay diferencia significativa
A4-A1	0,08	<	17,022	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.18, se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (A3-A2), (A3-A4), (A3-A1) y (A2-A4) (A2-A1) y (A4-A1); por lo que se puede decir que no existe diferencia entre las muestras A1, A2, A3 y A4; para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra A3 (7,16) tiempo de tamizado 5 minutos y granulometría gruesa; como la mejor opción para el producto ají en polvo variedad cambia rojo.

4.6.2 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA PARA EL ATRIBUTO GRANULOMETRÍA

El cuadro 4.19, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo granulometría de datos extraídos del cuadro C.7.1 (Anexo C.7).

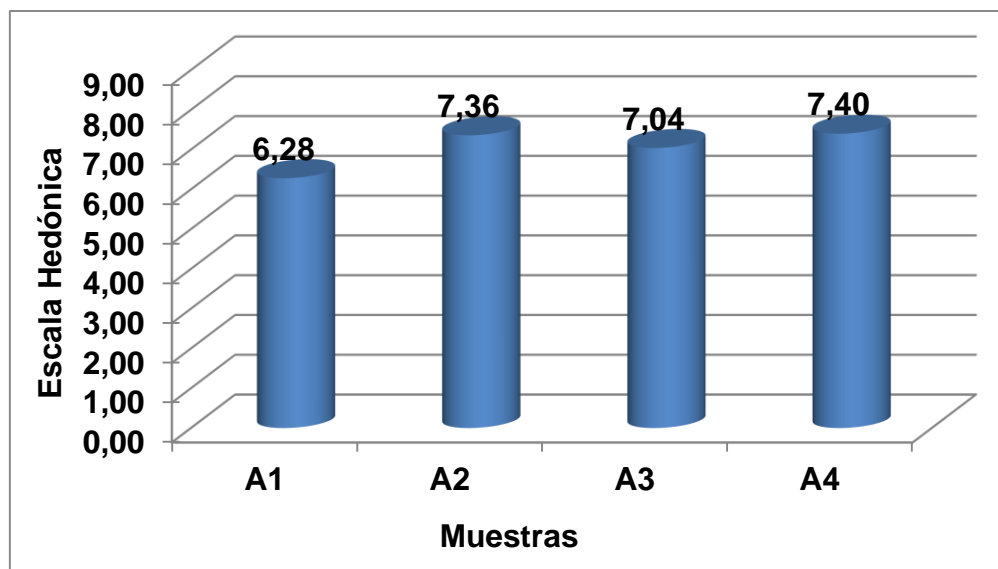
Cuadro 4.19
Evaluación sensorial en el proceso de clasificación granulométrica para el atributo granulometría

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	A1	A2	A3	A4
1	6	7	7	8
2	7	8	8	6
3	5	5	6	5
4	8	8	8	8
5	7	7	8	8
6	8	9	7	7
7	6	9	9	7
8	8	9	9	9
9	8	5	8	5
10	4	7	8	5
11	8	9	6	7
12	5	8	4	8
13	4	5	6	8
14	7	8	6	9
15	6	8	7	8
16	6	8	9	7
17	5	9	6	8
18	7	7	6	8
19	5	6	5	7
20	7	6	7	7
21	5	6	6	8
22	6	7	5	8
23	7	8	9	8
24	7	8	9	8
25	5	7	7	8
Promedio	6,28	7,36	7,04	7,40

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.17, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica para el atributo granulometría de datos extraídos del cuadro 4.18.

Figura 4.17
Valores promedio de la evaluación sensorial para el atributo granulometría



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.17, se observa que las muestras A4 (7,40) y A2 (7,36); tiene mayor puntuación promedio en comparación con las muestras A3 (7,04) y A1 (6,28), que son menores en escala hedónica.

4.6.2.1 PRUEBA DE DUNCAN EN EL PROCESO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA PARA EL ATRIBUTO GRANULOMETRÍA

El cuadro 4.20, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos del cuadro C.7.4 (Anexo C.7).

Cuadro 4.20
Prueba de Duncan en el proceso de clasificación granulométrica para el atributo granulometría

Tratamientos	Análisis de valores			Efectos
A4-A2	0,04	<	10,315	No hay diferencia significativa
A4-A3	0,36	<	10,468	No hay diferencia significativa
A4-A1	1,12	<	10,823	No hay diferencia significativa
A2-A3	7,40	<	10,315	No hay diferencia significativa
A2-A1	7,40	<	10,468	No hay diferencia significativa
A3-A1	0,32	<	10,823	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.20, se puede observar no existe diferencia significativa entre los tratamientos (A4-A2), (A4-A3), (A4-A1) y (A2-A3), (A2-A1) y (A3-A1); por lo que se puede decir que no existe diferencia entre las muestras A1, A2, A3 y A4 para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra A4 (7,40) tiempo de tamizado 5 minutos y granulometría fina; como la mejor opción para el producto ají en polvo variedad cambia rojo.

De acuerdo la preferencia de los jueces, se puede observar que la muestra A3 con tiempo de tamizado de 5 minutos con granulometría gruesa, obtuvo un puntaje de (7,16) para el atributo color y (7,04) para su atributo granulometría para $p < 0,05$. Por lo tanto, según los jueces es la mejor clasificación para el ají en polvo variedad cambia rojo.

4.7 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

Para caracterizar el producto terminado (ají en polvo variedad cambia rojo), se tomó los siguientes parámetros.

4.7.1 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

El cuadro 4.21, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando 25 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, granulometría y apariencia. Los datos fueron extraídos del cuadro C.8.1 (Anexo C.8).

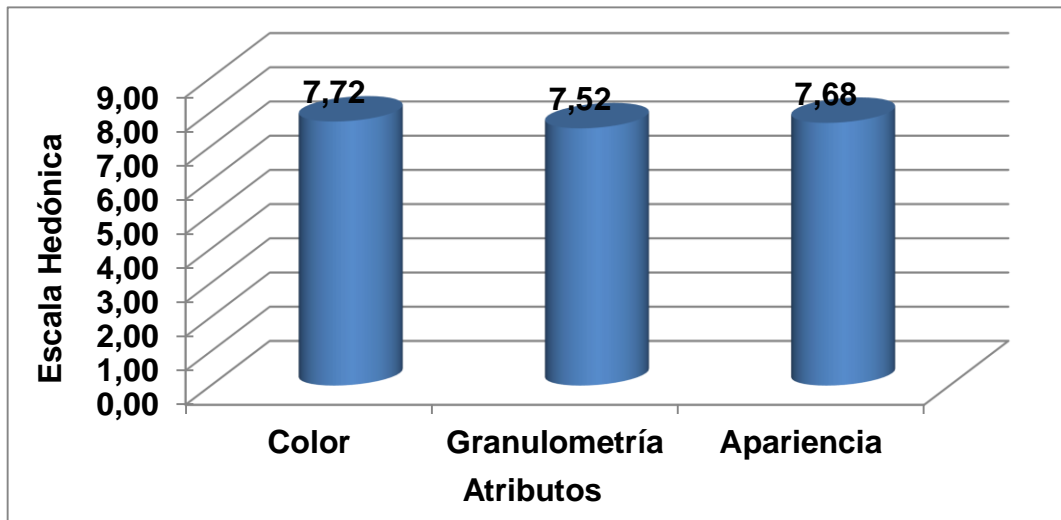
Cuadro 4.21
Evaluación sensorial de las propiedades organolépticas del producto terminado

Jueces	Atributos (Escala hedónica)		
	Color	Granulometría	Apariencia
1	8	8	7
2	8	7	7
3	7	7	7
4	8	9	9
5	7	7	6
6	7	8	9
7	7	7	7
8	7	7	7
9	9	8	9
10	9	8	9
11	7	7	7
12	7	6	7
13	7	6	8
14	9	8	8
15	8	7	7
16	8	9	9
17	8	6	7
18	7	4	8
19	4	8	8
20	8	8	8
21	9	9	9
22	8	8	7
23	9	8	7
24	9	9	8
25	8	9	7
Promedio	7,72	7,52	7,68

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.18, muestra los valores promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica de los atributos color, granulometría y apariencia de datos extraídos del cuadro 4.20.

Figura 4.18
Valores promedio de las propiedades organolépticas del producto terminado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.18, se observa que los atributos color (7,72) y apariencia (7,68) tienen mayor puntuación promedio en comparación con el atributo granulometría (7,52) que son menores en escala hedónica.

4.7.1.1 PRUEBA DE DUNCAN PARA LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

El cuadro 4.22, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos del cuadro C.8.4 (Anexo C.8).

Cuadro 4.22
Prueba de Duncan para las propiedades organolépticas del producto terminado

Tratamientos	Análisis de valores			Efectos
Color-Apariencia	0,04	<	4,18	No hay diferencia significativa
Color-Granulometría	0,20	<	4,41	No hay diferencia significativa
Apariencia-Granulometría	0,16	<	4,18	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.22, se observa que no existe diferencia significativa entre los atributos (color-apariencia), (color-granulometría) y (apariencia-granulometría); por lo que se puede decir que no existe diferencia significativa entre los atributos color, granulometría y apariencia; para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta que el atributo color obtuvo un puntaje de (7,72) como el más sobresaliente en el producto terminado.

4.7.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

El cuadro 4.23, muestra los resultados extraídos del (Anexo A.3) del análisis fisicoquímico del ají en polvo variedad camba rojo.

Cuadro 4.23
Propiedades fisicoquímicas del producto terminado

Parámetros	Unidad de medida	Cantidad
Azúcares totales	%	8,68
Cenizas	%	4,30
Fibra	%	14,21
Materia grasa	%	6,71
Hidratos de carbono	%	58,90
Humedad	%	4,99
Proteína total	%	10,89
Valor energético	Kcal/100 g	339,55

Fuente: CEANID, 2013

En el cuadro 4.23, se puede observar que el producto terminado (ají en polvo variedad camba rojo) contiene: azúcares totales 8,68%, cenizas 4,30%, fibra 14,21%, materia grasa 6,71%, hidratos de carbono 58,90%, humedad 4,99% proteína total 10,89% y valor energético de 339,55 Kcal/100g.

4.7.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

El análisis microbiológico, se realizó en el CEANID (Anexo A.3) dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y los resultados se detallan en el cuadro 4.24.

Cuadro 4.24
Análisis microbiológico del producto terminado

Parámetros	Unidades	Cantidad
Mohos y Levaduras	Ufc/g	$2,0 \times 10^1$

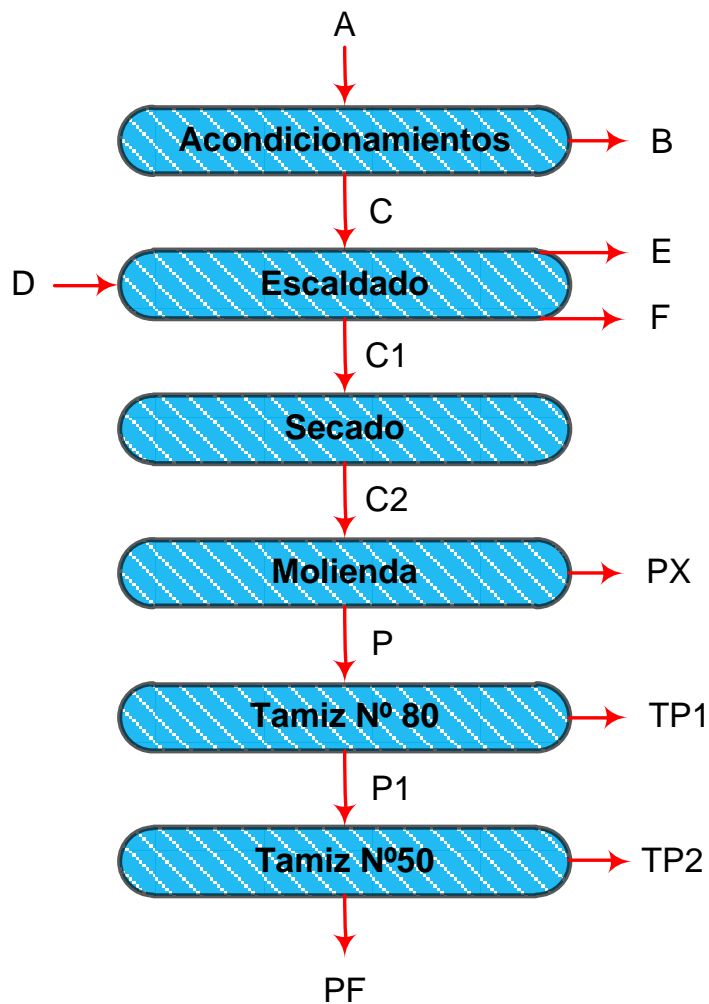
Fuente: CEANID, 2013

Como se puede observar en el cuadro 4.24 el producto terminado presenta; mohos y levaduras $2,0 \times 10^1$ Ufc/g.

4.8 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

Para el balance de materia en el proceso de obtención de ají en polvo, se realizó tomando en cuenta el siguiente diagrama (figura 4.19).

Figura 4.19
Diagrama para el proceso de obtención de ají en polvo variedad camba rojo



Fuente: Elaboración propia

Donde:

A = Cantidad de ají variedad camba rojo (g)

B = Cantidad de semillas y pedúnculo (g)

C = Cantidad de pulpa de ají (g)

D = Cantidad de agua que entra al proceso de escaldado (g)

E = Cantidad de agua evaporada (g)

F = Cantidad de agua que sale del proceso de escaldado (g)

- C1** = Cantidad de ají escaldado (g)
- G1** = Cantidad de aire a la entrada del secador (g)
- G2** = Cantidad de aire a la salida del secador (g)
- C2** = Cantidad de ají deshidratado (g)
- PX** = Cantidad de residuos del ají en polvo (g)
- P** = Cantidad de ají en polvo variedad cambia rojo (g)
- P1** = Cantidad de ají en polvo variedad cambia rojo intermedio (g)
- PT1** = Cantidad de ají en polvo granulometría gruesa (g)
- PT2** = Cantidad de ají en polvo granulometría intermedio (g)
- PF** = Cantidad de ají en polvo fino (g)

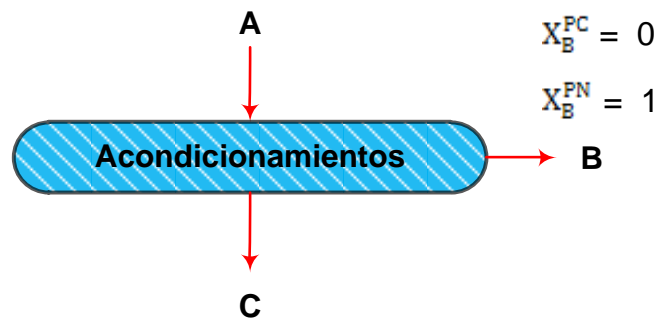
4.8.1 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO

En la figura 4.20, se muestra el diagrama del proceso de acondicionamiento del ají variedad cambia rojo. El balance de materia se realizó en base a 5 Kg de ají con porción comestible promedio de 81,78%; y porción no comestible promedio 18,25% de datos extraídos del cuadro 4.1.

Figura 4.20
Diagrama del proceso de acondicionamiento

$$X_A^{PC} = 0,8178$$

$$X_A^{PN} = 0,1825$$



Fuente: Elaboración propia

Donde:

X^{PC} = Fracción de porción comestible del ají variedad cambia rojo

X^{PNC} = Fracción de porción no comestible del ají variedad cambia rojo

X^{H_2O} = Fracción de agua

X^{SS} = Fracción de sólido

Balance global de materia en el proceso de acondicionamiento

$$A = B + C \quad (\text{Ecuación 4. 4})$$

Donde:

$$A = 5000 \text{ g}$$

$$X_A^{PC} = 0,8178$$

$$X_A^{PN} = 0,1825$$

Balance parcial de materia en el proceso de acondicionamiento para la porción comestible del ají

$$AX_A^{PC} = B\overset{0}{X}_B^{PC} + CX_C^{PC} \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

Despejando C de la ecuación 4.5:

$$C = \frac{AX_A^{PC}}{X_C^{PC}} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Por lo tanto tenemos:

$$C = \frac{5000 * 0,6802}{1} = 4089 \text{ g}$$

Despejando B de la ecuación 4.4:

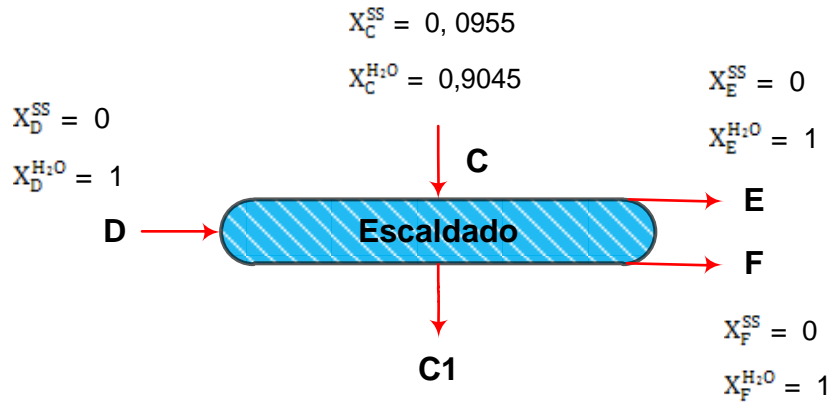
$$B = A - C \quad (\text{Ecuación 4. 7})$$

$$B = 5000 \text{ g} - 4089 \text{ g} = 1682 \text{ g}$$

4.8.2 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ESCALDADO

En la figura 4.21, se muestra el diagrama del proceso de escaldado para la obtención de ají en polvo. Para realizar el balance de materia se tomó en cuenta el contenido de humedad de la pulpa del ají variedad cambia rojo; cuyo valor corresponde a 90,45% dato extraído del (cuadro 4.2).

Figura 4.21
Diagrama del proceso de escaldado



Fuente: Elaboración propia

Balance global de materia en el proceso de escaldado

$$D + C = E + F + C1 \quad \text{(Ecuación 4.8)}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 D &= 5440,19 \text{ g} & X_C^{H2O} &= 0,9045 \\
 C &= 4089 \text{ g} & X_C^{SS} &= 0,0955 \\
 C1 &= 4159,72 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Para calcular la masa de agua evaporada en el proceso de escaldado, se utilizó el diagrama de Mollier para el agua (Valiente, 1994). Sabiendo que la presión de la ciudad de Tarija es de 0,80 atmosferas (Bolivia en la red, 2009), y la temperatura de ebullición del agua es 92 °C y con los datos obtenidos se tiene que la cantidad de agua evaporada es de 2% y 98% es líquido sin evaporar; utilizando esta relación se obtiene:

$$E = 5440,19 \cdot 0,02 = 108,80 \text{ g}$$

Balance parcial de materia en el proceso de escaldado para sólido seco

$$\begin{aligned}
 & \overset{0}{\cancel{D X_D^{SS}}} + C X_C^{SS} = E \overset{0}{\cancel{X_E^{SS}}} + F \overset{0}{\cancel{X_F^{SS}}} + C1 \overset{0}{\cancel{X_{C1}^{SS}}} \quad \text{(Ecuación 4.9)}
 \end{aligned}$$

Despejando X_{C1}^{SS} de la ecuación 4.9

$$X_{C1}^{SS} = \frac{C X_C^{SS}}{C1} \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

Por lo tanto tenemos:

$$X_{C1}^{SS} = \frac{4089 * 0,0955}{4159,72} = 0,0938$$

Para calcular la cantidad de agua evaporada tenemos que:

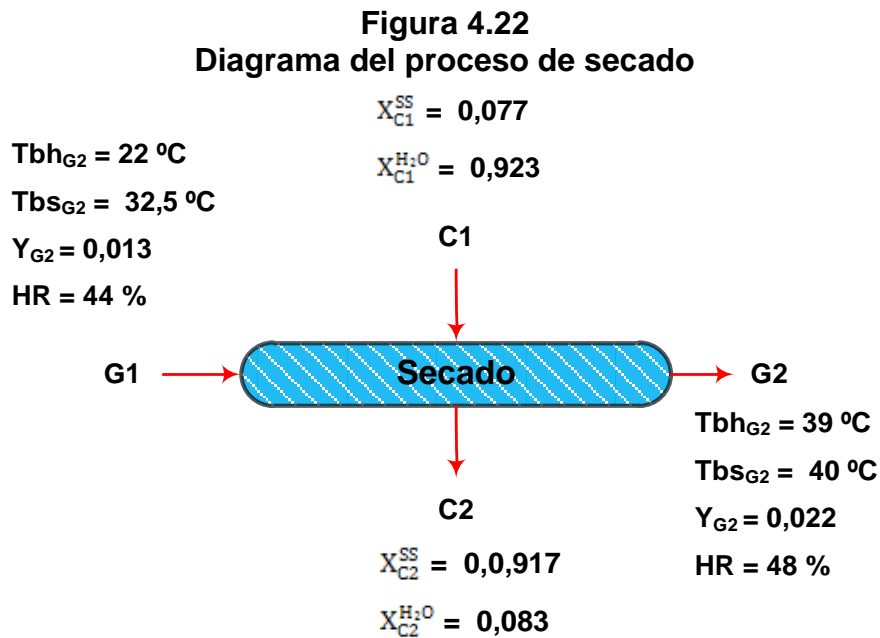
$$F = D + C - E - C1 \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

$$F = 5440,19 + 4089 - 108,80 - 4159,72$$

$$F = 5260,67 \text{ g}$$

4.8.3 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SECADO

En la figura 4.22, se muestra el diagrama del proceso de secado. Para realizar el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de agua evaporada en el secado, el contenido de humedad en base seca de las muestras de ají deshidratadas.



Fuente: Elaboración propia

Balance global de materia en el proceso de secado

$$C1 + G1 = C2 + G2 \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

Donde:

$$C1 = 4159,72 \text{ g}$$

Balance parcial de materia en el proceso de secado para humedad en base seca

$$C1 W_{C1} + G1 Y_{G1} = C2 W_{C2} + G2 Y_{G2} \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

Donde:

$$C_{ss} = C1 = C2 \quad \text{Cantidad de materia seca (g)}$$

$$G = G1 = G2 \quad \text{Cantidad de aire seco (g)}$$

Para obtener el valor de C_{ss} se tiene la ecuación 4.13

$$C_{ss} = C1 * X_{C1}^{ss} \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

Reemplazando valores en la ecuación 4.12 tenemos:

$$C_{ss} = 4159,72 * 0,077 = 320,29 \text{ g}$$

Reemplazando variables en la ecuación 4.12 tenemos:

$$C_{ss} W_{C1} + G Y_{G1} = C_{ss} W_{C2} + G Y_{G2} \quad (\text{Ecuación 4.14})$$

Ordenando las variables de la ecuación 4.14 tenemos:

$$C_{ss} W_{C1} - C_{ss} W_{C2} = G Y_{G2} - G Y_{G1} \quad (\text{Ecuación 4.15})$$

Factorizando C_{ss} y G en la ecuación 4.15 tenemos:

$$C_{ss} (W_{C1} - W_{C2}) = G (Y_{G2} - Y_{G1}) \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

Despejando G tenemos:

$$G = \frac{(W_{C1} - W_{C2})}{(Y_{G2} - Y_{G1})} \quad (\text{Ecuación 4.17})$$

El cuadro 4.25, muestra los resultados obtenidos de las propiedades psicrométricas en base a la temperatura de bulbo seco (T_{bs}) y bulbo húmedo (T_{bh}) a la entrada y salida del secador, tomando en cuenta la altura de la ciudad de Tarija que de 1866 metros sobre el nivel del mar (Bolivia en la red, 2009) se tiene los siguientes datos.

Cuadro 4.25
Propiedades psicrométricas del aire

Propiedades	Aire frío	Aire caliente	Aire saturado
T _{bs} (°C)	32,5	50	40
T _{bh} (°C)	22	26,6	39
HR (%)	44	10	48
Y (Kg agua/Kg aire seco)	0,013	0,015	0,022
H (kJ /Kg)	53	72	97
Ve (m ³ /Kg)	0,87	0,94	0,91

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- T_{bs} = Temperatura de bulbo seco
- T_{bh} = Temperatura de bulbo húmedo
- HR = Humedad relativa
- Y = Humedad absoluta
- H = Entalpía
- Ve = Volumen específico

Para calcular la cantidad de agua evaporada en el secador, se utilizó la ecuación 4.18, citado por (Valiente, 1994).

$$AE = S (W_1 - W_2) \quad \text{(Ecuación 4.18)}$$

Donde:

- AE = Cantidad de agua evaporada (g).
- W₁ = W_{C1} = Contenido de humedad en base seca del alimento (g agua/g sólido seco).
- W₂ = W_{C1} = Contenido de humedad en base seca del producto deshidratado (g agua/g sólido seco).
- S = C_{ss} = Sólido seco del ají variedad cambia rojo (g de sólido seco).

Reordenando la ecuación 4.18 en función del contenido de humedad tenemos:

$$AE = C_{ss} (W_{C1} - W_{C2}) \quad \text{(Ecuación 4.19)}$$

Donde:

$$W_{C1} = 12,01 \text{ g agua/g s\u00f3lido seco (Cuadro 4.5)}$$

$$W_{C2} = 0,09 \text{ g agua/g s\u00f3lido seco (cuadro 4.5)}$$

Por lo tanto:

$$AE = 320,29 \text{ g (12,01 - 0,09).}$$

AE= 3817,86 g de agua evaporada en el proceso de secado.

Remplazando en la ecuaci\u00f3n 4.17 tenemos:

$$G = \frac{3817,86}{(0,022 - 0,015)} = 545425,14 \text{ g aire seco} = 545,42 \text{ Kg aire seco}$$

$$G = \frac{545,42}{8,5} = 64,16 \text{ Kg de aire seco/h}$$

Para calcular el caudal de aire, se tom\u00f3 en cuenta la ecuaci\u00f3n 4.20 citado por (Valiente, 1994). El volumen espec\u00edfico del aire fue extra\u00eddo del cuadro 4.25; siendo el volumen espec\u00edfico (V_e) = 0,87 m³/Kg.

$$G_1 = G * V_e \quad \text{(Ecuaci\u00f3n 4.20)}$$

Donde:

$$G_1 = \text{Volumen de aire seco (m}^3\text{/min)}$$

Remplazando datos en la ecuaci\u00f3n 4.20 tenemos:

$$G_1 = 64,16 * 0,87$$

$$G_1 = 55,83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,93 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

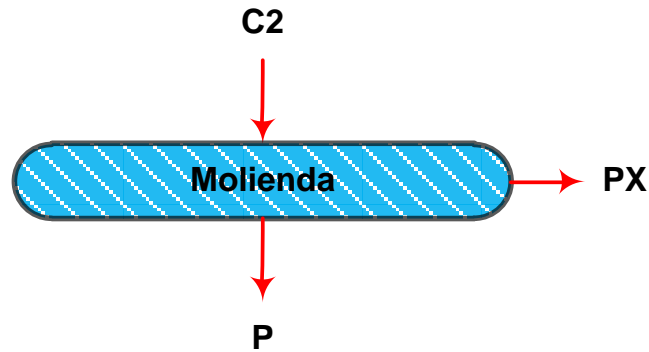
4.8.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE MOLIENDA

En la figura 4.23, se muestra el diagrama del proceso de molienda para el balance de materia.

Figura 4.23
Diagrama del proceso de molienda

$$X_{C_2}^{SS} = 0,0,917$$

$$X_{C_2}^{H_2O} = 0,083$$



Fuente: Elaboración propia

Balance global de materia en el proceso de molienda

$$C_2 = PX + P \quad \text{(Ecuación 4.21)}$$

Donde:

$$P = 271,77 \text{ g}$$

Para calcular el valor de C2, se tiene la ecuación 4.22:

$$C_2 = C_2 * X_{C_2}^{H_2O} + C_2 * X_{C_2}^{SS} \quad \text{(Ecuación 4.22)}$$

Donde:

$$C_{SS} = C_2 * X_{C_2}^{SS} \quad \text{(Ecuación 4.23)}$$

Despejando C2 de la ecuación 4.23 tenemos:

$$C_2 = \frac{C_{SS}}{X_{C_2}^{SS}} \quad \text{(Ecuación 4.24)}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.23 tenemos:

$$C_2 = \frac{320,29}{0,917} = 349,28 \text{ g}$$

Para obtener el valor de PX, se despeja de la ecuación 4.21 tenemos:

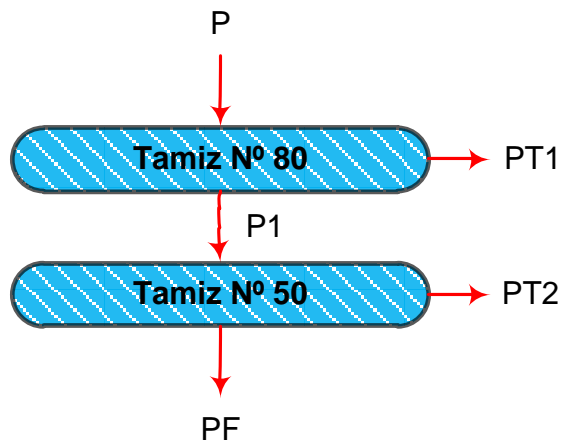
$$PX = C_2 - P \quad \text{(Ecuación 4.25)}$$

$$PX = 349,28 \text{ g} - 271,77 \text{ g} = 77,51 \text{ g}$$

4.8.5 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE CLASIFICACIÓN

En la figura 4.24, muestra el diagrama del proceso de clasificación del ají en polvo variedad cambia rojo.

Figura 4.24
Diagrama del proceso de clasificado del ají en polvo variedad cambia rojo



Fuente: Elaboración propia

Balance global de materia en el proceso de clasificación en el tamiz N° 80

$$P = PT1 + P1 \quad (\text{Ecuación 4.26})$$

Donde:

$$P = 271,77 \text{ g}$$

$$PT1 = 176,65 \text{ g}$$

Tenemos:

$$P1 = P - PT1 \quad (\text{Ecuación 4.27})$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.27 tenemos:

$$P1 = 271,77 \text{ g} - 176,65 \text{ g} = 95,12 \text{ g}$$

Balance global de materia en el proceso de clasificación en el tamiz N° 50

$$P1 = PT2 + PF \quad (\text{Ecuación 4.28})$$

Donde:

$$P1 = 95,12 \text{ g}$$

$$PF = 0 \text{ g}$$

Tenemos:

$$PT2 = P1 - PF$$

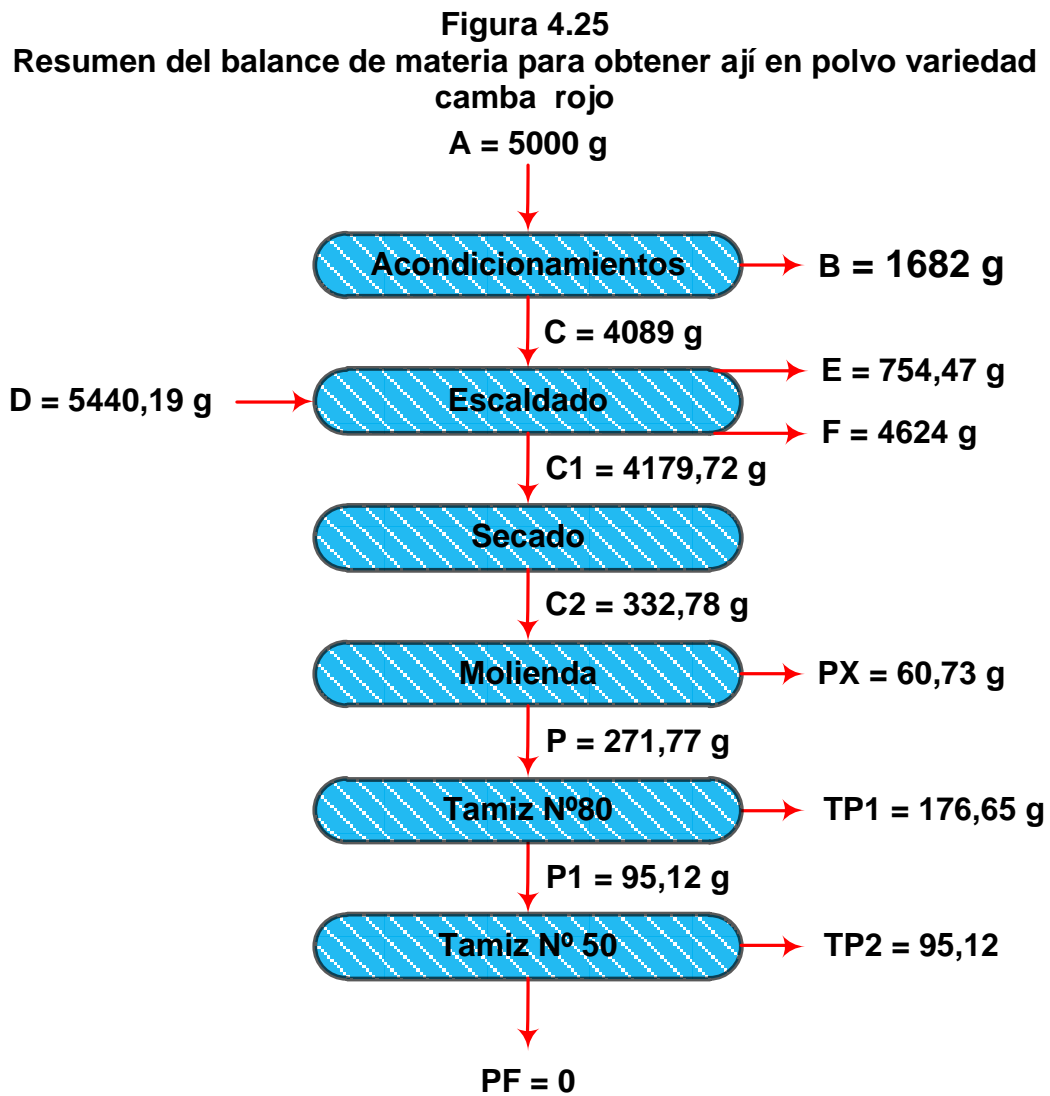
(Ecuación 4.29)

Reemplazando datos en ecuación 4.29 tenemos:

$$PT2 = 95,12 \text{ g} - 0 \text{ g} = 95,12 \text{ g}$$

4.8.6 RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE MATERIA PARA LA OBTENCIÓN DE AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

La figura 4.25, muestra el resumen general del balance de materia para la obtención de ají en polvo variedad cambia rojo.



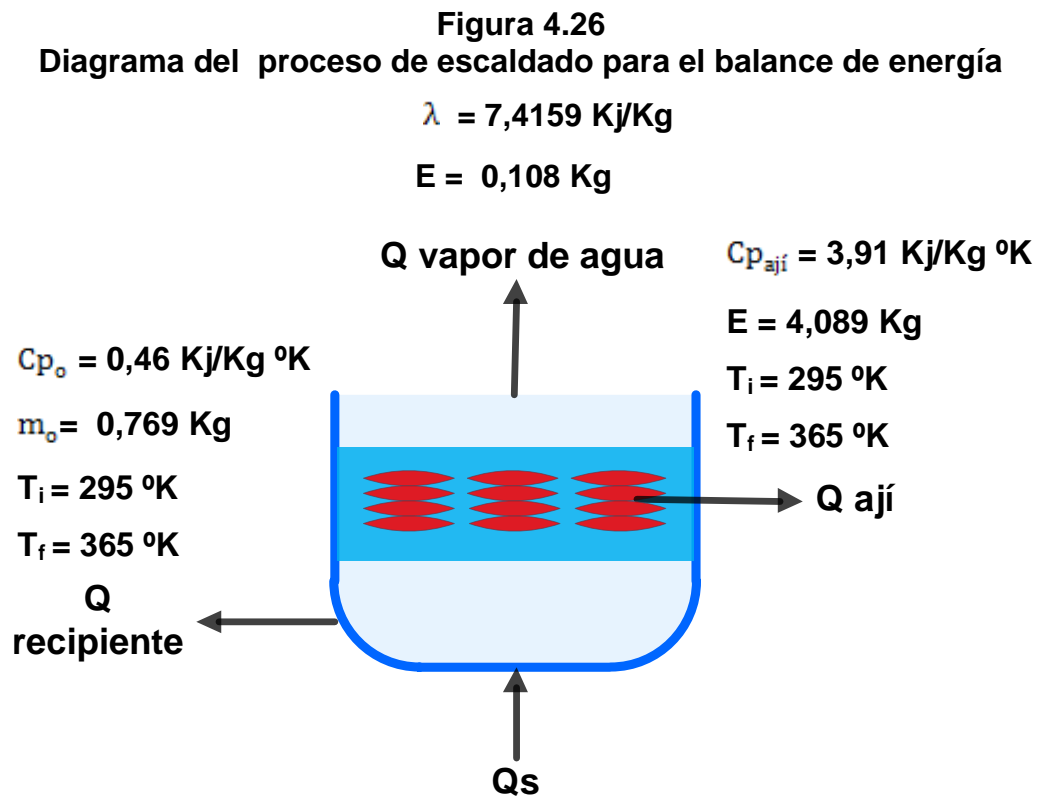
Fuente: Elaboración propia

4.9 BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AJÍ EN POLVO VARIEDAD CAMBA ROJO

El balance de energía, se realizó en el proceso de escaldado y secado los cuales se detallan a continuación.

4.9.1 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO ESCALDADO

La figura 4.26, muestra el diagrama para el balance de energía en el proceso de escaldado.



Fuente: Elaboración propia

El balance de energía viene dado por la ecuación 4.30 citada por (Lomas, 2002).

$$Q_s = m_o * C_{p_o} (T_f - T_i) + C * C_{p_{ají}} * (T_f - T_i) + E * \lambda \quad \text{(Ecuación 4.30)}$$

Donde:

Q_s = Calor que se requiere en el tratamiento térmico (Kcal)

m_o = Masa del recipiente de acero inoxidable (0,769 Kg)

Cp_o = Calor específico del acero inoxidable (0,46 Kj/Kg °K)

C = Masa del ají a escaldar (4,089 Kg)

$Cp_{ají}$ = Calor específico del ají (3,91 Kj/Kg °K)

T_f = Temperatura final (365 °K)

T_i = Temperatura inicial (295 °K)

λ = Calor latente del vapor de agua (7,4159 Kj/Kg)

E = Masa de agua evaporada (0,108 Kg)

Para determinar el calor específico de las muestras de ají variedad camba rojo, se tomó en cuenta la ecuación 4.31 citado por (Lewis, 1993).

$Cp_{ají} = X_a * Cp_a + X_c * Cp_c + X_p * Cp_p + X_g * Cp_g + X_{ce} * Cp_{ce} + X_f * Cp_f$ (**Ecuación 4.31**)

Donde:

X_a = Fracción de masa de agua

Cp_a = Calor específico del agua (Kj/Kg °K)

X_c = Fracción de masa de los carbohidratos

Cp_c = Calor específico de los carbohidratos (Kj/Kg °K)

X_p = Fracción de masa de las proteínas

Cp_p = Calor específico de las proteínas (Kj/Kg °K)

X_g = Fracción de masa de las grasas

Cp_g = Calor específico de las grasas (Kj/Kg °K)

X_{ce} = Fracción de masa de las cenizas

Cp_{ce} = Calor específico de las cenizas (Kj/Kg °K)

X_f = Fracción de masa de fibra

Cp_f = Calor específico de fibra (Kj/Kg °K)

Tememos:

$$X_a = 0,9054 \text{ (cuadro 4.2)}$$

$$Cp_a = 4,18 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{K (Lewis, 1993)}$$

$$X_c = 0,0528 \text{ (cuadro 4.2)}$$

$$Cp_c = 1,4 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{K (Lewis, 1993)}$$

$$X_p = 0,0151 \text{ (cuadro 4.2)}$$

$$Cp_p = 1,6 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{K (Lewis, 1993)}$$

$$X_g = 0,0028 \text{ (cuadro 4.2)}$$

$$Cp_g = 1,7 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{K (Lewis, 1993)}$$

$$X_{ce} = 0,0074 \text{ (cuadro 4.2)}$$

$$Cp_{ce} = 0,8 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{K (Lewis, 1993)}$$

$$X_f = 0,0174 \text{ (cuadro 4.2)}$$

$$Cp_f = 1,79 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{K (Lewis, 1993)}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.31 tenemos:

$$Cp_a = 0,9054*4,18 + 0,0528*1,4 + 0,0151*1,6 + 0,0028*1,7 + 0,0074*0,8 + 0,0174*1,79$$

$$Cp_a = 3,91 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.30 tenemos:

$$Q_s = 0,769 * 0,46 (365 - 295) + 4,089 * 3,91 * (365 - 295) + 0,108 * 7,4159$$

$$Q_s = 1149,50 \text{ Kj} = 273,46 \text{ Kcal}$$

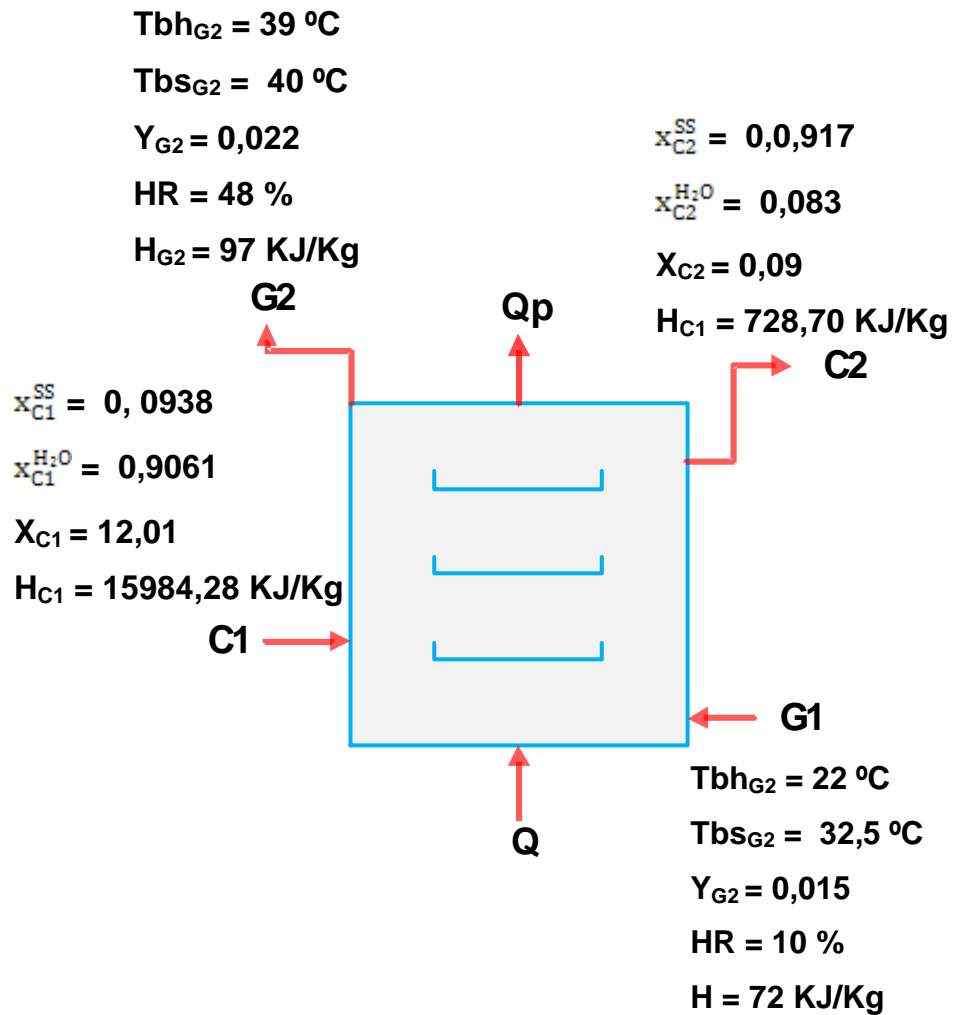
El calor necesario para el proceso de escaldar 5 Kg de ají variedad cambia rojo es 273,46 Kcal

4.9.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE SECADO

La figura 4.27, muestra el diagrama del proceso de secado para el balance de energía.

Figura 4.27

Diagrama del proceso de secado para el balance de energía



Fuente: Elaboración propia

Balance combinado de materia y energía en el secador

$$C1 * H_{C1} + G1 * H_{G1} + Q = C2 * H_{C2} + G2 * H_{G2} + Q_p \quad (\text{Ecuación 4.32})$$

Para el balance de energía se considera que no existe pérdidas de calor en el secador y se considera que:

$$C1 = C2 = C$$

$$G1 = G2 = G$$

Ordenando la ecuación 4.32 tenemos:

$$C * (H_{C1} - H_{C2}) + Q = G * (H_{G2} - H_{G1}) \quad (\text{Ecuación 4.33})$$

Despejando Q de la ecuación 4.33 tenemos

$$Q = G * (H_{G2} - H_{G1}) - C * (H_{C1} - H_{C2}) \quad \text{(Ecuación 4.34)}$$

Donde:

H_{G2} = Entalpia del aire caliente (97 KJ/Kg)

H_{G1} = Entalpia del aire a la entrada del secador (72 KJ/Kg)

H_{C2} = Entalpia del ají deshidratado (KJ/Kg)

H_{C1} = Entalpia del ají escaldado (KJ/Kg)

Q = Cantidad de calor añadido al secador (kcal)

Q_p = Cantidad de calor perdido en el secador (kcal)

Para obtener los valores de H_{C1} y H_{C2} , se utiliza la ecuación 4.35 y 4.36 citada por (Ramirez, 2011)

$$H_{C1} = (C_{p_{ají}} + X_{C1} * C_{p_{agua}}) * T_{C1} \quad \text{(Ecuación 4.35)}$$

$$H_{C2} = (C_{p_{ají}} + X_{C2} * C_{p_{agua}}) * T_{C2} \quad \text{(Ecuación 4.36)}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.35 y 4.36 tenemos:

$$H_{C1} = (3,91 + 21,01 * 4,186) * (295)$$

$$H_{C1} = 15984,28 \text{ KJ/Kg}$$

Para el otro valor de entalpía tenemos:

$$H_{C2} = (3,91 + X_{C2} * 4,186) * (323)$$

$$H_{C2} = 728,70 \text{ KJ/Kg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.34 tenemos:

$$Q = 545,42 * (97 - 72) - 0,320 * (15984,28 - 728,70)$$

$$Q = 13635,50 - 4881,79$$

$$Q = 8753,71 \text{ KJ} = 2091,18 \text{ Kcal}$$

El calor necesario para el proceso de secado es 2091,18 Kcal; por lo tanto el calor necesario para la obtención de ají en polvo variedad cambia rajo esta dado por la ecuación 4.37.

$$Q_{Total} = Q_S + Q \quad \text{(Ecuación 4.37)}$$

$$Q_{Total} = 273,46 + 2091,18$$

$$Q_{Total} = 2364,64 \text{ Kcal}$$

5.1 CONCLUSIONES

- En cuanto a los resultados obtenidos de las propiedades físicas del ají variedad camba rojo, se tiene una altura de 6,95 cm, diámetro 1,24 cm, porción comestible 81,75 % y porción no comestible del 18,25%.
- De acuerdo a los resultados del análisis fisicoquímico del ají variedad camba rojo, se tiene un contenido de humedad 90,45%, cenizas 0,74%, fibra 1,74%, materia grasa 0,28%, hidratos de carbono 5,28%, proteína total 1,51% y valor energético 29,68 Kcal/100g.
- En cuanto a los resultados de la prueba de eficacia térmica de los dos tipos de corte para las muestras de ají variedad camba rojo, se establece que 3 minutos son suficientes para inactivar la enzima peroxidasa para láminas y rallas de ají en agua a temperatura de ebullición (92 °C).
- Como resultado del análisis de la influencia del tipo de corte en el proceso de secado, se observó que el corte más favorecido es para láminas de ají deshidratados a temperatura de 50 °C, que contiene una humedad de (0,01 Kg agua/Kg sólido seco) para un tiempo de 504 minutos.
- Como resultado del análisis de la influencia de la temperatura en el proceso de secado, se pudo observar que la temperatura más favorecida es 60 °C; para láminas de ají deshidratados donde contiene una humedad de (0,01Kg agua/Kg sólido seco) para un tiempo de 504 minutos.

- Como resultado del análisis sensorial realizado en el proceso de secado, se puede observar que la mejor opción para los jueces es la muestra F2 (rallas de ají deshidratados a temperatura de 50 °C), que obtuvo un puntaje de (6,96) para el atributo color y (7,12) para el atributo aspecto para una $p < 0,05$.
- Según los resultados del diseño experimental realizado en el proceso de secado, se establece que el factor B (temperatura) es significativo; para $p < 0,05$. Por lo tanto, es el factor que tiene mayor influencia en el proceso de deshidratación del ají para obtener ají en polvo.
- En cuanto a los resultados de la cinética de secado para rallas de ají a temperatura de 50 °C, se obtiene que para el periodo ante crítico obedece la ecuación ($Y=0,0004X+0,2321$) y en el periodo pos crítico ($Y=0,0042X+0,0283$).
- De acuerdo al análisis sensorial realizado a las muestras de ají en polvo que fueron clasificadas granulométricamente; se observó que la mejor opción para los jueces fue la muestra A3, que obtuvo un puntaje de (7,16) para el atributo color y $p < 0,05$.
- Como resultado del análisis sensorial realizado al producto final (ají en polvo), se puede observar que el atributo color es de mayor preferencia por los jueces con un puntaje de (7,72); para $p < 0,05$.
- Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico al producto final, contiene; azúcares totales 8,68%, cenizas 4,30%, fibra 14,21%, materia grasa 6,71%, hidratos de carbono 58,90%, humedad 4,99% proteína total 10,89% y valor energético 339,55 Kcal/100g.

- Del análisis microbiológico realizado al producto final, contiene mohos y levaduras de $2,0 \times 10^1$ Ufc/g.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el estudio del producto terminado (ají en polvo), para establecer su conservación durante el almacenamiento; con el fin de valorar su composición nutricional y vida útil.
- Se recomienda realizar un análisis fisicoquímico de la materia prima (ají) y producto terminado (ají en polvo), para determinar la cantidad de capsaicina que es de importante en la medicina y para la salud.
- Se recomienda implementar una planta piloto procesadora de ají en polvo, para captar la producción de ají del departamento Tarija y de esta manera incentivar al desarrollo agro industrial de la región.