

1.1 ANTECEDENTES

El zapallo, es una hortaliza que nos ofrece muchos beneficios ya que tiene propiedades hipotensoras, diuréticas, laxantes y preventivas de cáncer; y es utilizado en diferentes comidas típicas del departamento de Tarija. También, se puede elaborar productos menores, como ser mermeladas, dulces, compotas entre otros. Su producción, se realiza en los meses de febrero, marzo y abril.

Pocas personas conocen las propiedades medicinales del zapallo. Su consumo, es bueno para prevenir males de la vista, inflamaciones en la piel, quemaduras, cáncer de próstata, hemorroides, neumonías, hiperplasia y otros. Así mismo, se emplea para cataplasmas contra inflamaciones de la piel y quemaduras, para esto se utiliza la pulpa cruda (Revollo, 2013).

Los departamentos donde existe producción de zapallo (INE, 1990) son: La Paz, Cochabamba, Chuquisaca, Santa cruz, Beni y Tarija.

En Tarija el cultivo de zapallo, está difundido por todo el departamento; pero con mayor intensidad en las provincias Gran Chaco, Cercado, O`Conor, Arce y Méndez; ya que estos lugares satisface las exigencias climáticas de la especie. En relación a esta hortaliza, no se tiene datos estadísticos pero se sabe que el cultivo está asociado al cultivo de maíz.

El cultivo del zapallo asociado tiene ventajas (Martí, 2013) como:

- Es una manera rápida de sembrar.
- No necesita tierras buenas.
- No requiere mucho trabajo.
- Se hace con pocos recursos.

El zapallo, por su crecimiento horizontal, cubre el suelo ayudando a controlar las malezas que crecen cerca de la caña de maíz (Martí, 2013).

1.2 JUSTIFICACIÓN

- En el departamento de Tarija el zapallo, es poco conocido en su composición nutricional a pesar de tener micronutrientes esenciales para nuestro organismo como ser el β -caroteno precursor de la Vitamina A y minerales como Fe y K. Con la elaboración de harina de zapallo, se quiere obtener un subproducto innovador para que pueda ser incorporado en la elaboración de alimentos enriquecidos como ser en los desayunos escolares y en la dieta alimentaria.
- La deshidratación, es un proceso por el cual se elimina agua del alimento que producirá una reducción de la actividad del agua y que permite prolongar la vida útil, transporte y manipuleo. Con la elaboración de harina de zapallo, se pretende adquirir un subproducto para ser utilizado en la elaboración de diferentes productos, como ser en el área de panificación entre otros.
- Al ser el zapallo una hortaliza perecible, se quiere dar una alternativa de conservación al transformarla en harina; lo que permitirá obtener un subproducto con valor agregado y de esta manera incentivar a la producción de zapallo en el departamento de Tarija.
- El zapallo (*Cucúrbita Máxima*), no es muy comercializado como producto fresco en el mercado local. Con la obtención de harina de zapallo, permitirá obtener un subproducto de calidad, para que pueda ser utilizado como insumo alimentario en las distintas preparaciones culinarias, como ser restaurantes y otros locales expendio de comidas del departamento de Tarija.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados en el presente trabajo, se detallan a continuación:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar harina de zapallo (*Cucúrbita Máxima*), mediante el proceso de secado por aire caliente; con el fin de obtener un producto de calidad para ser utilizado en panificación.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas del zapallo (*Cucúrbita Máxima*) con el propósito de conocer su composición química.
- Determinar el tiempo de tratamiento térmico a realizarse en la materia prima (zapallo); con el fin de inactivar enzimas.
- Determinar la influencia del tipo de corte y temperatura en el proceso de secado de las muestras de zapallo.
- Realizar una evaluación sensorial de las muestras deshidratadas con el propósito de conocer la aceptabilidad de los atributos sensoriales.
- Aplicar el diseño experimental en el proceso de secado con la finalidad de establecer los factores que tienen mayor influencia para obtener harina de zapallo.
- Realizar la cinética de secado con el propósito de establecer el comportamiento del contenido de humedad media en relación con la velocidad de secado de las muestras de zapallo.
- Determinar el tipo de granulometría adecuada para obtener un producto de calidad.

- Determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto terminado.
- Realizar el balance de materia y energía a nivel experimental, para obtener harina de zapallo con el propósito de conocer las corrientes de entradas y salidas del proceso.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el departamento de Tarija el zapallo (*Cucúrbita Máxima*) no es muy comercializado en el mercado local como producto fresco; ya que la población desconoce su composición nutricional. Especialmente, el β -caroteno precursor de la Vitamina A y minerales como ser Fe y K, esenciales para nuestro organismo.

El departamento de Tarija carece de industrias para procesar este tipo de hortalizas en harina. Especialmente, el zapallo que es una hortaliza perecible de la cual no existe una alternativa de conservación para prolongar su vida útil, y de esta manera mejorar su valor agregado.

Así mismo, las entidades encargadas de los desayunos escolares en el departamento de Tarija no garantizan que sean de calidad nutricional; ya que desconocen las propiedades que tiene la harina de zapallo para ser incorporado en los diferentes programas nutricionales de la región.

1.4.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será el proceso de secado por aire caliente a ser aplicado para elaborar harina de zapallo (*Cucúrbita Máxima*); con el fin de obtener un producto de calidad para ser utilizado en panificación?

1.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Mediante la aplicación de tratamiento térmico a rodajas de zapallo, se inactiva la enzima peroxidasa con agua a temperatura de ebullición (92 °C) y tiempo de tres minutos. Secado con aire caliente a 60°C y por tiempo de 6,5 horas, se obtiene un producto deshidratado con un contenido de humedad de 0,10 Kg agua/Kg sólido seco en base seca. Molienda y clasificación en tamices N°50 y N°80 por un tiempo de cinco minutos, se obtiene harina de zapallo de calidad para ser utilizado en panificación.

2.1 ORIGEN DEL ZAPALLO (*Cucúrbita Máxima*)

No se conoce con exactitud el origen de zapallo, un probable centro de domesticación sería la costa peruana donde se cultivó muchos años antes de la llegada de los españoles de la misma manera; se afirma que el zapallo sería originario de México por haberse encontrado algunas especies del género cucúrbita en el estado de Puebla, Estudios arqueológicos revelan que, junto con el maíz y el poroto, el zapallo, fue la base de la alimentación de los Incas, Aztecas y Mayas antes de la colonización española (Huanca, 2013).

2.2 TAXONOMÍA DEL ZAPALLO (*Cucúrbita Máxima*)

La taxonomía del zapallo (*Cucúrbita Máxima*) (Huanca, 2013), se muestra en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1
Taxonomía del zapallo (*Cucúrbita Máxima*)

Reino	Vegetal
Sub-reino	Fanerógamas
División	Angiospermas
Clase	Dicotiledónea
Sub clase	Metaclamidias
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitácea
Genero	Cucúrbita
Especie	<i>Cucúrbita Máxima</i>

Fuente: Huanca, 2013

2.3 ESPECIES DE ZAPALLO

Existen unas veinte especies de zapallo, entre las más cultivadas tenemos cinco (Lang y Ermini, 2011), que son:

- *Cucúrbita Máxima* (figura 2.1 a)
- *Cucúrbita Pepo* (figura 2.1 b)
- *Cucúrbita Argyrosperma* (figura 2.1 c)
- *Cucúrbita Ficifolia* (figura 2.1 d)
- *Cucúrbita Mostacha* (figura 2.1 e)

<p>Figura 2.1 a <i>Cucúrbita Máxima</i></p>	<p>Figura 2.1 b <i>Cucúrbita Pepo</i></p>
	
<p>Figura 2.1 c <i>Cucúrbita Argyrosperma</i></p>	<p>Figura 2.1 d <i>Cucúrbita Ficifolia</i></p>
	
<p>Figura 2.1 e <i>Cucúrbita Mostacha</i></p>	
	

Fuente: Marin y Aymonier, 2013

2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ZAPALLO

La descripción botánica del zapallo, se presenta a continuación:

2.4.1 PLANTA

Planta herbácea (figura 2.2) de tallo trepador, provisto de zarcillos, existiendo los tipos rastroso y arbustivo. Los tallos y el follaje presentan pubescencia suave; las espículas alteran con pelos finos (Huanca, 2013).

Figura 2.2
Planta de zapallo *Cucúrbita Máxima*



Fuente: Marin y Aymonier, 2013

2.4.2 RAÍZ

La relativa resistencia del zapallo a la sequía, se debe en cierta medida a la capacidad de su sistema radicular; el cual está bien desarrollado. La raíz principal llega a una profundidad de más de dos metros. Las raíces laterales y sus ramificaciones múltiples, se extienden horizontalmente en la capa del suelo, a una profundidad no mayor de 60 centímetros (IDIAP, 2003).

2.4.3 TALLO

El tallo (figura 2.3) es rastrero con cinco bordes. La superficie del mismo presenta pubescencia y espinas pequeñas duras de color blanco. Alcanza una longitud de siete metros o más. Todas las variedades de zapallo forman ramificaciones laterales de raíces adventicias; que fortalecen el sistema radicular, incrementando la resistencia de las plantas al viento (IDIAP, 2003).

Figura 2.3
Tallo del zapallo *Cucúrbita Máxima*



Fuente: Marin y Aymonier, 2013

2.4.4 HOJA

Tiene pedúnculo largos y hueco (figura 2.4). Su limbo grande está dividido en cinco partes poco diferenciadas. En comparación con las demás plantas hortícolas, el zapallo forma un sistema de hojas más desarrollado y de mayor capacidad de evaporación (IDIAP, 2003).

Figura 2.4
Hojas del zapallo *Cucúrbita Máxima*.



Fuente: Marin y Aymonier, 2013

2.4.5 FLOR

El zapallo, es una planta monoica con flores masculinas y femeninas grandes (figura 2.5). En la cucúrbita máxima el perianto se forma de cáliz y corola de cinco piezas cada uno. El cáliz consiste de una parte basal cupular y cinco dientes, todo cubierto de pubescencia fina. En la corola es característicos que los segmentos, se separen profundamente aun antes de abrirse la flor (León, 2000).

Figura 2.5
Flor del zapallo *Cucúrbita Máxima*.

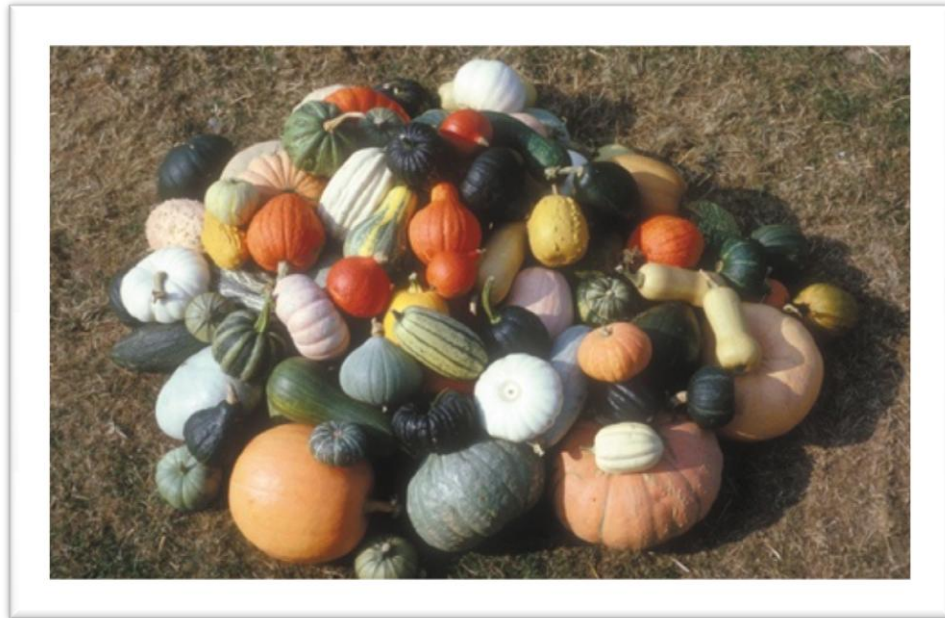


Fuente: Marin y Aymonier, 2013

2.4.6 FRUTO

Según la variedad, el fruto puede ser muy variado tanto en tamaño (figura 2.6) (desde zapallos del tamaño de un puño a zapallos de más de 20 kg), como en forma (los hay esferoidales, aplanados, curvos o estrangulados); en relación a la piel (puede ser lisa o rugosa, o con una especie de verrugas); el color (más habituales son verde, ocre, amarillo o verde grisáceo, y pueden ser de color uniforme o con varios colores). La pulpa puede variar de color naranja a colores crema pálidos y carnosas que predominan las semillas (Maocho, 2011).

Figura 2.6
Variedades de zapallo



Fuente: Marin y Aymonier, 2013

2.5 COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DEL ZAPALLO (*Cucúrbita Máxima*)

En el cuadro 2.2, se muestra la composición fisicoquímica del zapallo por cada 100g de parte comestible (Peña, 2013).

Cuadro 2.2
Composición fisicoquímica del zapallo (*Cucúrbita Máxima*)

Componentes	Valores
Agua	91,3 g
Energía	23,0 Kcal
Proteínas	1,1 g
Hidratos de carbono	4,8 g
Grasa	0,1 g
Fibra	0,5 g
Vitamina A	326 µg
Carotenos	1960 µg
Vitamina B₁	0,047mg
Vitamina B₂	0,065 mg
Vitamina B₆	0,110 mg
Vitamina B₁₂	-
Vitamina C	12 mg
Calcio	22 mg
Fósforo	44 mg
Magnesio	8 mg
Hierro	0,80 mg
Potasio	383 mg
Colesterol	-
Sodio	1,00 mg

Fuente: Peña, 2013

2.6 USOS Y APLICACIONES DEL ZAPALLO

Todas las variedades de zapallo presentan los mismos beneficios a nuestro organismo, como también coadyuva a prevenir enfermedades como ser:

2.6.1 HIPERTENSIÓN ARTERIAL

El zapallo destaca por tener muy poco sodio y mucho potasio. Las dietas ricas en sodio favorecen a la hipertensión arterial; mientras que una alimentación abundante en potasio actúa como preventiva de la hipertensión arterial y de sus consecuencias negativas (trombosis arterial o apoplejía) (Pamplona, 2003).

2.6.2 AFECCIONES RENALES

El zapallo actúa sobre el riñón como un diurético suave, aumentando la producción de orina y favoreciendo la eliminación de líquidos del organismo (Pamplona, 2003).

2.6.3 AFECCIONES DEL ESTÓMAGO

La pulpa de zapallo, es capaz de neutralizar el exceso de ácidos en el estómago; debido a su riqueza de sales minerales alcalinas. Además, ejerce una acción emoliente (suavizante) y protectora sobre la mucosa (capa interna) del estómago. Su consumo, especialmente en forma de puré con leche o bebida de soja se halla especialmente indicado en caso de acidez de estómago, dispepsia (mala digestión), pirosis (acidez de estómago), gastritis, y por supuesto, en la úlcera gastrointestinal (Pamplona, 2003).

2.6.4 ESTREÑIMIENTO

La fibra de zapallo, es de tipo soluble y actúa como laxante suave y no irritante al intestino (Pamplona, 2003).

2.6.5 CÁNCER DE PRÓSTATA

Muchos de los compuestos protectores presentes en las semillas del zapallo conocidos como fitoesteroles, ayudan a prevenir el cáncer de próstata estimulando la segregación de ciertos químicos del cuerpo que funcionan evitando la transformación de testosterona en dihidrotestosterona, lo que está ligado al desarrollo de cáncer en la próstata (Pino, 2013).

2.6.6 ANTI-INFLAMATORIO NATURAL

Tanto en las semillas como en la pulpa del zapallo hay gran contenido de β -caroteno, que tienen efectos anti-oxidantes y anti-inflamatorios. Por lo que el consumo frecuente (al menos 2 veces por semana), puede incidir directamente en la prevención de dolores en las articulaciones, artritis y la inflamación de los tendones (Pino, 2013).

2.6.7 PIEL

Los altos contenidos de vitaminas A, B, C y E. Así como el zinc y otros nutrientes presentes en los zapallos ayuda a embellecer la piel, mantenerla más suave y mucho más saludable. Por ello, es que en muchos tratamientos de la piel, como en máscaras faciales, se utiliza tanto la pulpa como las semillas del zapallo para recuperar la salud de la piel (Pino, 2013).

2.7 DEFINICIÓN DE HARINA

Revisando datos bibliográficos no se encontró una definición concreta de harina de hortalizas por lo cual se optó por utilizar como referencia la definición de harina de trigo según (Codex Alimentarius, 2013) el cual es: “Harina de trigo, es el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura”.

2.8 SECADO DE ALIMENTOS

El secado o deshidratación, es una técnica de conservación de alimentos cuyo objetivo principal es la disminución de la actividad del agua de los mismos. Desde la antigüedad se ha reconocido que los alimentos; con mayor contenido en humedad son

los más perecederos de tal manera que el control del contenido en agua, es una herramienta para su conservación (Contreras, 2006).

El principal objetivo de la operación de secado, es aumentar la estabilidad, el proceso en sí provoca ciertos cambios en los alimentos que deben tenerse en cuenta (Contreras, 2006).

Los cambios químicos contribuyen a la calidad final tanto de los productos deshidratados como de sus equivalentes reconstituidos, en lo referente al color, sabor, textura, viscosidad, velocidad de reconstitución, valor nutritivo y estabilidad en el almacenamiento. El grado en que ocurren estos cambios depende de la composición del alimento y de la severidad del método de secado. Las reacciones de oscurecimiento pueden deberse a reacciones no enzimáticas, las cuales se aceleran cuando los alimentos se someten a altas temperaturas y el alimento posee una elevada concentración de grupos reactivos o pueden deberse a acciones enzimáticas (por lo que se suele inactivarlas mediante tratamientos de escaldado) (Contreras, 2006).

2.8.1 ESCALDADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

El escaldado de frutas y hortalizas consiste en la inmersión del producto en agua, la temperatura aplicada y duración; dependen de la especie y de su estado de madurez; y tamaño (Meyer y Paltrinieri, 1996).

El escaldado, se efectúa (Meyer y Paltrinieri, 1996) en atención a los siguientes objetivos:

- Inactivación de las enzimas.
- Ablandamiento del producto.
- Eliminación parcial de los gases intercelulares.
- Fijación y acentuación del color natural.
- Reducción parcial de los microorganismos presentes.
- Desarrollo del sabor característico.

La inactividad de las enzimas mejora la calidad del producto, reduciendo los cambios indeseables de sabor y color. Además, favorece la retención de algunas vitaminas como la vitamina C (Meyer y Paltrinieri, 1996). El tiempo de escaldado (FAO, 2013) de algunas hortalizas se muestra en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3
Tiempo de escaldado de algunas hortalizas

Productos	Tiempo de escaldado en agua a temperatura de ebullición (minutos)
Brócoli	3
Ejotes, porotos o judías verdes	3
Repollo o col en trozos	5
Zanahorias	5
Coliflor	3 (4 cucharaditas de sal)
Berza o col rizada	3
Elote o maíz choclero o dulce	7
Berenjena	4 (1/2 taza de jugo de limón)
Hortalizas de hoja	2
Champiñones	3 a 5
Chícharos o guisantes	2
Papas o patatas (recién cosechadas)	4 a 10
Calabaza de verano anaranjada de cáscara dura	2 a 3 o hasta consistencia blanda
Camote o boniato	15 a 20 o hasta consistencia blanda
Calabacitas o zuchinni o zapallito italiano o calabacín o vainita	3

Fuente: FAO, 2013

2.8.2 ENCOSTRAMIENTO Y PARDEAMIENTO

Muchos alimentos tienen una capa exterior de protección, que impide que su interior se seque por completo (Bermúdez y Maiz, 2004).

Luego que la humedad de la superficie de un alimento se ha retirado por evaporación, el nivel de secado depende de la velocidad con la que su humedad interna se dirige a la superficie, lo que varía de un producto a otro. Por ejemplo, a diferencia de los

materiales con almidón, los alimentos ricos en azúcares liberan más lentamente los niveles de humedad, por lo que necesitan más tiempo para su deshidratado. El tamaño también, es un factor a tomar en cuenta: mientras más pequeña sea la pieza de alimento que se va a deshidratar, menor será la distancia que debe recorrer la humedad interna para llegar a la superficie. Por ello, técnicas como el cortado y el rebanado pueden ser útiles (Bermúdez y Maiz, 2004).

Si se busca un producto de primera calidad, debe prestarse especial atención a los niveles de secado. La temperatura moderada y un alto grado de humedad dentro de la secadora favorecen el desarrollo de hongos, levaduras y bacterias. Si se toma en cuenta este aspecto, podría pensarse que cuanto más corto es el período de secado mejor son los resultados. Sin embargo, esto no se aplica para todos los alimentos: si se apresura el secado de productos ricos en almidones, por ejemplo, ocurre un fenómeno conocido como encostramiento (Bermúdez y Maiz, 2004).

El encostramiento se produce cuando el agua que hay dentro del alimento no puede salir debido a la velocidad con que se ha secado la superficie. Así, el proceso de secado puede verse interrumpido si la superficie del alimento se seca por completo, creando una costra que evita que la humedad que estaba emergiendo continúe su curso (Bermúdez y Maiz, 2004).

En otros casos, aumentar la temperatura para intensificar el proceso de secado destruye las vitaminas, lo que origina la pérdida de color, sabor y la ruptura del alimento. La decoloración suele ocurrir tanto durante las fases preliminares como en las del secado propiamente dicho. Así, se produce el pardeamiento causado por reacciones químicas y bioquímicas o por sobrecalentamiento (Bermúdez y Maiz, 2004).

Es más factible que el pardeamiento producido por reacción química, se presente entre las azúcares y las proteínas. Esta coloración, además, es necesaria en la producción de ciertos alimentos de primera calidad (Bermúdez y Maiz, 2004).

El pardeamiento bioquímico, es causado por la secreción de enzimas de las células de la planta y su consecuente reacción con otros químicos naturales presentes en el alimento (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE SECADO

Los conceptos básicos de secado, se detallan a continuación.

2.8.3.1 HUMEDAD LIBRE

Es la humedad en exceso que contiene un sólido sobre la humedad de equilibrio en condiciones dadas de temperatura y de humedad (Bermúdez y Maiz, 2004).

Sólo la humedad libre puede ser evaporada, y lógicamente depende de la concentración del contenido de humedad (A través de la humedad de equilibrio) (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.2 HUMEDAD LIGADA

Es aquella humedad que en un sólido ejerce una presión de vapor menor que la del agua pura a una temperatura dada. Esta humedad puede tratarse de aquella contenida dentro de las paredes celulares, pequeños capilares o grietas, por solución homogénea dentro del sólido y por adsorción química o física en la superficie del sólido (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.3 HUMEDAD NO LIGADA

En un material higroscópico, la humedad en exceso por encima de la humedad de equilibrio y que ejerce una presión de vapor igual a la del agua pura a la misma temperatura (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad de un producto puede expresarse sobre la base del peso húmedo, es decir la masa de agua por unidad de masa de producto húmedo. Otra manera de expresar el contenido de humedad es en base al peso seco, es decir la masa de agua por unidad de masa de componentes sólidos desecados (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.5 CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE HÚMEDA

Representa la humedad en un material como un porcentaje del peso del sólido húmedo. Se expresa como kg agua /kg de material húmedo (kg sólido seco/kg agua) (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.6 CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA

Se expresa como kg agua/kg sólido seco (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.7 HUMEDAD CRÍTICA

Es el contenido de humedad promedio cuando la tasa de secado constante termina y comienza la tasa de secado decreciente (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.8 HUMEDAD DE EQUILIBRIO

La humedad contenida en un sólido húmedo en una solución ejerce una presión de vapor dependiente de la naturaleza de la humedad, de la naturaleza del sólido y de la temperatura. Si el sólido húmedo se expone a una corriente de gas con una presión parcial de vapor, el sólido perderá humedad por evaporación, o la ganará a expensas del gas hasta que la presión de vapor de la humedad del sólido iguale a la presión parcial de dicha corriente gaseosa (Bermúdez y Maiz, 2004).

El sólido y el gas se encuentran en equilibrio, y la humedad del sólido se denomina humedad de equilibrio. No es posible predecir el contenido de humedad de equilibrio de diversos materiales, por lo que se hace necesario determinarlo por vías experimentales. De la misma manera, en muchos casos resulta indispensable obtener algunas mediciones experimentales de las velocidades de secado. Para un mismo sólido la humedad de equilibrio disminuye con la temperatura. La humedad de equilibrio de un sólido es independiente de la naturaleza del gas seco, siempre que este sea inerte respecto del sólido, tanto seco como cuando va acompañado del vapor condensable. Lógicamente, la humedad de equilibrio sí depende de la naturaleza del vapor que los humedece (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.9 MATERIAL HIGROSCÓPICO

Es aquel tipo de material que puede contener humedad ligada (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.10 MATERIAL NO HIGROSCÓPICO

Es aquel tipo de material que puede contener humedad no ligada (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.11 PERIODO DE SECADO CONSTANTE

Es el período de secado durante el cual la remoción de agua por unidad de área de secado, es constante (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.12 PERIODO DE SECADO DECRECIENTE

Es el período de secado en el cual la tasa de secado instantánea decrece continuamente (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.3.13 FLUJO CAPILAR

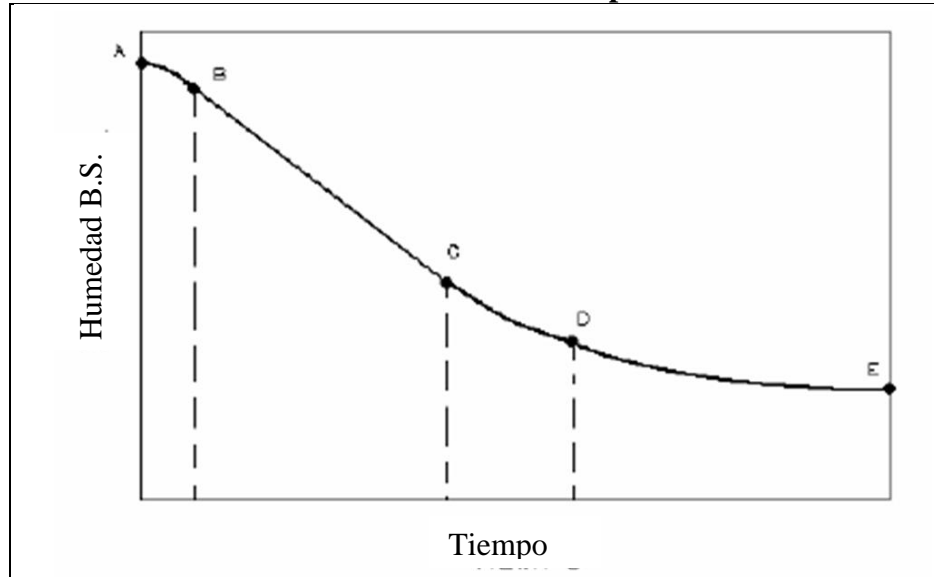
Es el flujo de líquido a través de los intersticios por encima de la superficie del sólido, causado por la atracción molecular líquido-sólido (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.4 VELOCIDAD DE SECADO

Al desecar un sólido húmedo con aire caliente, el aire aporta el calor sensible y el calor latente de la evaporación de la humedad y también actúa como gas portador para eliminar el vapor de agua que se forma en la superficie de evaporación (Bermúdez y Maiz, 2004).

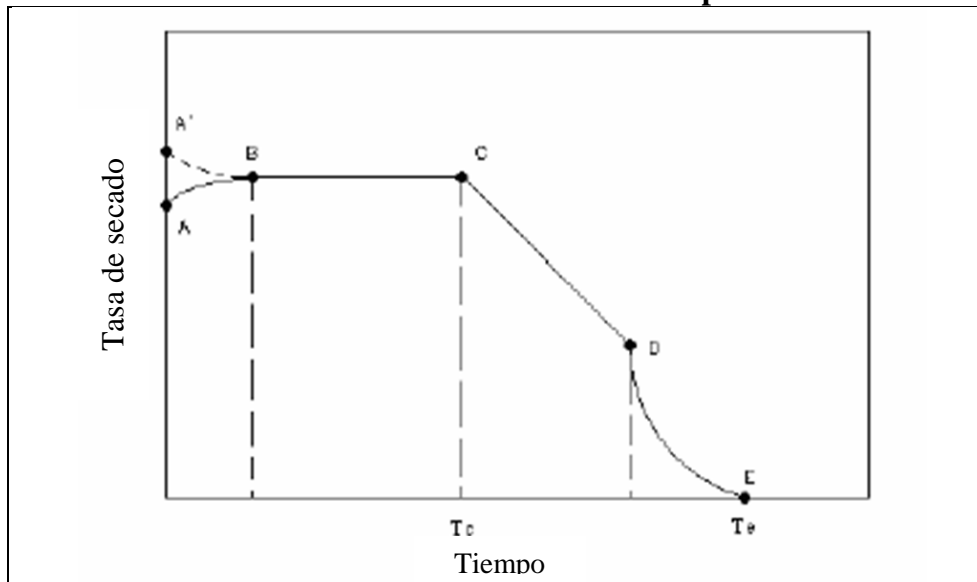
Las curvas típicas de secado son: humedad versus tiempo (figura 2.7), velocidad de secado versus tiempo (figura 2.8) y velocidad de secado versus humedad (figura 2.9), para condiciones de secado constantes (Bermúdez y Maiz, 2004).

Figura 2.7
Humedad versus tiempo



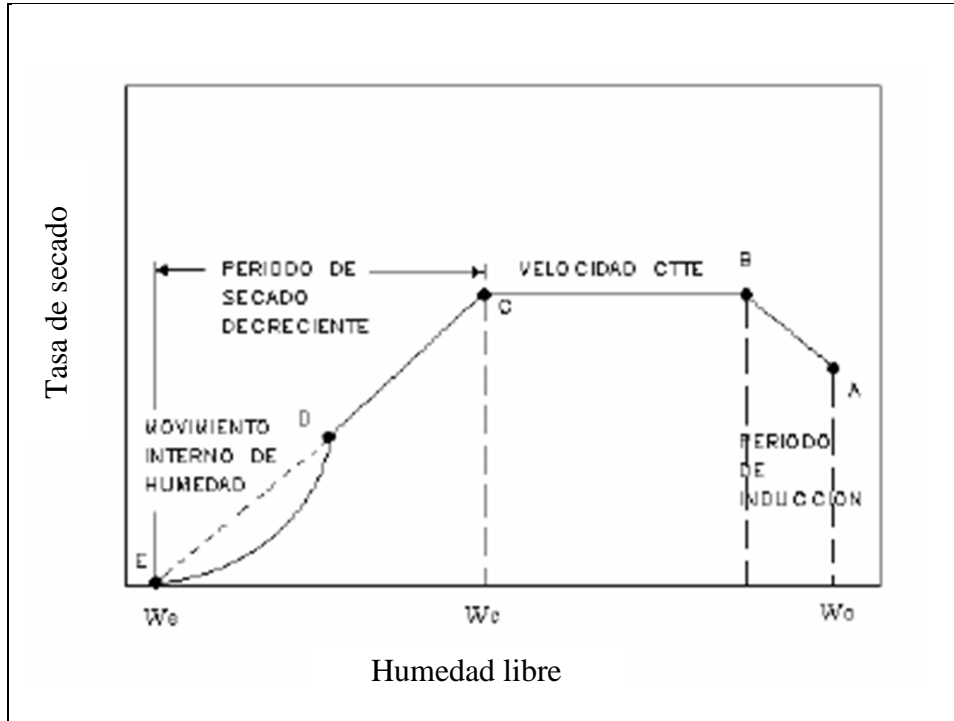
Fuente: Bermúdez y Maiz, 2004)

Figura 2.8
Velocidad de secado versus tiempo



Fuente: Bermúdez y Maiz, 2004

Figura 2.9
Velocidad de secado versus humedad



Fuente: Bermúdez y Maiz, 2004

Si se empieza con un tiempo cero, el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto **A**. Al principio, el sólido suele estar a una temperatura inferior a la que tendrá al final y la velocidad de evaporación irá en aumento. Al llegar al punto **B**, la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio. Este período inicial de ajuste o “estabilización” con estado inestable suele ser bastante corto y generalmente se ignora en el análisis de los tiempos de secado. La curva de la figura es recta entre los puntos **B** y **C**, por lo que la pendiente y la velocidad son constantes durante este período. A esta zona se le conoce como región de velocidad de secado constante. En el punto **C** de la gráfica, la velocidad de secado comienza a disminuir durante el período de velocidad decreciente, hasta llegar al punto **D**. Finalmente, en el punto **D**, la velocidad de secado disminuye con más rapidez aún, hasta que llega al punto **E**, donde ya no es apreciable (Bermúdez y Maiz, 2004).

Durante el período de secado constante, la superficie del sólido está muy mojada y sobre ella existe una película de agua. Esta capa de agua, llamada humedad no ligada, está siempre sin combinar y actúa como si el sólido no estuviera presente (Bermúdez y Maiz, 2004).

Si el sólido es poroso, la mayor parte del agua que se evapora durante el período de velocidad constante proviene del interior del sólido. Este período continuará mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la que se evapora (Bermúdez y Maiz, 2004).

Durante esta fase, la velocidad de secado depende de la velocidad de transferencia de calor a la superficie de desecación. La velocidad de transferencia de masa se equilibra con la velocidad de transferencia de calor, de forma que la temperatura en la superficie de secado se mantiene constante, tal como ocurre con la temperatura de la camisa de un termómetro de bulbo húmedo (Bermúdez y Maiz, 2004).

El punto **C** de la gráfica corresponde a la situación en la cual no hay suficiente agua en la superficie para mantener una película continua. La superficie ya no está totalmente mojada, y la porción mojada comienza a disminuir durante este período y como la velocidad de secado es función del área total, esta velocidad decrecerá, aunque la velocidad de secado por unidad de área permanezca constante. El contenido de humedad en el punto **C** se conoce como humedad crítica, y el período que continúa a partir de ese punto se conoce como período de velocidad decreciente. La naturaleza del movimiento de humedad desde el interior del sólido hacia la superficie influye el comportamiento del sólido en el período de secado decreciente. Existen varios mecanismos que rigen el control de migración de humedad en el período decreciente de humedad. Los más importantes son difusión, capilaridad y gradiente de presión causado por el encogimiento del sólido (Bermúdez y Maiz, 2004).

En el primer período de velocidad decreciente, que se conoce como período de secado de superficie no saturada, la velocidad de secado decrece linealmente con respecto al contenido de humedad. Este período puede estar o no presente en el proceso, o puede representar todo el período de velocidad decreciente dependiendo del tipo de material. El segundo período de velocidad decreciente, que se conoce como período de difusión, empieza en el punto **D**. El plano de evaporación comienza a desplazarse con lentitud por debajo de la superficie. El calor para la evaporación se transfiere a través del sólido hasta la zona de vaporización. El agua vaporizada atraviesa el sólido para llegar hasta la corriente de aire hasta que se alcanza la humedad de equilibrio. Es posible que la cantidad de humedad que se elimina durante el período de velocidad decreciente sea pequeña, no obstante, el tiempo requerido puede ser largo (Bermúdez y Maiz, 2004).

2.8.4.1 LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE SECADO

- Naturaleza del material: Resulta evidente que se obtendrán curvas distintas dependiendo de las características del material a secar (Bermúdez y Maiz, 2004).
- Temperatura del aire: Cuanto mayor sea la temperatura del aire de secado (manteniendo constante el resto de las variables), mayor será la velocidad de secado, y las curvas presentarán mayor pendiente (Bermúdez y Maiz, 2004).
- Velocidad másica del aire: Con este parámetro se pueden presentar dos tipos de comportamiento. En el primero la velocidad de secado es directamente proporcional a la velocidad del aire. En el segundo caso, la velocidad de secado es prácticamente independiente de la velocidad del aire, lo que indica que en este caso la etapa controlante es la transferencia de materia a través del sólido, que lógicamente no se ve afectada por la velocidad del aire (Bermúdez y Maiz, 2004).

- Humedad absoluta del aire: Al aumentar la humedad absoluta del aire disminuye lógicamente, la velocidad de secado, al hacerlo la fuerza impulsora en la fase gas (Bermúdez y Maiz, 2004).
- Tamaño de partícula del sólido: Si las características del sólido permiten obtener partículas uniformes, al variar el tamaño se puede observar que la velocidad de secado aumenta al disminuir el tamaño de la partícula. Si se trata de un sólido que no permite obtener tamaños uniformes, la influencia de la profundidad del lecho es similar a la anteriormente comentada. Al aumentar la altura del lecho disminuye la velocidad de secado (Bermúdez y Maiz, 2004).

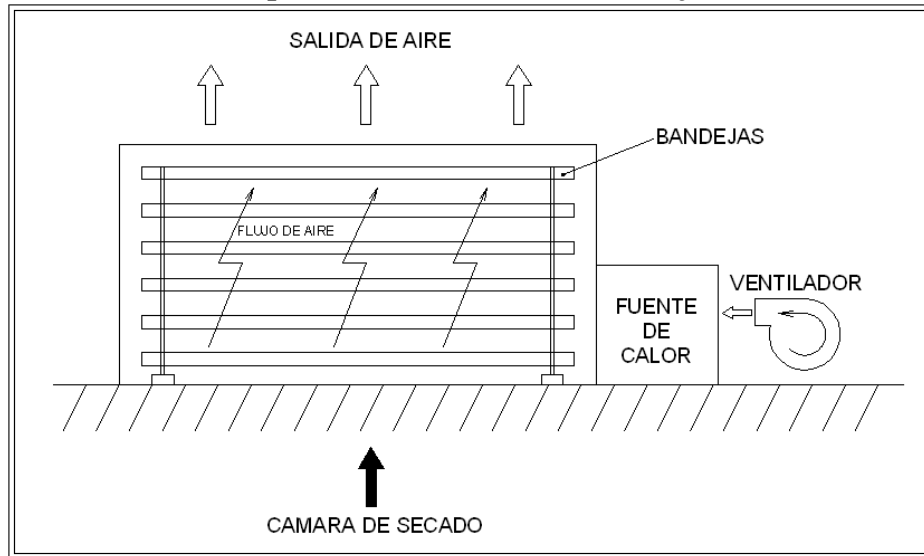
2.8.5 SECADOR DE BANDEJAS

Un secador de bandejas (figura 2.10), esencialmente consiste en una cabina aislada provista exteriormente de un ventilador para circular aire a través de un calentador; el aire caliente sale verticalmente a través de las bandejas perforadas cargadas del alimento (Calle y Aparicio, 2011).

Estos secaderos pueden disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire nuevo y la cantidad de aire de recirculación. Los calentadores del aire pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o, en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica (Calle y Aparicio, 2011).

Generalmente, en los sistemas de cabina, se utilizan velocidades del aire entre 2 a 5 m/seg, para los de flujo transversal y de 0,5 a 1,25 m/seg, en los de flujo ascendente por cada metro cuadrado de bandeja (Calle y Aparicio, 2011).

Figura 2.10
Esquema de un secador de bandejas



Fuente: Calle y Aparicio, 2011

3.1 INTRODUCCIÓN

La parte experimental del trabajo “Obtención de harina de zapallo (*Cucúrbita Máxima*), se realizó en el Laboratorio de Secado y Laboratorio Taller de Alimentos (LTA); dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

Los equipos y materiales que se utilizó en el presente trabajo, se describen a continuación:

3.2.1 SECADOR DE BANDEJAS

Este equipo secador de bandejas (figura 3.1), se encuentra en el Laboratorio de Secado que cuenta con un generador de aire. Sus características técnicas, se detallan en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1
Características técnicas del secador de bandejas

Marca	ESZTERGOM
Industria	Húngari
Tipo	1231 SZ- 1
Tensión	220 V
Potencia total	2200 W
Capacidad	6 bandejas
Dimensiones internas	1,17 m de alto 67,5 cm de largo 70,0 cm de profundidad

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.1
Secador de bandejas



Fuente: Elaboración propia

3.2.2 GENERADOR DE AIRE

Se utilizó un generador eléctrico (figura 3.2) para introducir aire del medio ambiente hacia el secador de bandejas con un sistema constante de circulación.

Figura 3.2
Generador de aire



Fuente: Elaboración propia

3.2.3 PSICRÓMETRO

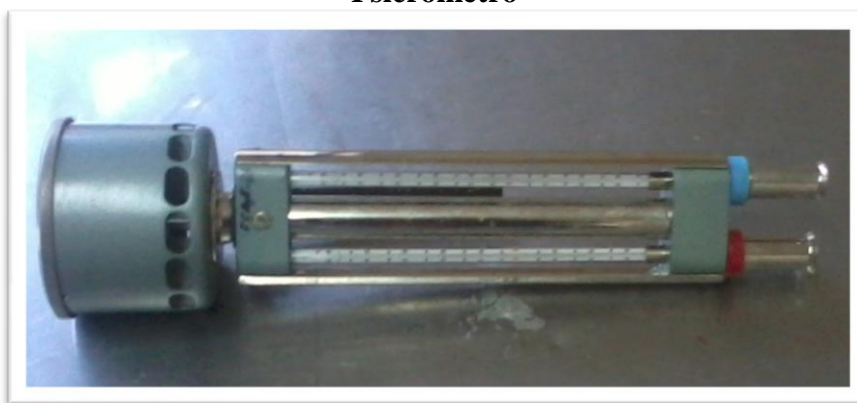
Este instrumento (figura 3.3) cuenta con dos termómetros de mercurio, los cuales se utilizan para medir la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo. Las especificaciones técnicas, se detallan en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2
Especificaciones técnicas del psicrómetro

Marca	KRAKOW
Tipo	TZ-9 N°30178
Escala del termómetro de bulbo seco	-34 °C a 50 °C
Escala del termómetro de bulbo húmedo	-36 °C a 50 °C

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3
Psicrómetro



Fuente: Elaboración propia

3.2.4 BALANZA ANALÍTICA

Este equipo (figura 3.4), se encuentra en el Laboratorio de Secado. Las especificaciones técnicas, se muestran en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3
Especificaciones técnicas de la balanza analítica

Marca	METTLER TOLEDO PB 1502	
Capacidad	Máxima 1510 g	e 0,1 g
	Mínima 0,5 g	d 10 mg
Potencia	5 W	
Frecuencia	50 / 60 Hz	

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4
Balanza analítica digital



Fuente: Elaboración propia

3.2.5 MOLINO PARA GRANOS

El molino de granos (figura 3.5), se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Figura 3.5
Molino para granos



Fuente: Elaboración propia

3.2.6 MOLINO ELÉCTRICO DE MARTILLOS

Este equipo (figura 3.6), se encuentra en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Las especificaciones técnicas, se detallan en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4
Especificaciones técnicas del molino eléctrico de martillos

Marca	LABORATORY MILL
N°	030176
Tipo	120
Tensión	(220 – 240) V
Frecuencia	50 Hz
Potencia	750 W
Velocidad	2700 rpm

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6
Molino eléctrico de martillos



Fuente: Elaboración propia

3.2.7 SELLADORA ELÉCTRICA

La selladora eléctrica (figura 3.7), se utilizó para sellar los envases de polipropileno. Sus especificaciones técnicas, se detallan en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5
Especificaciones técnicas de la selladora eléctrica

Marca	ELECTRONICA VH 2001
Tensión	220 V
Frecuencia	50 Hz
Potencia	250 W

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7
Selladora eléctrica



Fuente: Elaboración propia

3.2.8 COCINA INDUSTRIAL DE DOS HORNALLAS

Este equipo, se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA). Se utilizó para el proceso de tratamiento térmico de las muestras de zapallo (figura 3.8).

Figura 3.8
Cocina industrial de dos hornallas



Fuente: Elaboración propia

3.2.9 MATERIALES DE LABORATORIO Y UTENSILIOS DE COCINA

Los materiales de laboratorio (figura 3.9) y utensilios de cocina (figura 3.10) que se utilizaron en el presente trabajo, son detallados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1
Materiales de laboratorio y utensilios de cocina

Materiales de laboratorio	Capacidad	Tipo de material
Termómetro	0-100 °C	Bulbo de mercurio
Mortero	Mediano	Porcelana
Tamiz N° 80	Mediano	Bronce
Tamiz N° 50	Mediano	Bronce
Wernier	0-25 cm	Acero inoxidable
Pipeta graduada	1 ml	Vidrio
Pipeta graduada	5 ml	Vidrio
Matraz aforado	100 ml	Vidrio
Tubos de ensayo	Mediano	Vidrio
Probeta	Mediano	Vidrio
Piseta	Mediano	Plástico
Utensilios de cocina	Capacidad	Tipo de material
Cortador tipo cuchilla de paso regulable	Mediano	Acero inoxidable
Tablas de picar	Mediano	Plástico
Ollas	Medianas	Acero inoxidable
Fuentes	Medianos	Acero inoxidable
Fuentes	Medianos	Plástico
Cuchillo	Mediano	Acero inoxidable
Cuchara	Mediano	Acero inoxidable
Colador	Mediano	Aluminio
Jarras	1L	Plástico
Mallas		Madera y plástico

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9
Materiales de laboratorio



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10
Utensilios de cocina



Fuente: Elaboración propia

3.2.10 REACTIVOS QUÍMICOS

En el tabla 3.2, se detallan las sustancias químicas (figura 3.11) utilizadas para el proceso de tratamiento térmico de las muestras de zapallo.

Tabla 3.2
Reactivos químicos para el proceso de tratamiento térmico

Sustancias	Concentración	Estado
Guayacol	1%	Solución
Alcohol etílico	95%	Líquido
Peróxido de hidrogeno	1 %	Líquido
Agua destilada	-----	Líquido

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11
Reactivos químicos

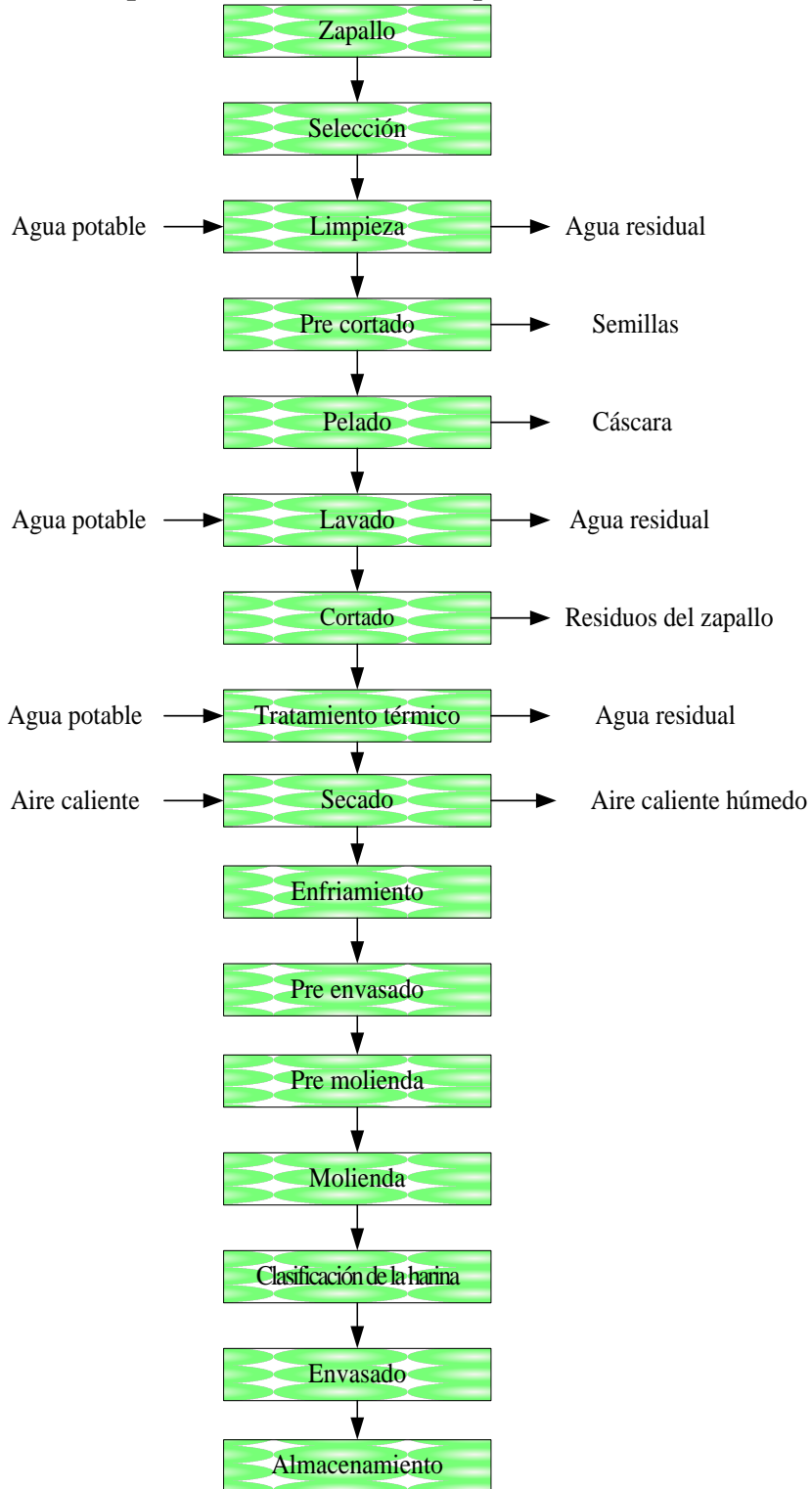


Fuente: Elaboración propia

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

En la figura 3.12, se muestra en diagrama de flujo para obtener harina de zapallo (*Cucúrbita Máxima*).

Figura 3.12
Proceso para obtener harina de zapallo (*Cucúrbita Máxima*)



Fuente: Elaboración propia

3.3.1 ZAPALLO

El zapallo que se utilizó para realizar la parte experimental es de la especie *Cucúrbita Máxima* variedad criollo (figura 3.13), que fue adquirido del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija.

Figura 3.13
Zapallo especie *Cucúrbita Máxima* variedad criollo



Fuente: Elaboración propia

3.3.2 SELECCIÓN

La selección consistió en clasificar los zapallos por observación visual directa; separando aquellos que se encuentran con magulladuras y/o podridos (mohos en la superficie de la cáscara) y los cuales fueron rechazados.

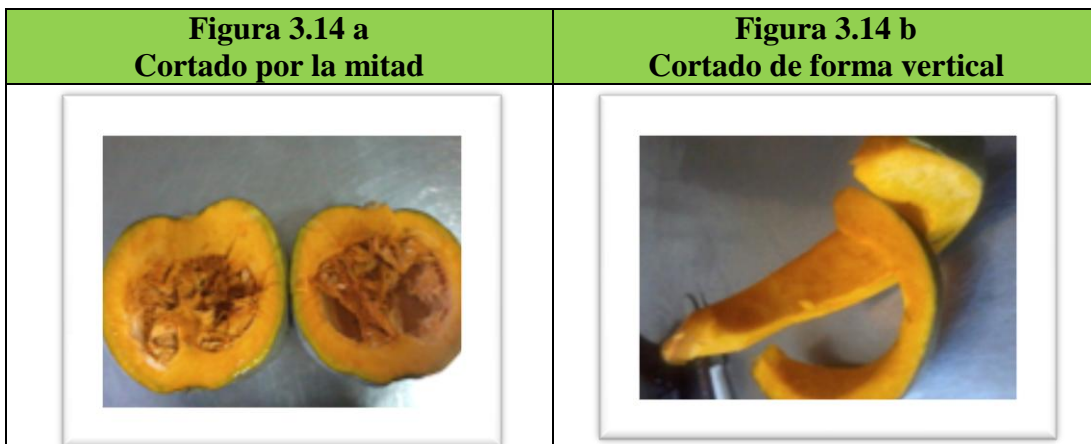
3.3.3 LIMPIEZA

El proceso de limpieza, consistió en colocar el zapallo en un recipiente de plástico en forma manual y en el cual se utilizó agua potable para eliminar tierra; y otras impurezas que se encontraban adheridas en la superficie del endocarpio.

Posteriormente, la hortaliza se colocó en un colador mediano de acero inoxidable con el fin de eliminar el exceso de agua en la superficie.

3.3.4 PRE-CORTADO

El proceso de pre-cortado, se realizó en forma manual utilizando un cuchillo de acero inoxidable y por el cual se cortó el zapallo por la mitad en dos piezas (figura 3.14 a). Posteriormente, se continuó cortando de forma vertical siguiendo las hendiduras de la hortaliza (figura 3.14 b) y de esta forma también se facilitó la eliminación del endocarpio y semillas que se encuentran en el centro de la hortaliza.



Fuente: Elaboración propia

3.3.5 PELADO

El pelado del zapallo, se realizó de forma manual con un cuchillo de acero inoxidable, consistió en separar la cáscara de la superficie de la hortaliza con cortes profundos; ya que la cáscara es gruesa (figura 3.15).

Figura 3.15
Pelado del zapallo



Fuente: Elaboración propia

3.3.6 LAVADO

El lavado de la pulpa de zapallo, se realizó de forma manual en un recipiente con agua potable para eliminar impurezas que haya quedado adherido a la pulpa (figura 3.16).

Figura 3.16
Lavado del zapallo



Fuente: Elaboración propia

3.3.7 CORTADO

Una vez realizado el lavado de la pulpa de zapallo, se procedió al cortado y el cual se realizó de forma manual en un recipiente de plástico mediano con la ayuda de un rallador y cortador tipo cuchilla de acero inoxidable. El cortado, se realizó tres formas diferentes:

- Ralla grande (figura 3.17 a) consistió en raspar la pulpa de zapallo de forma vertical por la abertura de 5 mm de ancho del rallador.
- Ralla pequeña (figura 3.17 b) consistió en raspar la pulpa de zapallo de forma vertical por la abertura de 3 mm de ancho del rallador.
- Rodajas (figura 3.17 c) consistió en cortar la pulpa de zapallo de forma vertical para obtener rodajas de 2 mm de espesor con la ayuda de un cortador tipo cuchilla regulable.

Figura 3.17 a
Tipo de corte ralla grande

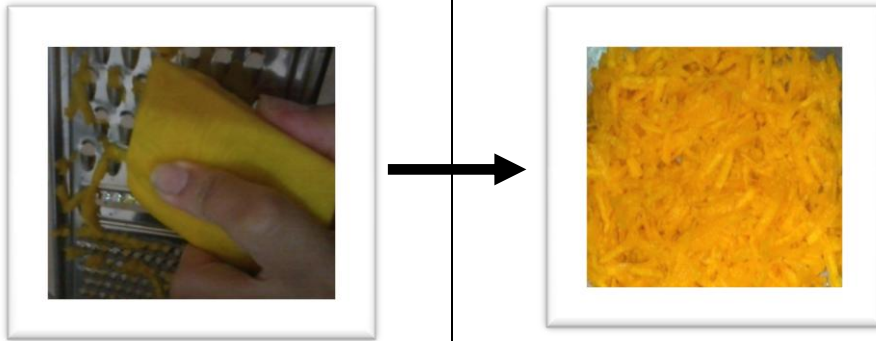


Figura 3.17 b
Tipo de corte ralla pequeña

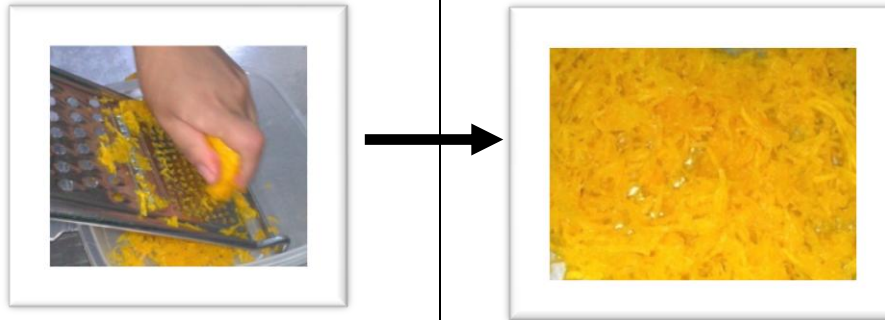
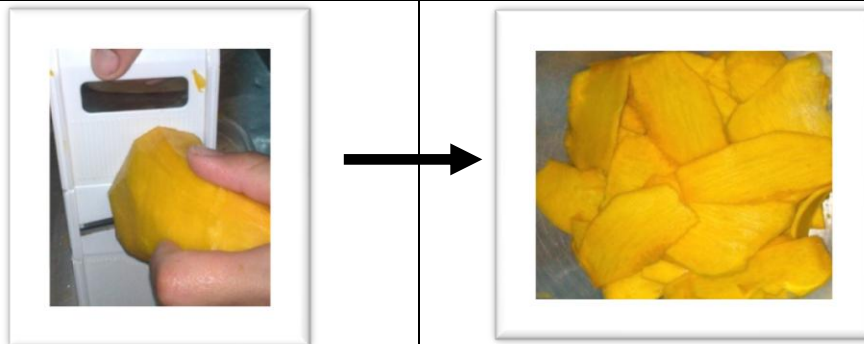


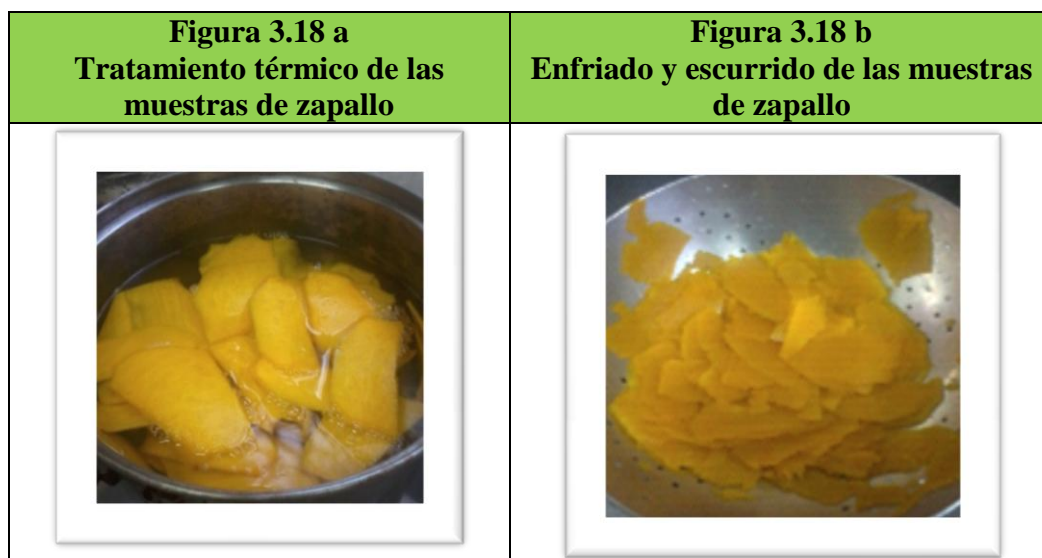
Figura 3.17 c
Tipo de corte rodajas



Fuente: Elaboración propia

3.3.8 TRATAMIENTO TÉRMICO

El tratamiento térmico de las muestras de zapallo, consistió en calentar el agua a temperatura de ebullición (92 °C); para luego introducir las muestras de zapallo en el recipiente de acero inoxidable (figura 3.18 a), por un tiempo (2 a 4) minutos para los tres tipos de corte (ralla grande, ralla pequeña y rodajas). Pasado el tiempo de tratamiento térmico, se procedió a llevar rápidamente las muestras en un colador de acero inoxidable a un chorro de agua fría para evitar el ablandamiento excesivo de las muestras de zapallo; así mismo se dejó escurrir el agua residual de las muestras de zapallo (figura 3.18 b) en el mismo recipiente.

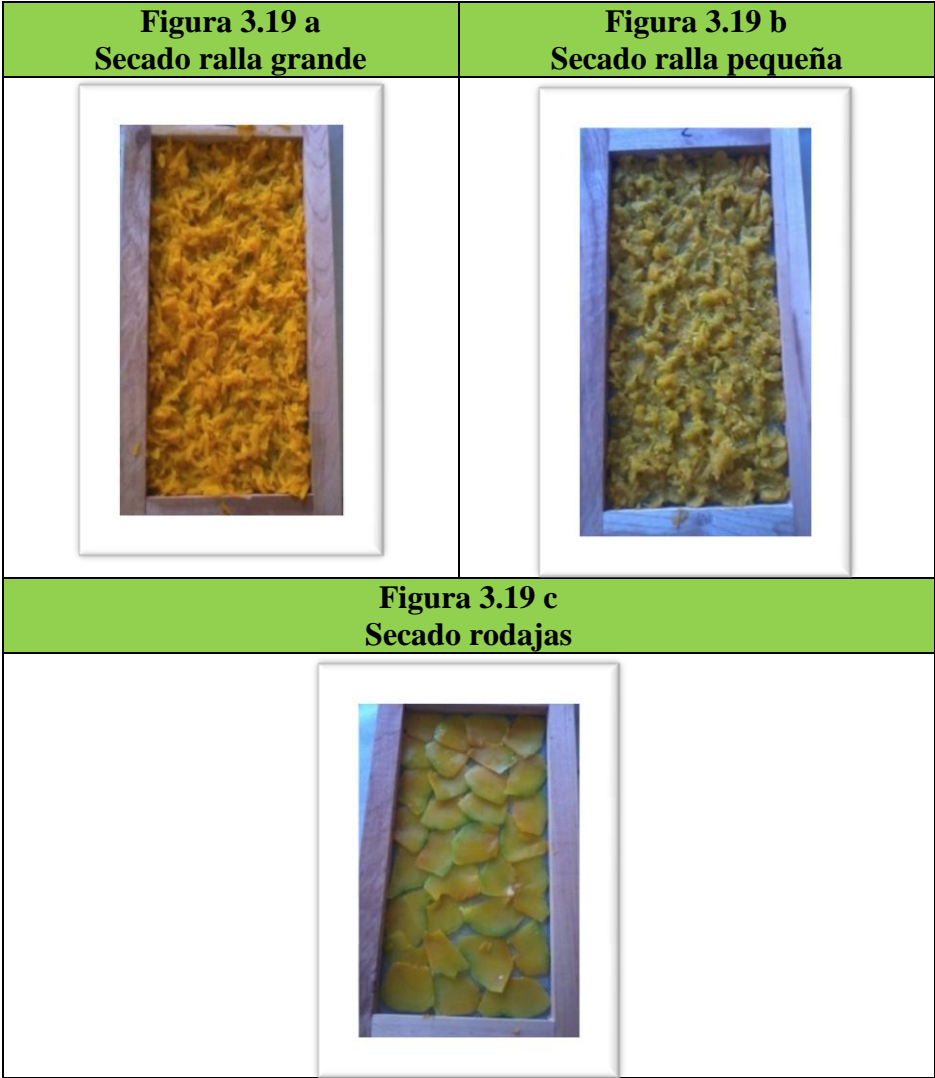


Fuente: Elaboración propia

3.3.9 SECADO

Para el secado de las muestras de zapallo, 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 zapallo ralla grande (figura 3.19 a), ralla pequeña (figura 3.19 b) y rodajas (figura 3.19 c) en bandejas previamente construidas de madera y malla milimétrica con dimensiones de 17x34 cm. Finalmente, se realizó el control de peso (bandeja más muestra) en una balanza analítica; para luego ser introducidas al secador y donde se controló la variación de peso por cada 30 minutos hasta tener peso final constante.



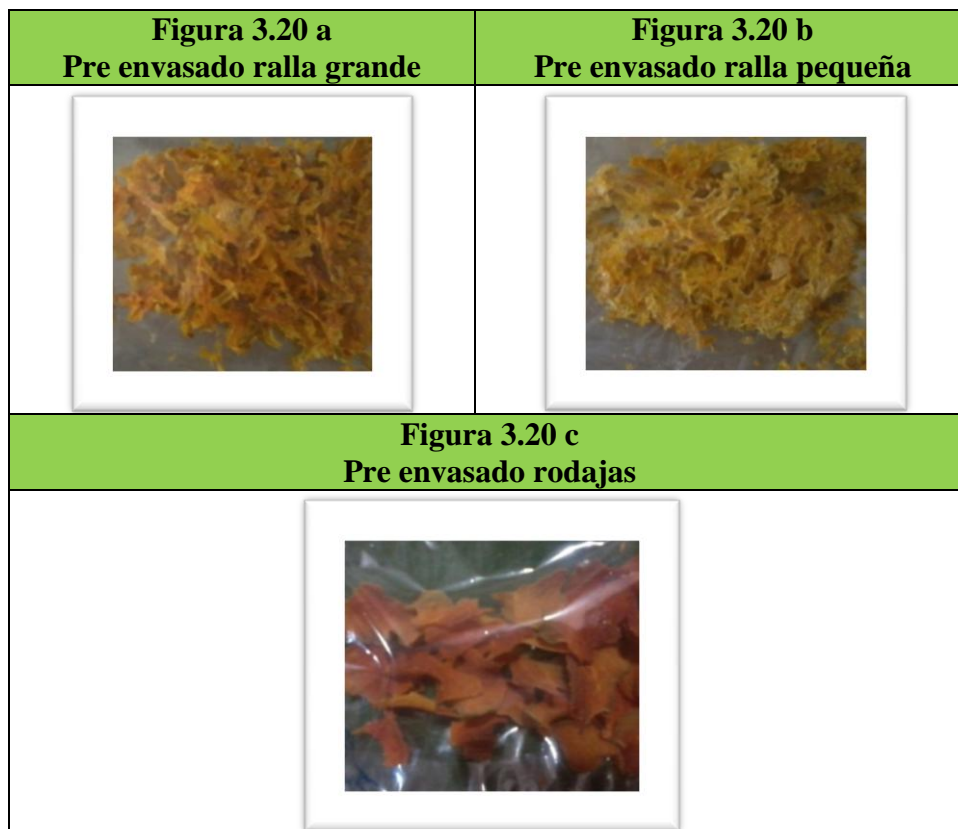
Fuente: Elaboración propia

3.3.10 ENFRIAMIENTO

Terminado el proceso de secado, se procedió a colocar las bandejas con las muestras de zapallo deshidratadas sobre una mesa de madera para que las mismas exuden y se enfríen hasta temperatura ambiente.

3.3.11 PRE ENVASADO

El proceso de pre envasado consistió en colocar las muestras deshidratadas (figura 3.20 a), (figura 3.20 b) y (figura 3.20 c) en bolsas de polipropileno de alta densidad de 35 micrones; previamente acondicionadas en tamaño de 12x15 cm; para luego ser selladas en una selladora eléctrica; con el fin de que las muestras no entren en contacto con la humedad del medio ambiente.



Fuente: Elaboración propia

3.3.12 PRE MOLIENDA

El proceso de pre molienda, consistió en llevar las muestras deshidratadas en forma manual al molino de grano; con el fin de disminuir el tamaño de las muestras para que estas sean introducidas de mejor manera al molino; y de esta manera evitar el excesivo calentamiento del equipo, por efecto de la molienda.

3.3.13 MOLIENDA

Consistió en llevar las muestras del proceso de pre molienda al molino eléctrico de martillos (figura 3.21); con el fin de disminuir el tamaño de granulometría para obtener harina. 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.

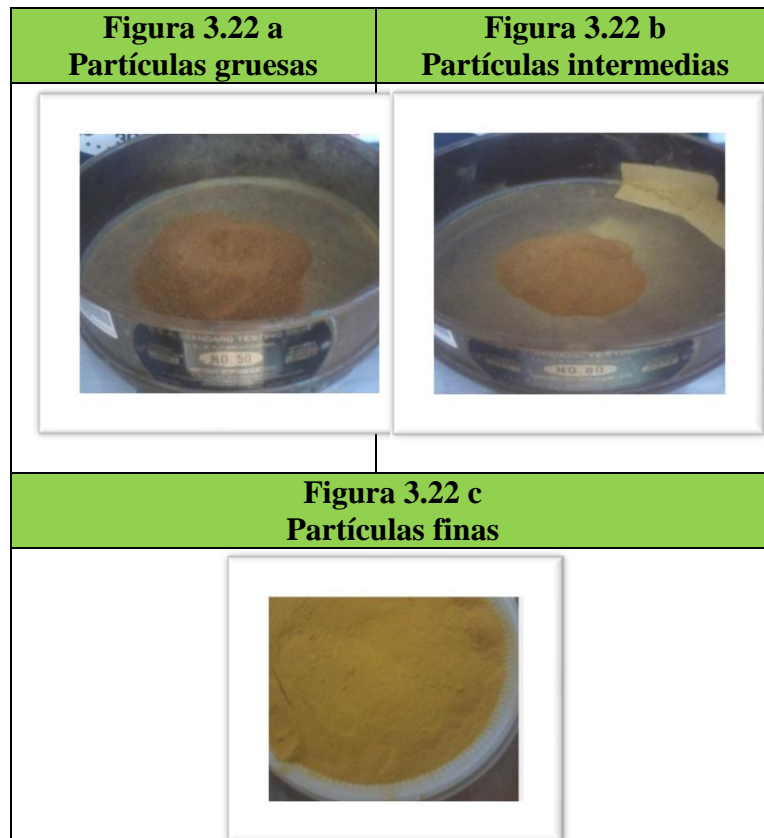
Figura 3.21
Molienda de las muestras de zapallo deshidratadas para obtener harina



Fuente: Elaboración propia

3.3.14 CLASIFICACIÓN DE LA HARINA DE ZAPALLO

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) (figura 3.22 a), N° 80 (0,18mm para partículas intermedias) (figura 3.22 b) y tamiz colector (para partículas finas) (figura 3.22 c), para un tiempo entre 5 a 10 minutos.



Fuente: Elaboración propia

3.3.15 ENVASADO

El proceso de envasado (figura 3.23), consistió en colocar las muestras de harina de zapallo manualmente en bolsas de polipropileno de alta densidad de 35 micrones; previamente acondicionadas en tamaño de 12x15cm. Para tal efecto, se tomó en cuenta los tres 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.

Figura 3.23
Envasado de la harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

3.3.16 ALMACENAMIENTO

El producto obtenido fue almacenado en cajas de cartón en condiciones normales de temperatura y humedad; con el fin de conservar su vida útil.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

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

3.4.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA

Se realizó la medida de las siguientes características físicas del zapallo:

- Peso (g)
- Diámetro (g)
- Altura (g)
- Porción comestible (%)
- Porción no comestible (%)

3.4.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA Y HARINA DE ZAPALLO

La determinación de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima y de la harina de zapallo, se realizaron 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 la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Propiedades fisicoquímicas de la materia prima y harina de zapallo

Parámetros	Técnicas	Unidades
Energía	Cálculo	Kcal
Humedad	NB 074 - 2000	%
Proteína total	NB 466 - 81	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Materia grasa	Enciclopedia Química Industrial	%
Fibra	Manual técnico CEANID	%
Cenizas	NB 075-74	%
Hierro total	Absorción atómica- llama	mg
Potasio	Absorción atómica- llama	mg
Acidez (ácido cítrico)	NB 486-84	%

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA HARINA DE ZAPALLO

El análisis microbiológico de la harina de zapallo, 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 la tabla 3.4.

Tabla 3.4
Propiedades microbiológicas de la harina de zapallo

Parámetros	Técnicas	Unidades
Mohos	NB 32006	ufc /g
Levaduras	NB 32006	ufc /g
Bacterias aerobios mesófilos	NB 32003	ufc /g

Fuente: Elaboración propia

3.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos. El análisis sensorial es aplicable en muchos sectores, tales como desarrollo y mejoramiento de productos, control de calidad, estudios sobre almacenamiento y desarrollo de procesos (Watts y col, 1992).

Si se desea obtener resultados confiables y válidos en los estudios sensoriales, el panel debe ser tratado como un instrumento científico. Toda prueba que incluya paneles sensoriales debe llevarse a cabo en condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados. Solamente de esta manera, el análisis sensorial podrá producir resultados consistentes y reproducibles (Watts y col, 1992).

3.5.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LAS MUESTRAS DE ZAPALLO

Para establecer el tiempo de tratamiento térmico de las muestras de zapallo, se realizó una evaluación sensorial en escala cuantitativa relativa (Anexo B.1) y compuesta por 26 jueces no entrenados que evaluaron el atributo color.

3.5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

En el proceso de secado para obtener harina de zapallo, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica (Anexo B.2) y compuesta por 26 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, aroma, textura y aspecto.

3.5.3 EVALUACIÓN SENSORIAL FINAL PARA DEFINIR LA MUESTRA DESHIDRATADA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

Para definir la muestra de zapallo deshidratado para obtener harina de zapallo, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica (Anexo B.3) y compuesta por 26 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, textura y aspecto.

3.5.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA CLASIFICAR GRANULOMETRICAMENTE LA HARINA DE ZAPALLO

Para la clasificación de la granulometría para harina de zapallo, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica (Anexo B.4) y compuesta por 26 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, textura y granulometría.

3.5.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL

Para las propiedades organolépticas del producto final, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica (Anexo B.5) y compuesta por 26 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, olor, aspecto y granulometría.

3.6 DISEÑO FACTORIAL

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

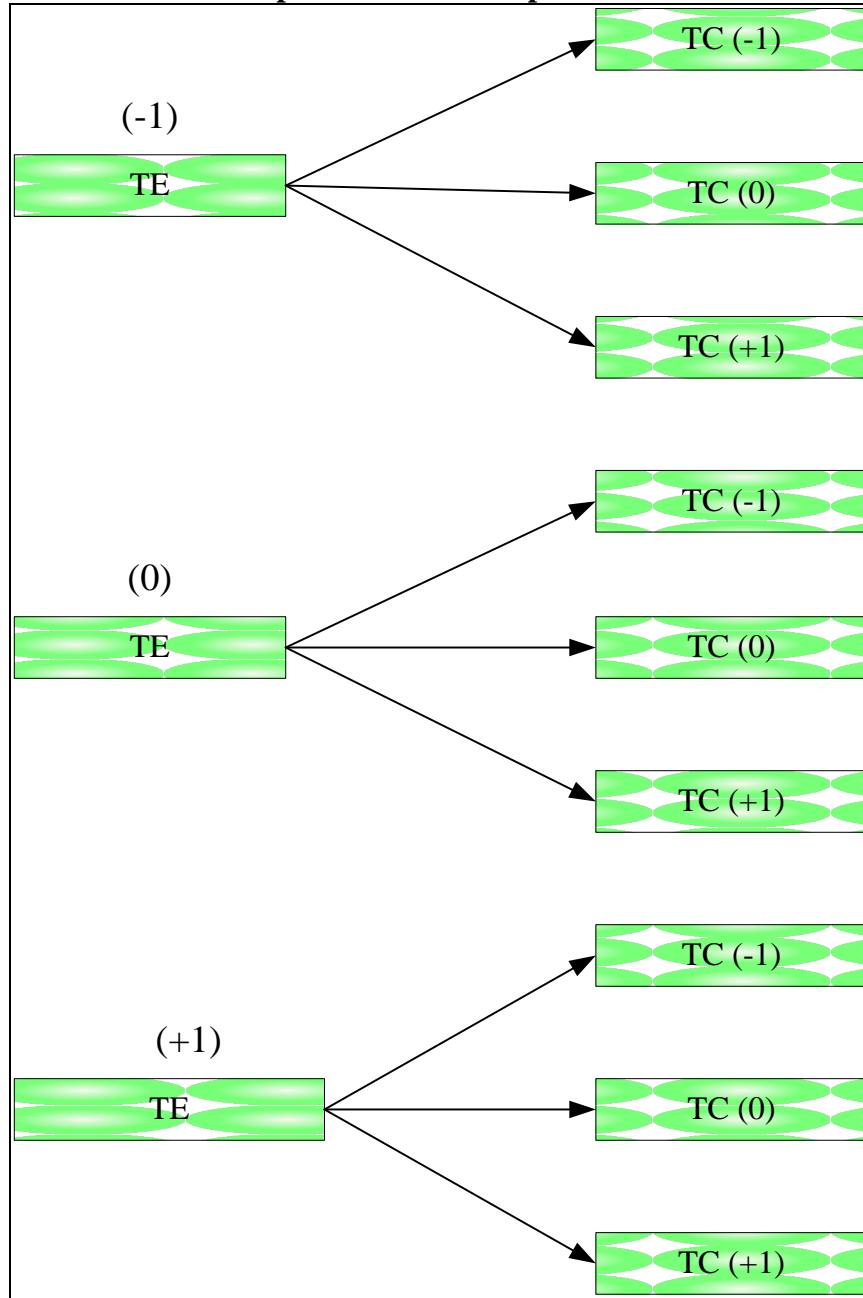
3.6.1 DISEÑO FACTORIAL 3^2

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).

3.6.2 DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

El diseño factorial que se realizó en el proceso de secado fue un diseño experimental de 3^2 . En la figura 3.24, se muestra el modelo de algoritmo factorial utilizado para las variables de secado para obtener harina de zapallo.

Figura 3.24
Algoritmo factorial en el proceso de secado para obtener harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

Donde:

TE = Temperatura de secado (°C)

TC = Tipo de corte de las muestras de zapallo

VARIABLE RESPUESTA

Tomando en cuenta como variable respuesta el contenido de humedad de las muestras de zapallo deshidratada (en base húmeda).

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Para la caracterización de la materia prima, se tomó en cuenta las propiedades físicas y fisicoquímicas del zapallo (*Cucúrbita Máxima*).

4.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ZAPALLO

La determinación de las propiedades físicas (tabla 4.1) del zapallo (*Cucúrbita Máxima*), se realizó con diez muestras tomadas al azar y aleatoriamente.

Tabla 4.1
Propiedades físicas del zapallo

Muestra	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Peso comestible (g)	Porción Comestible (%)	Peso no comestible (cascara) (g)	Porción no comestible (cascara) (%)	Peso no comestible (endocarpio y semilla) (g)	Porción no Comestible (endocarpio y semilla) (%)
1	30	66	3480	2480,00	71,26	400,00	11,49	600,00	17,24
2	37	71	5020	3883,97	77,37	660,00	13,15	476,03	9,48
3	22	46	1180	752,20	63,75	211,09	17,89	216,71	18,37
4	32	63	3460	2680,00	77,46	440,00	12,72	340,00	9,83
5	36	70	3600	2300,00	63,89	640,00	17,78	660,00	18,33
6	20	59	2780	1560,00	56,12	520,00	18,71	700,00	25,18
7	35	67	3320	2240,00	67,47	480,00	14,46	600,00	18,07
8	37	54	2820	1800,00	63,83	420,00	14,89	600,00	21,28
9	30	58	3840	2720,00	70,83	500,00	13,02	620,00	16,15
10	31	66	3080	2100,00	68,18	540,00	17,53	440,00	14,29
Promedio	31	62	3258	2251,62	68,02	481,11	15,16	525,27	16,82

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.1, muestra los resultados promedios de las propiedades físicas del zapallo: altura 31 cm, diámetro 62 cm, peso entero 3258g, peso de la parte comestible 2251,62 g; obteniendo una porción comestible de 68,02%. El peso de la cáscara de 481,11g; el endocarpio y semilla de 525,27g y nos da un porcentaje de porción no comestible del 31,98%.

4.1.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ZAPALLO

La tabla 4.2, muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico (Anexo A.1.1) del zapallo *Cucúrbita Máxima* como materia prima para obtener harina de zapallo.

Tabla 4.2
Propiedades fisicoquímicas del zapallo (*Cucúrbita Máxima*)

Componentes	Unidad	Cantidad
Energía	Kcal/100g	22,73
Humedad	%	93,09
Proteína	%	0,69
Hidratos de carbono	%	4,97
Materia grasa	%	0,01
Fibra	%	0,85
Cenizas	%	0,39
Hierro	mg/100g	0,90
Potasio	mg/100g	73,70
Acidez (ácido cítrico)	%	0,03

Fuente: CEANID, 2013

En la tabla 4.2, se puede observar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del zapallo: humedad del 93,09 %; proteína del 0,69%; hidratos de carbono 4,97 %; materia grasa 0,01%; fibra de 0,85%; cenizas de 0,39%; hierro 0,90mg/100g; potasio 73,70mg /100g; acidez de 0,03% y valor energético de 22,73 Kcal/100 g.

4.2 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE MUESTRAS DE ZAPALLO

Para determinar el tiempo de tratamiento térmico de muestras de zapallo, se utilizó la técnica de eficacia de blanqueo o escaldado citado por (Miller, 2013) (Anexo C). El tratamiento térmico del zapallo, 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 zapallo en agua a temperatura de ebullición (92 °C) y tiempo entre (2-4) minutos para tres diferentes tipos de corte y los cuales son detallados a continuación:

Rallas grandes:

RG1 = Tiempo de tratamiento térmico 2 minutos

RG2= Tiempo de tratamiento térmico 3 minutos

RG3 = Tiempo de tratamiento térmico 4 minutos

Rallas pequeñas:

RP1 = Tiempo de tratamiento térmico 2 minutos

RP2= Tiempo de tratamiento térmico 3 minutos

RP3 = Tiempo de tratamiento térmico 4 minutos

Rodajas:

R1 = Tiempo de tratamiento térmico 2 minutos

R2= Tiempo de tratamiento térmico 3 minutos

R3 = Tiempo de tratamiento térmico 4 minutos

De la misma forma, se realizó una evaluación sensorial cuantitativa relativa del atributo color para los tres diferentes tipos de corte en función de los tiempos 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 EN RALLAS GRANDES

En la (figura 4.1 a), (figura 4.1 b), (figura 4.1 c) y (figura 4.1 d), se muestran los resultados de la eficacia térmica para determinar el tiempo de tratamiento térmico de muestras de zapallo en rallas grandes.



Fuente: Elaboración propia

En la (figura 4.1 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 cero minutos. Así mismo, tiempo de dos minutos se observa la presencia de la enzima

(figura 4.1 b). Finalmente, en la (figura 4.1 c) tiempo tres minutos y (figura 4.1 d) tiempo 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 grandes de zapallo.

4.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN RALLAS GRANDES

La tabla 4.3, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color, para muestras de zapallo en rallas grandes y sometidas a un tratamiento térmico en agua a temperatura de ebullición de 92°C.

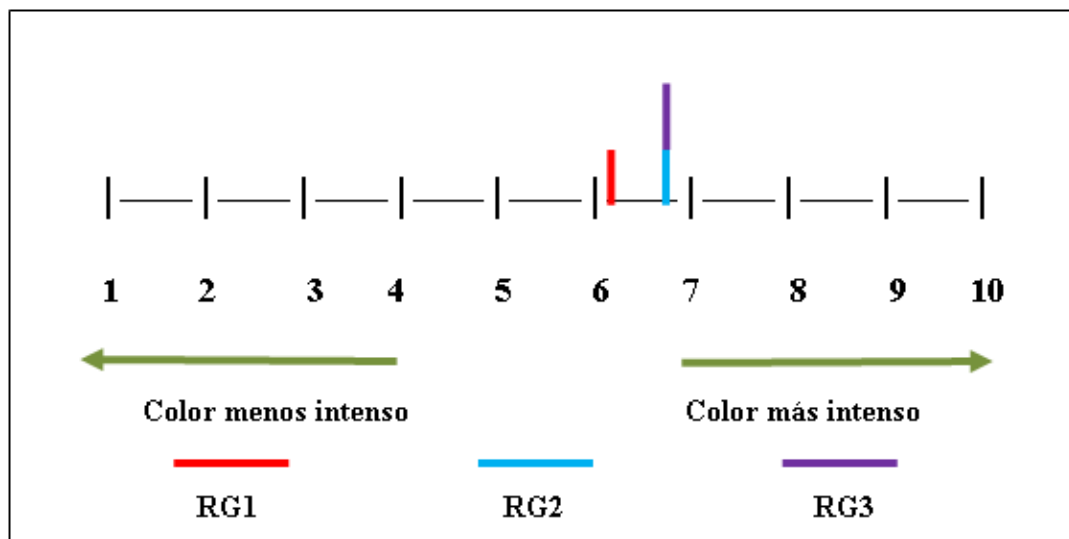
Tabla 4.3
Evaluación sensorial del atributo color para establecer el tiempo de tratamiento
térmico rallas grandes

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	RG1	RG2	RG3
1	6	5	8
2	7	6	8
3	5	6	5
4	9	8	7
5	6	8	7
6	4	8	6
7	7	8	7
8	4	6	3
9	4	8	8
10	7	9	8
11	8	8	9
12	7	9	8
13	5	5	8
14	7	5	9
15	5	8	4
16	5	4	8
17	8	6	9
18	6	8	5
19	9	8	6
20	3	7	6
21	8	9	7
22	9	6	7
23	6	8	7
24	6	9	6
25	6	4	7
26	6	5	8
Promedio	6,27	6,96	6,96

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.2, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala cuantitativa relativa; realizada en las muestras de zapallo rallas grandes de datos extraídos de la tabla 4.3.

Figura 4.2
Resultado promedio del atributo color para establecer el tiempo de tratamiento térmico en rallas grandes de zapallo







Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se observa que las muestras RG2 (6,96) y RG3 (6,96) tienen la misma puntuación promedio a diferencia de la muestra RG1; la cual tiene una puntuación menor (6,27). Por lo que, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra RG2 (6,96) con un 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 EN RALLAS PEQUEÑAS

En la (figura 4.3 a), (figura 4.3 b), (figura 4.3 c) y (figura 4.3 d), se muestran los resultados de la eficacia térmica para determinar el tiempo de tratamiento térmico de muestras de zapallo en rallas pequeñas.

<p>Figura 4.3 a Tratamiento térmico 0 minutos en rallas pequeñas</p>	<p>Figura 4.3 b Tratamiento térmico 2 minutos en rallas pequeñas</p>
	
<p>Figura 4.3 c Tratamiento térmico 3 minutos en rallas pequeñas</p>	<p>Figura 4.3 d Tratamiento térmico 4 minutos en rallas pequeñas</p>
	

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 cero minutos. Así mismo, tiempo de dos minutos se observa la presencia de la enzima (figura 4.3 b). Finalmente, en la (figura 4.3 c) tiempo de tres minutos y (figura 4.3 d) tiempo de cuatro minutos, se observa que se logra inactivar la enzima peroxidasa. Por lo tanto, se tomó en cuenta que tres minutos son suficiente para la inactivación de la enzima en rallas pequeñas de zapallo.

4.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN RALLAS PEQUEÑAS

La tabla 4.4, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color, para muestras de zapallo en rallas pequeñas y sometidas a un tratamiento térmico en agua a temperatura de ebullición de 92°C.

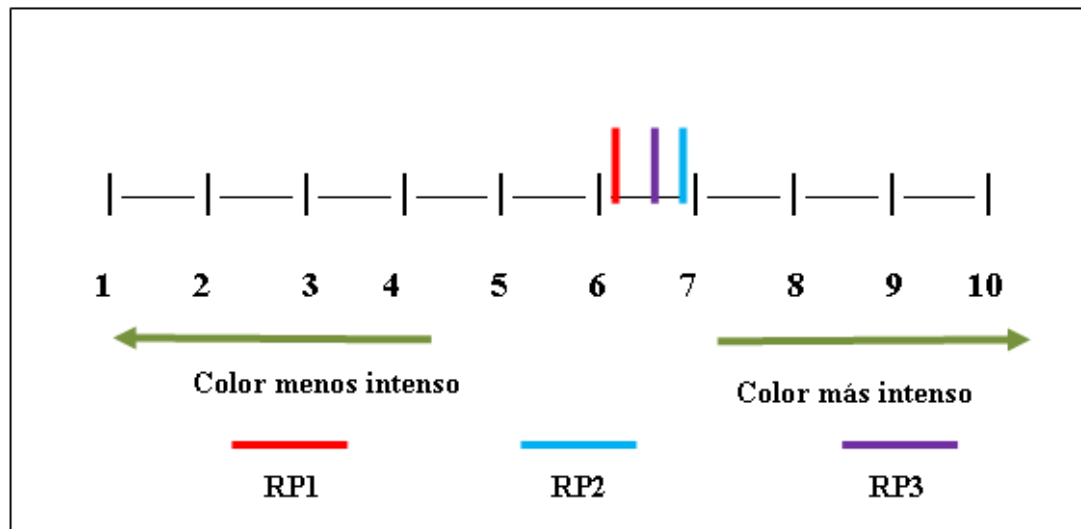
Tabla 4.4
Evaluación sensorial del atributo color para establecer el tiempo de tratamiento térmico rallas pequeñas

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	RP1	RP2	RP3
1	7	8	5
2	8	8	6
3	4	3	5
4	7	6	4
5	6	7	9
6	4	8	9
7	6	7	8
8	3	6	9
9	6	8	9
10	7	8	9
11	7	9	8
12	9	8	9
13	5	5	8
14	8	9	6
15	6	6	8
16	5	8	6
17	6	5	4
18	6	5	5
19	9	9	10
20	5	6	7
21	7	7	8
22	6	8	7
23	6	6	8
24	8	7	4
25	8	7	4
26	8	7	4
Promedio	6,42	6,96	6,88

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.2, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala cuantitativa relativa; realizada en las muestras de zapallo rallas pequeñas de datos extraídos de la tabla 4.4.

Figura 4.4
Resultado promedio del atributo color para establecer el tiempo de tratamiento térmico en rallas pequeñas de zapallo







Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se observa que la muestra RP2 (6,96) tiene mayor puntuación promedio en comparación con la muestra RP3 (6,88) y la muestra RP1 (6,42). Por lo que, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra RP2 (6,96) con un tiempo de tratamiento térmico de 3 minutos; ya que es suficiente para la inactivación de la enzima peroxidasa.

4.2.5 EFICACIA TÉRMICA PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN RODAJAS

En la (figura 4.5 a), (figura 4.5 b), (figura 4.5 c) y (figura 4.5 d), se muestran los resultados de la eficacia térmica para determinar el tiempo de tratamiento térmico de muestras de zapallo en rodajas.

<p>Figura 4.5 a Tratamiento térmico 0 minutos en rodajas</p>	<p>Figura 4.5 b Tratamiento térmico 2 minutos en rodajas</p>
	
<p>Figura 4.5 c Tratamiento térmico 3 minutos en rodajas</p>	<p>Figura 4.5 d Tratamiento térmico 4 minutos en rodajas</p>
	

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 cero minutos. Así mismo, tiempo de dos minutos, se observa la presencia de la enzima (figura 4.5 b). Finalmente, en la (figura 4.5 c) tiempo de tres minutos y (figura 4.5 d) tiempo 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 la inactivación de la enzima en rodajas de zapallo.

4.2.6 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN RODAJAS

La tabla 4.5 muestra los resultados obtenidos de la evaluación del atributo color, para muestras de zapallo en rodajas y sometidas a un tratamiento térmico en agua a temperatura de ebullición de 92°C.

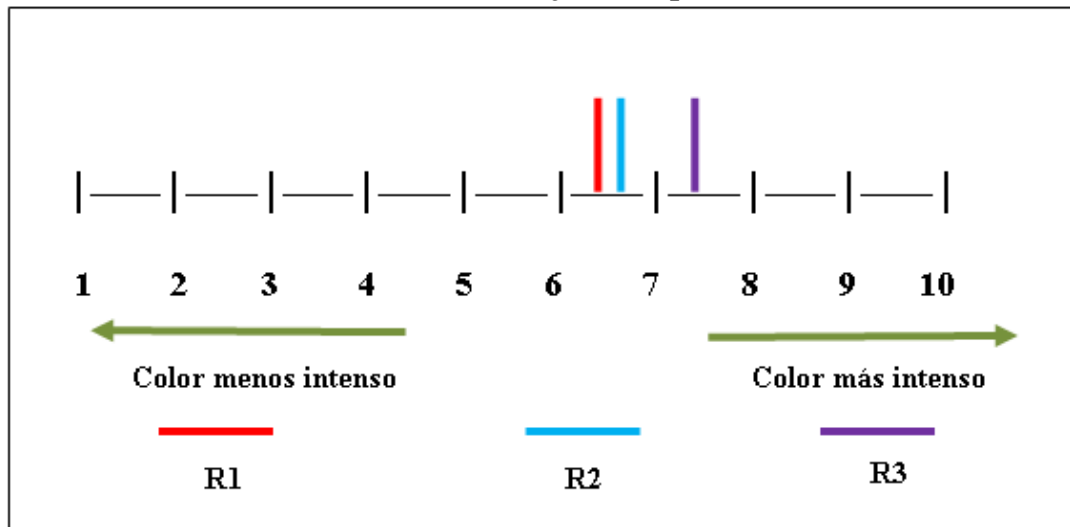
Tabla 4.5
Evaluación sensorial del atributo color para establecer el tiempo de tratamiento térmico en rodajas

Jueces	Muestras (Escala cuantitativa relativa)		
	R1	R2	R3
1	8	7	8
2	7	8	6
3	4	6	8
4	7	9	8
5	9	7	8
6	3	3	4
7	8	6	6
8	5	9	4
9	7	8	9
10	7	8	9
11	8	7	7
12	9	8	10
13	4	4	8
14	5	6	9
15	5	6	7
16	8	6	7
17	7	6	8
18	6	7	6
19	5	6	8
20	5	8	7
21	8	8	9
22	9	8	7
23	5	5	7
24	7	6	8
25	7	8	9
26	7	8	9
Promedio	6,54	6,85	7,54

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.6, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala cuantitativa relativa; realizada en las muestras de zapallo rodajas de datos extraídos de la tabla 4.5.

Figura 4.6
Resultado promedio del atributo color para establecer el tiempo de tratamiento térmico en rodajas de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6, se observa que la muestra R3 (7,54) tiene mayor puntuación promedio en comparación de la muestra R2 (6,85) y la muestra R1 (6,54). A pesar de la preferencia de los jueces por la muestra R3 (7,54) tiempo de tratamiento térmico de cuatro minutos, se tomó en cuenta los resultados de la eficacia térmica con un 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 tres tipos de corte para las muestras de zapallo, 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 “RG2” (ralla grande); “RP2” (ralla pequeña) y “R2 (rodajas) 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 ZAPALLO

El control de variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de zapallo, 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 zapallo. Para determinar el contenido de humedad, se utilizó la ecuación (4.1) citada por (Barbosa y Vega, 2000).

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

Donde:

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

m_i = Masa inicial de las muestras de zapallo (g)

m_{ss} = Masa de sólido seco de las muestras de zapallo (g)

Para determinar la masa de sólido seco de las muestras de zapallo (m_{ss}), se extrajeron de los datos obtenidos al final del proceso de deshidratado de cada variable tomada en cuenta.

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

En función del tipo de corte:

- ❖ Corte ralla grande (TC₁), ralla pequeña (TC₂) y rodajas (TC₃) a 60 °C (T₁).
- ❖ Corte ralla grande (TC₁), ralla pequeña (TC₂) y rodajas (TC₃) a 70 °C (T₂).
- ❖ Corte ralla grande (TC₁), ralla pequeña (TC₂) y rodajas (TC₃) a 50 °C (T₃).

En función de la temperatura:

- ❖ Corte ralla grande (TC₁) a temperatura entre 60 °C (T₁), 70 °C (T₂) y 50 °C (T₃).
- ❖ Corte ralla pequeña (TC₂) a temperatura entre 60 °C (T₁), 70 °C (T₂) y 50 °C (T₃).
- ❖ Corte rodajas (TC₃) a temperatura entre 60 °C (T₁), 70 °C (T₂) y 50 °C (T₃).

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

En la tabla 4.6, se muestra los resultados promedio de la variación del contenido de humedad en base seca de las muestras de zapallo: ralla grande (TC₁) (Anexo D1), ralla pequeña (TC₂) (Anexo D2) y rodajas (TC₃) (Anexo D3) a temperatura constante de 60°C (T₁).

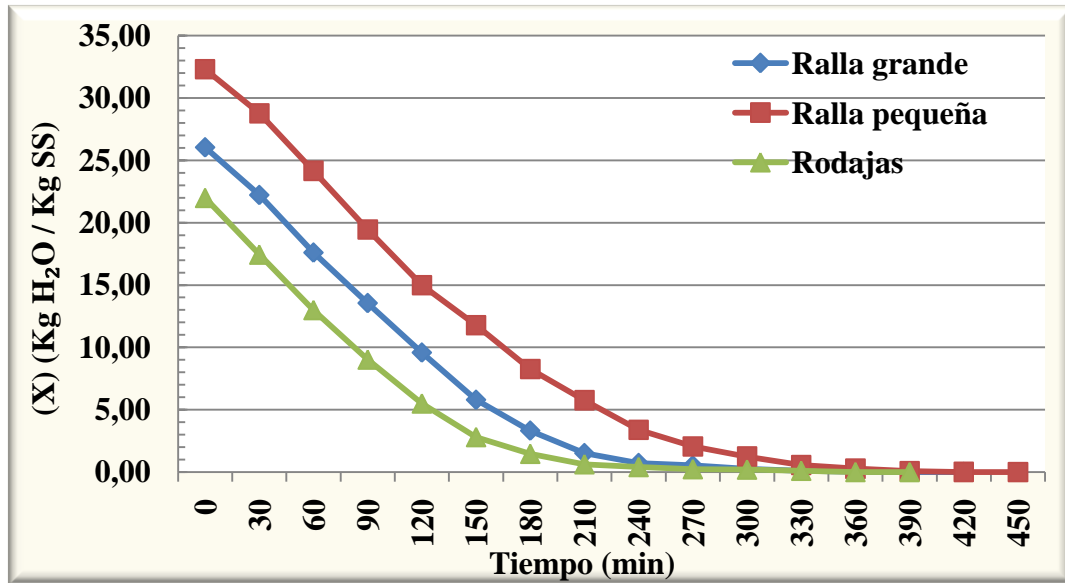
Tabla 4.6
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para muestras a 60°C

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₁	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₂	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₃
	$X = \left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco} \right)$	$X = \left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco} \right)$	$X = \left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco} \right)$
0	26,05	32,30	21,99
30	22,22	28,76	17,44
60	17,61	24,16	12,99
90	13,56	19,45	9,02
120	9,58	14,99	5,50
150	5,80	11,78	2,81
180	3,32	8,27	1,46
210	1,52	5,76	0,62
240	0,72	3,39	0,40
270	0,53	2,05	0,23
300	0,25	1,24	0,20
330	0,11	0,57	0,10
360	0,02	0,27	0,00
390	0,01	0,07	0,00
420	0,00	0,01	
450		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 de las muestras de zapallo y de datos extraídos de la tabla 4.6.

Figura 4.7
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para muestras a 60 °C



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7, se observa que a 60 °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 son para rodajas (TC₃), seguido del corte en ralla grande (TC₁) y por último el tipo de corte ralla pequeña (TC₂). Es decir, que para un tiempo de 240 minutos (tabla 4,6) el tipo de corte en rodajas (TC₃) tiene una pérdida de agua de [0,40Kg agua/Kg sólido seco]; mientras que el corte en ralla grande (TC₁) posee una pérdida de agua de [0,72Kg agua/Kg sólido seco] y por último el corte en ralla pequeña (TC₂), presenta una pérdida de agua de [3,39Kg agua/Kg sólido seco].

En la tabla 4.7, se muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad en base seca de las muestras de zapallo: ralla grande (TC₁) (Anexo D4), ralla pequeña (TC₂) (Anexo D5) y rodajas (TC₃) (Anexo D6) a temperatura constante de 70°C (T₂).

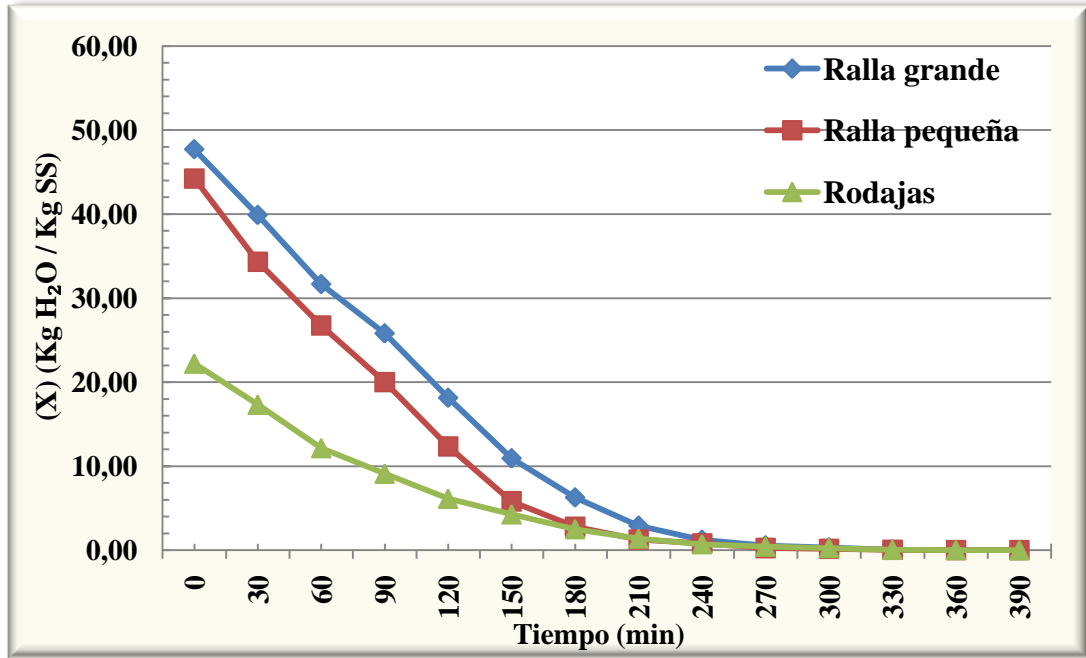
Tabla 4.7
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para muestras a 70 °C

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₁	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₂	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₃
	\bar{X} $\left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}}\right)$	\bar{X} $\left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}}\right)$	\bar{X} $\left(\frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg sólido seco}}\right)$
0	47,70	44,21	22,21
30	39,88	34,33	17,32
60	31,65	26,75	12,15
90	25,79	20,00	9,11
120	18,12	12,34	6,12
150	10,92	5,81	4,26
180	6,26	2,78	2,50
210	2,90	1,26	1,37
240	1,22	0,82	0,71
270	0,56	0,26	0,42
300	0,31	0,16	0,25
330	0,05	0,04	0,04
360	0,01	0,02	0,02
390	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.8, muestra los resultados de la variación de contenido de humedad en base seca en función del tipo de corte de las muestras de zapallo y de datos extraídos de la tabla 4.7.

Figura 4.8
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para muestras a 70 °C



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, 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 son para rodajas (TC₃), seguido del corte en ralla pequeña (TC₂) y por último el tipo de corte ralla grande (TC₁). Es decir, que para un tiempo de 240 minutos (tabla 4,7) el tipo de corte en rodajas (TC₃) tiene una pérdida de agua de [0,71Kg agua/Kg sólido seco]; mientras que el corte en ralla pequeña (TC₂) posee una pérdida de agua de [0,82Kg agua/Kg sólido seco] y por último el corte en ralla grande (TC₁) presenta una pérdida de agua de [1,22Kg agua/Kg sólido seco].

En la tabla 4.8, se muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad en base seca de las muestras de zapallo: ralla grande (TC₁) (Anexo D7), ralla pequeña (TC₂) (Anexo D8) y rodajas (TC₃) (Anexo D9) a temperatura constante de 50 °C (T₃).

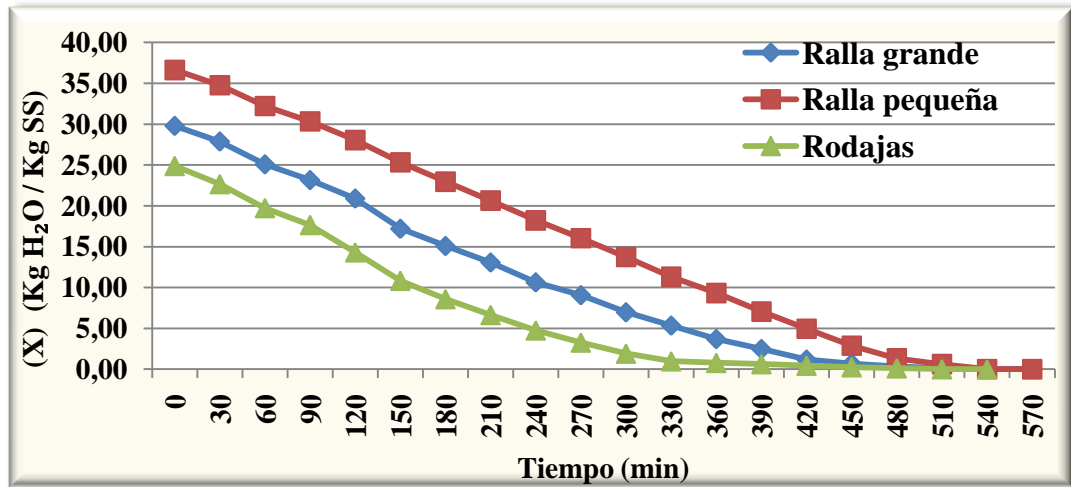
Tabla 4.8
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para muestras a 50 °C

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₁	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₂	Promedio del contenido de humedad en base seca de TC ₃
	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$
0	29,80	36,63	24,88
30	27,89	34,76	22,66
60	25,09	32,22	19,73
90	23,16	30,34	17,66
120	20,90	28,05	14,32
150	17,21	25,32	10,83
180	15,09	22,96	8,59
210	13,07	20,64	6,65
240	10,64	18,22	4,76
270	9,07	16,05	3,28
300	6,98	13,73	1,92
330	5,35	11,31	0,98
360	3,70	9,32	0,79
390	2,48	7,05	0,64
420	1,19	4,95	0,45
450	0,69	2,88	0,26
480	0,34	1,33	0,12
510	0,13	0,62	0,02
540	0,02	0,02	0,00
570	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.9, muestra los resultados de la variación del contenido de humedad en base seca en función del tipo de corte de las muestras de zapallo y de datos extraídos de la tabla 4.8.

Figura 4.9
Variación del contenido de humedad en función del tipo de corte para muestras a 50 °C



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, 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 son para rodajas (TC₃), seguido del corte en ralla grande (TC₁) y por último el tipo de corte ralla pequeña (TC₂). Es decir que para un tiempo de 240 minutos (tabla 4,8) el tipo de corte en rodajas (TC₃) tiene una pérdida de agua de [4,76Kg agua/Kg sólido seco]; mientras que el corte ralla grande (TC₁) posee una pérdida de agua de [10,64 Kg agua/Kg sólido seco] y por último el corte ralla pequeña (TC₂) presenta una pérdida de agua de [18,22Kg agua/Kg sólido seco].

Realizado el análisis de la influencia del tipo de corte para un tiempo de 240 minutos, se pudo observar la muestra de rodajas (TC₃) a 50 °C (T₃), presenta una pérdida de agua menor de [4,76Kg agua/Kg sólido seco]; en comparación con la de 70 °C (T₂) muestra en rodajas (TC₃) que tiene una pérdida de agua de [0,71Kg agua/Kg sólido seco]. Sin embargo, a temperatura de 60 °C (T₁) para rodajas (TC₃) posee una pérdida de agua mayor de [0,40Kg agua/Kg sólido seco]; siendo la mejor opción en cuanto se refiere al tipo de corte en las muestras de zapallo.

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

En la tabla 4.9, se muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad en base seca de las muestras de zapallo: temperaturas de 60 °C (T₁) (Anexo D1), 70 °C (T₂) (Anexo D4) y 50 °C (T₃) (Anexo D7). Manteniendo constante el tipo de corte ralla grande (TC₁).

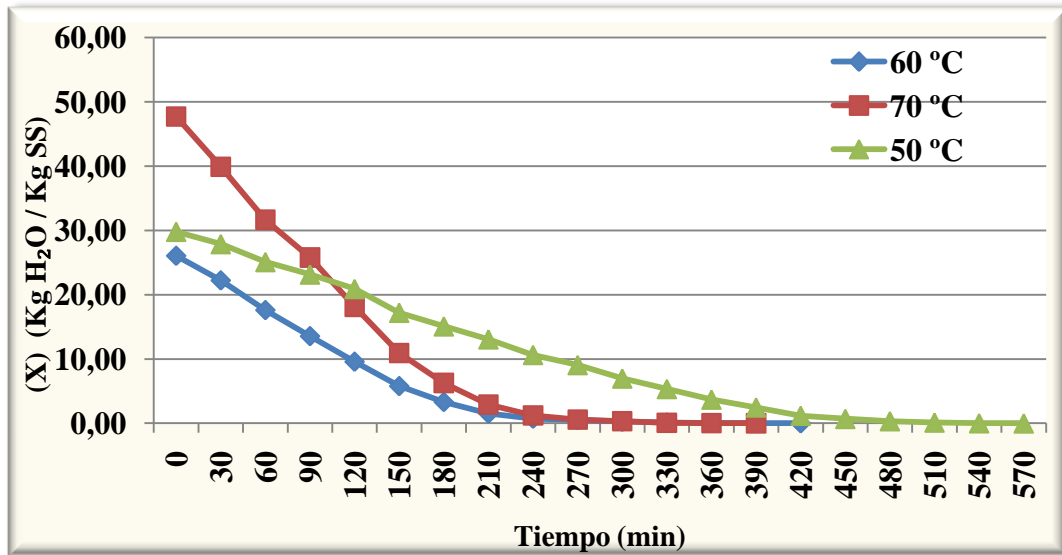
Tabla 4.9
Variación del contenido de humedad en función de la temperatura para muestras ralla grande

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₁ (60 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₂ (70 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca de T ₃ (50 °C)
	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$
0	26,05	47,70	29,80
30	22,22	39,88	27,89
60	17,61	31,65	25,09
90	13,56	25,79	23,16
120	9,58	18,12	20,90
150	5,80	10,92	17,21
180	3,32	6,26	15,09
210	1,52	2,90	13,07
240	0,72	1,22	10,64
270	0,53	0,56	9,07
300	0,25	0,31	6,98
330	0,11	0,05	5,35
360	0,02	0,01	3,70
390	0,01	0,00	2,48
420	0,00		1,19
450			0,69
480			0,34
510			0,13
540			0,02
570			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 de las muestras de zapallo y de datos extraídos de la tabla 4.9.

Figura 4.10
Variación del contenido de humedad en función de la temperatura para
muestras ralla grande



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se observa que a 180 minutos (tabla 4,9) el contenido de humedad en base seca a temperatura de 60 °C (T_1) es de [3,32Kg agua/Kg sólido seco]; en comparación con la temperatura de 70 °C (T_2) que tiene [6,26Kg agua/Kg sólido seco] y a 50 °C (T_3) presenta [15,09Kg agua/Kg sólido seco]. En tal sentido, la variación de pérdida de agua, es mayor en estas temperaturas.

Finalmente a 330 minutos el contenido de humedad en base seca y temperatura de 70 °C (T_2) contiene [0,05 Kg agua/Kg sólido seco]; en comparación a 60 °C (T_1), que tiene [0,11Kg agua/Kg sólido seco] y a 50 °C (T_3) presenta [5,35Kg agua/Kg sólido seco]. En tal sentido, la variación de pérdida de agua es mayor cuando es 70°C; en relación a 60°C y 50°C.

En la tabla 4.10, se muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad en base seca de las muestras de zapallo: temperaturas de 60 °C (T₁) (Anexo D2), 70 °C (T₂) (Anexo D5) y 50 °C (T₃) (Anexo D8). Manteniendo constante el tipo de corte para ralla pequeña (TC₂).

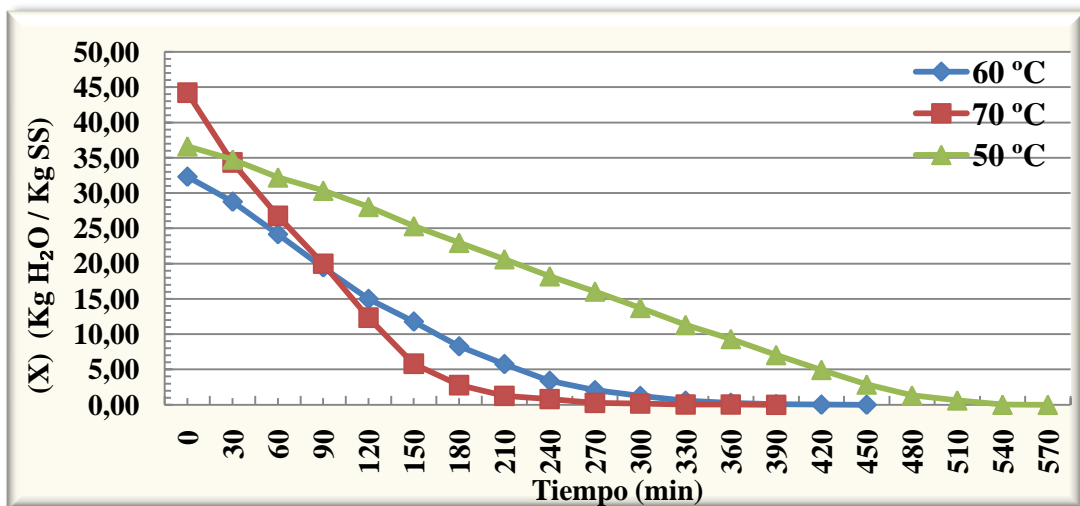
Tabla 4.10
Variación del contenido de humedad en función de la temperatura para
muestras ralla pequeña

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca a T ₁ (60 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca a T ₂ (70 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca a T ₃ (50 °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	32,30	44,21	36,63
30	28,76	34,33	34,76
60	24,16	26,75	32,22
90	19,45	20,00	30,34
120	14,99	12,34	28,05
150	11,78	5,81	25,32
180	8,27	2,78	22,96
210	5,76	1,26	20,64
240	3,39	0,82	18,22
270	2,05	0,26	16,05
300	1,24	0,16	13,73
330	0,57	0,04	11,31
360	0,27	0,02	9,32
390	0,07	0,00	7,05
420	0,01		4,95
450	0,00		2,88
480			1,33
510			0,62
540			0,02
570			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 zapallo y de datos extraídos de la tabla 4.10.

Figura 4.11
Variación del contenido de humedad en función de la temperatura para muestras ralla pequeña



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11, se observa que a 180 minutos (tabla 4,10) el contenido de humedad en base seca a temperatura de 70 °C (T_1) es de [2,78Kg agua/Kg sólido seco]; en comparación con la temperatura de 60 °C (T_2) que tiene [8,27Kg agua/Kg sólido seco] y a 50 °C (T_3) presenta [22,96Kg agua/Kg sólido seco]. En tal sentido, la variación de pérdida de agua, es mayor en estas temperaturas.

Finalmente a 330 minutos el contenido de humedad en base seca y temperatura de 70 °C (T_2) contiene [0,04Kg agua/Kg sólido seco]; en comparación a 60 °C (T_1), que tiene [0,57Kg agua/Kg sólido seco] y a 50 °C (T_3) presenta [11,31Kg agua/Kg sólido seco]. En tal sentido, la variación de pérdida de agua es mayor cuando es 70°C; en relación a 60°C y 50°C.

En la tabla 4.11, se muestra los resultados promedio de la variación de contenido de humedad en base seca de las muestras de zapallo: temperaturas de 60 °C (T₁) (Anexo D3), 70 °C (T₂) (Anexo D6) y 50 °C (T₃) (Anexo D9). Manteniendo constante el tipo de corte para rodajas (TC₃).

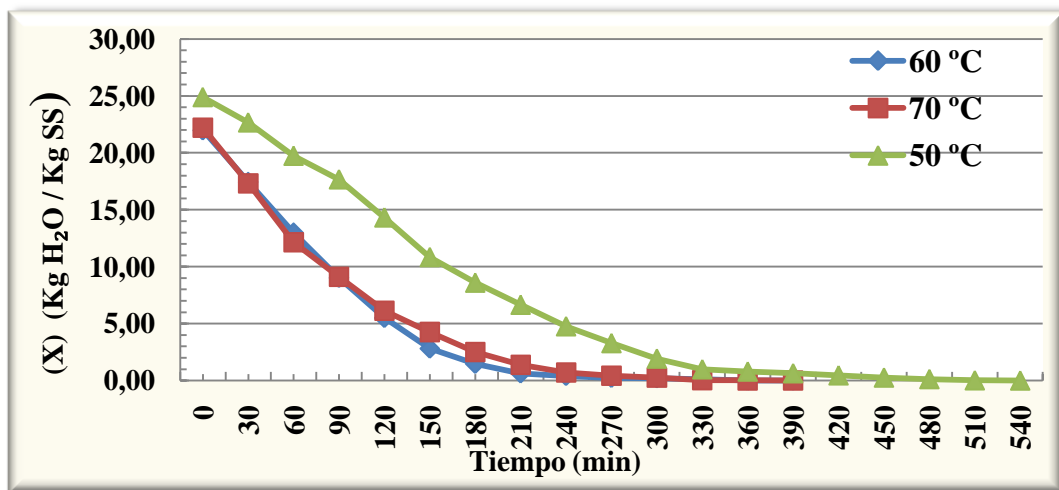
Tabla 4.11
Variación del contenido de humedad en función de la temperatura para
muestras de rodajas

Tiempo (min)	Promedio del contenido de humedad en base seca a T ₁ (60 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca a T ₂ (70 °C)	Promedio del contenido de humedad en base seca a T ₃ (50 °C)
	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$	X $\left(\frac{Kg\ agua}{Kg\ sólido\ seco}\right)$
0	21,99	22,21	24,88
30	17,44	17,32	22,66
60	12,99	12,15	19,73
90	9,02	9,11	17,66
120	5,50	6,12	14,32
150	2,81	4,26	10,83
180	1,46	2,50	8,59
210	0,62	1,37	6,65
240	0,40	0,71	4,76
270	0,23	0,42	3,28
300	0,20	0,25	1,92
330	0,10	0,04	0,98
360	0,00	0,02	0,79
390	0,00	0,00	0,64
420			0,45
450			0,26
480			0,12
510			0,02
540			0,00
570			0,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.12, muestra los resultados de la variación de contenido de humedad en base seca; en función de la temperatura de secado de las muestras de zapallo y de datos extraídos de la tabla 4.11.

Figura 4.12
Variación del contenido de humedad en función de la temperatura para
muestras de rodajas



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12, se observa que a 180 minutos (tabla 4,11) el contenido de humedad en base seca a temperatura de 60 °C (T_1) es de [1,46Kg agua/Kg sólido seco]; en comparación con la temperatura de 70 °C (T_2) que tiene [2,50Kg agua/Kg sólido seco] y a 50 °C (T_3) presenta [8,59Kg agua/Kg sólido seco]. En tal sentido, la variación de pérdida de agua, es mayor en estas temperaturas.

Finalmente, a 330 minutos el contenido de humedad en base seca y temperatura de 70 °C (T_2) contiene [0,04Kg agua/Kg sólido seco]; en comparación a 60 °C (T_1), que tiene [0,10Kg agua/Kg sólido seco] y a 50 °C (T_3) presenta [0,98Kg agua/Kg sólido seco]. En tal sentido, la variación de pérdida de agua es mayor cuando es 70°C; en relación a 60°C y 50°C.

Realizado el análisis de la influencia de la temperatura para un tiempo de 180 minutos, se pudo observar que la muestra ralla grande (TC_1) y temperatura de $60\text{ }^\circ\text{C}$ (T_1), presenta una pérdida de agua menor de $[3,32\text{Kg agua/Kg sólido seco}]$; en comparación la muestra ralla pequeña (TC_2) a $70\text{ }^\circ\text{C}$ (T_2) que tiene una pérdida de agua de $[2,78\text{Kg agua/Kg sólido seco}]$. Sin embargo, la muestra en rodajas (TC_3) a $60\text{ }^\circ\text{C}$ (T_1) posee una pérdida de agua mayor de $[1,46\text{Kg agua/Kg sólido seco}]$; siendo la mejor opción en cuanto se refiere a la temperatura de secado de $60\text{ }^\circ\text{C}$ para muestras de zapallo.

4.3.3 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

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

- ❖ D1 = Temperatura de $60\text{ }^\circ\text{C}$ (T_1) y tipo de corte ralla grande (TC_1).
- ❖ D2 = Temperatura de $60\text{ }^\circ\text{C}$ (T_1) y tipo de corte ralla pequeña (TC_2).
- ❖ D3 = Temperatura de $60\text{ }^\circ\text{C}$ (T_1) y tipo de corte rodajas (TC_3).
- ❖ D4 = Temperatura de $70\text{ }^\circ\text{C}$ (T_2) y tipo de corte ralla grande (TC_1).
- ❖ D5 = Temperatura de $70\text{ }^\circ\text{C}$ (T_2) y tipo de corte ralla pequeña (TC_2).
- ❖ D6 = Temperatura de $70\text{ }^\circ\text{C}$ (T_2) y tipo de corte rodajas (TC_3).
- ❖ D7 = Temperatura de $50\text{ }^\circ\text{C}$ (T_3) y tipo de corte ralla grande (TC_1).
- ❖ D8 = Temperatura de $50\text{ }^\circ\text{C}$ (T_3) y tipo de corte ralla pequeña (TC_2).
- ❖ D9 = Temperatura de $50\text{ }^\circ\text{C}$ (T_3) y tipo de corte rodajas (TC_3).

En tal sentido, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando 26 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, olor, aspecto y textura.

4.3.3.1 EVALUACION SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.12, muestra los resultados de la evaluación sensorial del atributo color en el proceso de secado para obtener harina de zapallo; extraídos de la tabla E.3.1 (Anexo E.3).

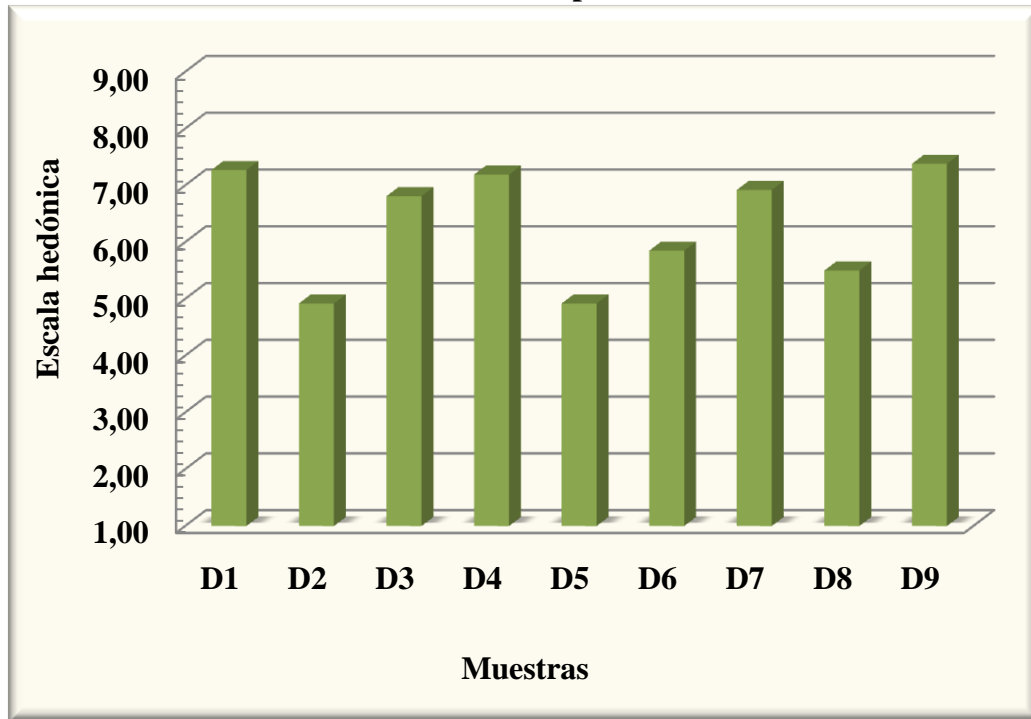
Tabla 4.12
Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de secado para obtener harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)								
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1	8	6	6	9	5	7	6	4	8
2	7	4	7	7	6	8	6	5	7
3	7	4	6	7	5	6	6	5	8
4	7	4	6	6	5	5	6	6	7
5	8	6	9	6	5	7	7	6	8
6	5	4	6	4	3	4	8	7	6
7	7	4	6	7	4	4	9	7	8
8	8	7	6	8	7	6	8	6	5
9	8	5	6	8	6	6	8	7	8
10	8	7	7	8	6	6	7	6	6
11	9	7	9	8	6	7	8	4	8
12	8	5	8	9	6	7	7	6	8
13	6	8	9	7	7	8	7	6	8
14	8	3	7	9	4	8	5	4	9
15	5	3	6	7	5	5	8	6	9
16	8	5	8	5	6	3	7	5	5
17	6	6	7	8	7	7	8	5	6
18	7	5	7	7	5	6	8	8	9
19	6	5	7	8	4	7	5	3	6
20	7	3	6	5	1	1	5	5	7
21	9	7	8	9	7	7	5	4	6
22	6	4	7	6	4	5	7	6	8
23	8	6	6	8	5	7	8	7	9
24	8	4	7	7	4	7	7	6	8
25	8	2	5	6	2	5	6	5	7
26	7	4	5	8	3	3	8	4	8
Promedio	7,27	4,92	6,81	7,19	4,92	5,85	6,92	5,50	7,38

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.13, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica para el atributo color de datos extraídos de la tabla 4.12.

Figura 4.13
Valores promedio del atributo color en el proceso de secado para obtener harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13, se observa que las muestras D9 (7,38), D1 (7,27) y D4 (7,19) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras D7 (6,92), D3 (6,81), D6 (5,85), D8 (5,50), D2 (4,92) y D5 (4,92), que son menores en escala hedónica.

4.3.3.1.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.13, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.3.5 (Anexo E.3).

Tabla 4.13
Prueba de Duncan del atributo color en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
D9- D1	0,11	<	0,86	No hay diferencia significativa
D9- D4	0,19	<	0,90	No hay diferencia significativa
D9- D7	0,46	<	0,92	No hay diferencia significativa
D9-D3	0,57	<	0,94	No hay diferencia significativa
D9- D6	1,53	>	0,95	Si hay diferencia significativa
D9- D8	1,88	>	0,97	Si hay diferencia significativa
D9- D2	2,46	>	0,98	Si hay diferencia significativa
D9- D5	2,46	>	0,99	Si hay diferencia significativa
D1- D4	0,08	<	0,86	No hay diferencia significativa
D1- D7	0,35	<	0,90	No hay diferencia significativa
D1- D3	0,46	<	0,92	No hay diferencia significativa
D1- D6	1,42	>	0,94	Si hay diferencia significativa
D1- D8	1,77	>	0,95	Si hay diferencia significativa
D1- D2	2,35	>	0,97	Si hay diferencia significativa
D1- D5	2,35	>	0,98	Si hay diferencia significativa
D4- D7	0,27	<	0,99	No hay diferencia significativa
D4- D3	0,38	<	0,86	No hay diferencia significativa
D4- D6	1,34	>	0,90	Si hay diferencia significativa
D4- D8	1,69	>	0,92	Si hay diferencia significativa
D4- D2	2,27	>	0,94	Si hay diferencia significativa
D4- D5	2,27	>	0,95	Si hay diferencia significativa
D7- D3	0,11	<	0,97	No hay diferencia significativa
D7- D6	1,07	>	0,98	Si hay diferencia significativa
D7- D8	1,42	>	0,99	Si hay diferencia significativa
D7- D2	2,00	>	0,86	Si hay diferencia significativa
D7- D5	2,00	>	0,90	Si hay diferencia significativa
D3- D6	0,96	>	0,92	Si hay diferencia significativa
D3- D8	1,31	>	0,94	Si hay diferencia significativa
D3- D2	1,89	>	0,95	Si hay diferencia significativa
D3- D5	1,89	>	0,97	Si hay diferencia significativa
D6- D8	0,35	<	0,98	No hay diferencia significativa
D6- D2	0,93	<	0,99	No hay diferencia significativa
D6- D5	0,93	<	0,86	No hay diferencia significativa
D8- D2	0,58	<	0,90	No hay diferencia significativa
D8- D5	0,58	<	0,92	No hay diferencia significativa
D2- D5	0,00	<	0,94	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (D9–D6), (D9–D8), (D9–D2), (D9–D5), (D1–D6), (D1–D8), (D1–D2), (D1–D5), (D4–D6), (D4–D8), (D4–D2), (D4–D5), (D7–D6), (D7–D8), (D7–D2), (D7–D5), (D3–D6), (D3–D8), (D3–D2) y (D3–D5) que son significativos en comparación a los tratamientos (D9–D1), (D9–D4), (D9–D7), (D9–D3), (D1–D4), (D1–D7), (D1–D3), (D4–D7), (D4–D3), (D7–D3), (D6–D8), (D6–D2), (D6–D5), (D8–D2),(D8–D5) y (D2–D5); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta las muestras D9 (7,38) a temperatura de 50 °C tipo de corte rodajas y D1 (7,27) a temperatura de 60 °C y tipo de corte ralla grande; como las mejores opciones para obtener harina de zapallo según el atributo color.

4.3.3.2 EVALUACION SENSORIAL DEL ATRIBUTO ASPECTO EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.14, muestra los resultados de la evaluación sensorial del atributo aspecto en el proceso de secado para obtener harina de zapallo; extraídos de la tabla E.3.6 (Anexo E.3).

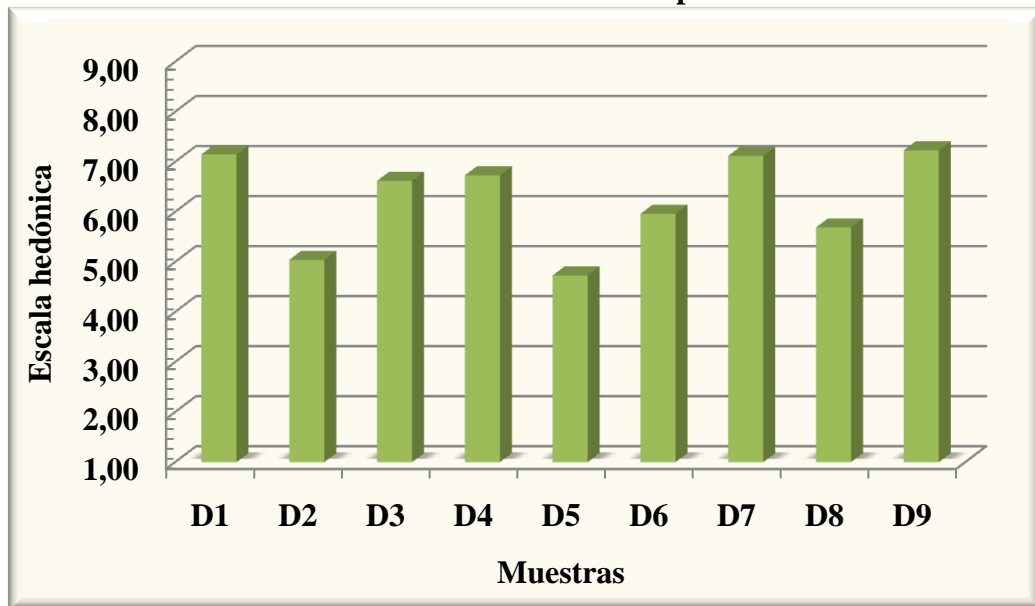
Tabla 4.14
Evaluación sensorial del atributo aspecto en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)								
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1	7	6	7	6	6	7	8	7	6
2	8	4	7	5	4	7	7	6	7
3	8	7	6	8	5	6	6	6	8
4	7	5	5	6	4	5	6	6	7
5	8	5	9	7	4	7	7	6	6
6	7	4	5	4	4	4	8	6	5
7	6	4	6	7	4	7	8	7	8
8	7	6	6	8	6	6	8	7	6
9	8	6	5	7	5	7	9	7	8
10	8	6	7	7	6	6	8	6	9
11	9	6	8	7	6	7	6	6	9
12	6	6	7	8	5	8	6	5	8
13	5	6	9	6	6	7	7	6	8
14	8	3	7	8	4	7	6	3	9
15	8	4	5	8	5	5	8	6	9
16	7	6	8	6	6	3	7	6	4
17	8	6	7	8	6	7	7	4	4
18	6	5	7	7	5	6	8	8	9
19	6	4	8	7	4	7	4	5	7
20	6	5	5	4	2	2	7	5	6
21	8	6	8	9	6	7	6	3	7
22	6	4	7	5	4	6	7	5	8
23	8	7	6	8	6	6	9	7	8
24	8	3	5	5	3	4	8	6	7
25	7	3	7	6	3	7	6	5	7
26	6	4	5	8	4	4	8	4	8
Promedio	7,15	5,04	6,62	6,73	4,73	5,96	7,12	5,69	7,23

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.14, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica para el atributo aspecto de datos extraídos de la tabla 4.14.

Figura 4.14
Valores promedio del atributo aspecto en el proceso de secado para la elaboración de harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14, se observa que las muestras D9 (7,23), D1 (7,15) y D7 (7,12) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con la muestra D4 (6,73), D3 (6,62) D6 (5,96), D8 (5,69), D2 (5,04) y D5 (4,73), que son menores en escala hedónica.

4.3.3.2.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO ASPECTO EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.15, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.3.10 (Anexo E.3).

Tabla 4.15
Prueba de Duncan del atributo aspecto en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
D9-D1	0,08	<	0,84	No hay diferencia significativa
D9-D7	0,12	<	0,87	No hay diferencia significativa
D9-D4	0,50	<	0,90	No hay diferencia significativa
D9-D3	0,62	<	0,92	No hay diferencia significativa
D9-D6	1,27	>	0,93	Si hay diferencia significativa
D9-D8	1,54	>	0,94	Si hay diferencia significativa
D9-D2	2,19	>	0,95	Si hay diferencia significativa
D9-D5	2,50	>	0,96	Si hay diferencia significativa
D1-D7	0,04	<	0,84	No hay diferencia significativa
D1-D4	0,42	<	0,87	No hay diferencia significativa
D1-D3	0,54	<	0,90	No hay diferencia significativa
D1-D6	1,19	>	0,92	Si hay diferencia significativa
D1-D8	1,46	>	0,93	Si hay diferencia significativa
D1-D2	2,12	>	0,94	Si hay diferencia significativa
D1-D5	2,42	>	0,95	Si hay diferencia significativa
D7-D4	0,38	<	0,96	No hay diferencia significativa
D7-D3	0,50	<	0,84	No hay diferencia significativa
D7-D6	1,15	>	0,87	Si hay diferencia significativa
D7-D8	1,42	>	0,90	Si hay diferencia significativa
D7-D2	2,08	>	0,92	Si hay diferencia significativa
D7-D5	2,38	>	0,93	Si hay diferencia significativa
D4-D3	0,12	<	0,94	No hay diferencia significativa
D4-D6	0,77	<	0,95	No hay diferencia significativa
D4-D8	1,04	>	0,96	Si hay diferencia significativa
D4-D2	1,69	>	0,84	Si hay diferencia significativa
D4-D5	2,00	>	0,87	Si hay diferencia significativa
D3-D6	0,65	<	0,90	No hay diferencia significativa
D3-D8	0,92	=	0,92	No hay diferencia significativa
D3-D2	1,58	>	0,93	Si hay diferencia significativa
D3-D5	1,88	>	0,94	Si hay diferencia significativa
D6-D8	0,27	<	0,95	No hay diferencia significativa
D6-D2	0,92	<	0,96	No hay diferencia significativa
D6-D5	1,23	>	0,84	Si hay diferencia significativa
D8-D2	0,65	<	0,87	No hay diferencia significativa
D8-D5	0,96	>	0,90	Si hay diferencia significativa
D2-D5	0,31	<	0,92	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (D9–D6), (D9–D8), (D9–D2), (D9–D5), (D1–D6), (D1–D8), (D1–D2), (D1–D5), (D7–D6), (D7–D8), (D7–D2), (D7–D5), (D4–D8), (D4–D2), (D4–D5), (D3–D2), (D3–D5), (D6–D5) y (D8–D5), que son significativos en comparación a los tratamientos (D9–D1), (D9–D7), (D9–D4), (D9–D3), (D1–D7), (D1–D4), (D1–D3), (D7–D4), (D7–D3), (D4–D3), (D4–D6), (D3–D6), (D3–D8), (D6–D8), (D6–D2), (D8–D2) y (D2–D5); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta las muestras D9 (7,23) a temperatura de 50 °C tipo de corte rodajas y D1 (7,15) a temperatura de 60 °C y tipo de corte ralla grande; como las mejores opciones para obtener harina de zapallo según el atributo aspecto.

4.3.3.3 EVALUACION SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.16, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aroma en el proceso de secado para obtener harina de zapallo; extraídos de la tabla E.3.11 (Anexo E.3).

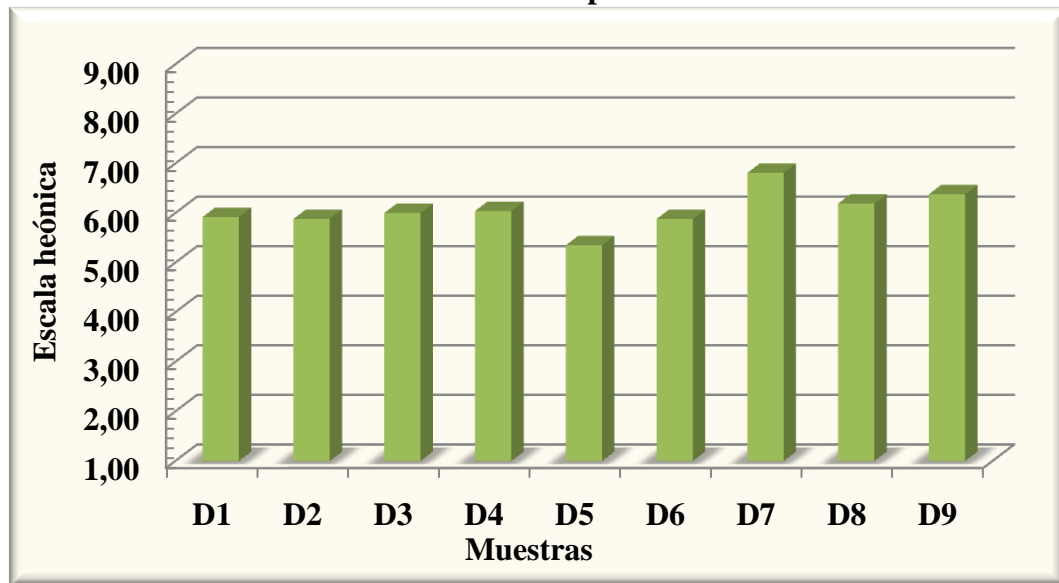
Tabla 4.16
Evaluación sensorial del atributo aroma en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)								
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1	6	6	7	6	6	7	7	5	6
2	3	3	5	2	3	6	7	5	5
3	5	5	5	5	5	5	5	7	5
4	5	5	5	5	5	5	7	7	7
5	3	3	4	5	3	3	6	7	7
6	5	5	5	5	5	5	9	7	5
7	5	6	5	6	5	6	9	6	7
8	6	5	5	8	5	5	7	6	5
9	6	5	7	6	5	7	8	7	7
10	7	7	6	8	6	5	7	6	6
11	6	8	8	6	7	8	5	5	5
12	7	6	7	6	6	7	7	7	7
13	7	6	5	8	5	6	6	6	8
14	5	5	9	5	5	7	6	5	8
15	7	4	7	5	5	7	7	6	6
16	7	8	5	6	6	5	6	6	6
17	8	8	7	7	7	7	7	7	5
18	6	7	7	6	7	6	8	8	9
19	5	5	5	6	6	5	6	5	6
20	4	6	4	4	4	3	5	6	7
21	7	7	8	9	7	8	5	5	5
22	5	6	7	5	4	6	7	8	6
23	7	7	8	8	7	8	9	8	7
24	7	5	4	5	5	5	8	7	6
25	8	7	7	8	5	5	4	4	8
26	7	8	4	7	5	6	9	5	7
Promedio	5,92	5,88	6,00	6,04	5,35	5,88	6,81	6,19	6,38

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.15, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica para el atributo aroma de datos extraídos de la tabla 4.16.

Figura 4.15
Valores promedio del atributo aroma en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15, se observa que las muestras D7 (6,81), D9 (6,38) y D8 (6,19) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras D4 (6,04), D3 (6,00), D1 (5,92), D2 (5,88), D6 (5,88) y D5 (5,35), que son menores en escala hedónica.

4.3.3.3.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.17, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.3.15 (Anexo E.3).

Tabla 4.17
Prueba de Duncan del atributo aroma en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
D7-D9	0,43	<	0,83	No hay diferencia significativa
D7-D8	0,62	<	0,87	No hay diferencia significativa
D7-D4	0,77	<	0,89	No hay diferencia significativa
D7-D3	0,81	<	0,91	No hay diferencia significativa
D7-D1	0,89	<	0,92	No hay diferencia significativa
D7-D2	0,93	>	0,93	Si hay diferencia significativa
D7-D6	0,93	<	0,94	No hay diferencia significativa
D7-D5	1,46	>	0,95	Si hay diferencia significativa
D9-D8	0,19	<	0,83	No hay diferencia significativa
D9-D4	0,34	<	0,87	No hay diferencia significativa
D9-D3	0,38	<	0,89	No hay diferencia significativa
D9-D1	0,46	<	0,91	No hay diferencia significativa
D9-D2	0,50	<	0,92	No hay diferencia significativa
D9-D6	0,50	<	0,93	No hay diferencia significativa
D9-D5	1,03	>	0,94	Si hay diferencia significativa
D8-D4	0,15	<	0,95	No hay diferencia significativa
D8-D3	0,19	<	0,83	No hay diferencia significativa
D8-D1	0,27	<	0,87	No hay diferencia significativa
D8-D2	0,31	<	0,89	No hay diferencia significativa
D8-D6	0,31	<	0,91	No hay diferencia significativa
D8-D5	0,84	<	0,92	No hay diferencia significativa
D4-D3	0,04	<	0,93	No hay diferencia significativa
D4-D1	0,12	<	0,94	No hay diferencia significativa
D4-D2	0,16	<	0,95	No hay diferencia significativa
D4-D6	0,16	<	0,83	No hay diferencia significativa
D4-D5	0,69	<	0,87	No hay diferencia significativa
D3-D1	0,08	<	0,89	No hay diferencia significativa
D3-D2	0,12	<	0,91	No hay diferencia significativa
D3-D6	0,12	<	0,92	No hay diferencia significativa
D3-D5	0,65	<	0,93	No hay diferencia significativa
D1-D2	0,04	<	0,94	No hay diferencia significativa
D1-D6	0,04	<	0,95	No hay diferencia significativa
D1-D5	0,57	<	0,83	No hay diferencia significativa
D2-D6	0,00	<	0,87	No hay diferencia significativa
D2-D5	0,53	<	0,89	No hay diferencia significativa
D6-D5	0,53	<	0,91	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (D7-D2), (D7-D5) y (D9-D5), que son significativos en comparación a los tratamientos (D7-D9), (D7-D8), (D7-D4), (D7-D3), (D7-D1), (D7-D6), (D9-D8), (D9-D4), (D9-D3), (D9-D1), (D9-D2), (D9-D6), (D8-D4), (D8-D3), (D8-D1), (D8-D2), (D8-D6), (D8-D5), (D4-D3), (D4-D1), (D4-D2), (D4-D6), (D4-D5), (D3-D1), (D3-D2), (D3-D6), (D3-D5), (D1-D2), (D1-D6), (D1-D5), (D2-D6), (D2-D5) y (D6-D5); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta las muestras D7 (6,81) a temperatura de 50 °C tipo de corte ralla grande y D9 (6,38) a temperatura de 50 °C y tipo de corte rodajas; como las mejores opciones para obtener harina de zapallo según el atributo aroma.

4.3.3.4 EVALUACION SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.18, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de secado para obtener harina de zapallo; extraídos de la tabla E.3.16 (Anexo E.3).

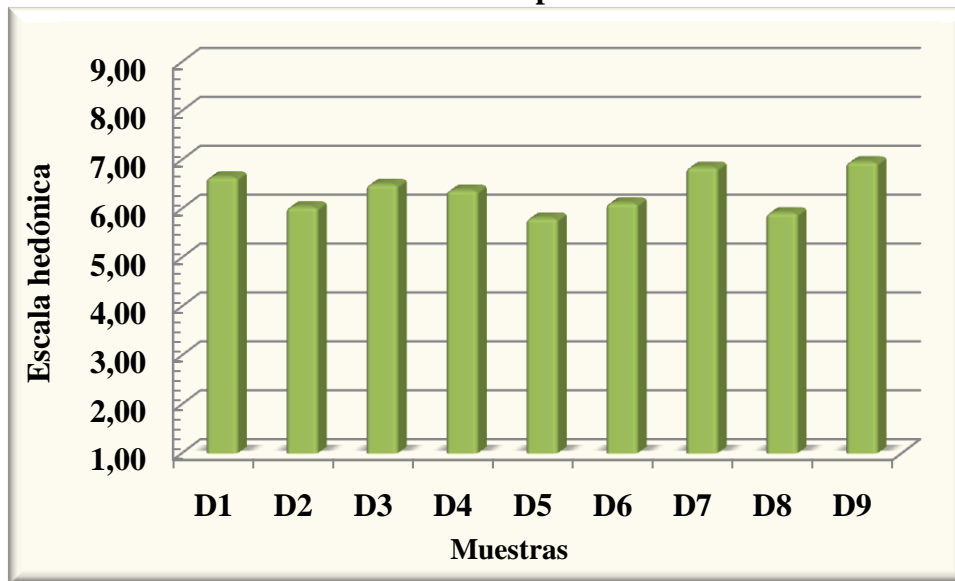
Tabla 4.18
Evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)								
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1	8	7	8	7	6	8	6	5	7
2	5	5	6	5	5	6	7	5	7
3	8	7	6	9	7	6	7	6	6
4	6	5	6	6	5	5	6	6	7
5	8	6	9	7	6	7	6	6	7
6	4	4	6	4	4	4	8	7	6
7	5	5	5	5	5	6	8	8	9
8	7	6	5	8	6	5	6	7	6
9	7	6	5	9	7	5	8	8	8
10	7	8	7	6	7	7	7	6	6
11	9	8	8	7	7	7	9	6	9
12	7	5	7	7	5	7	6	5	8
13	6	7	9	6	7	8	7	6	8
14	8	6	7	8	6	8	5	4	9
15	7	7	6	8	5	5	7	6	8
16	6	8	8	4	6	3	7	5	5
17	7	6	7	6	7	6	7	5	5
18	7	6	7	7	6	7	8	8	9
19	4	7	7	5	6	7	6	5	8
20	3	4	3	3	5	3	6	5	5
21	8	8	9	9	8	7	4	3	7
22	6	5	7	5	4	5	8	7	6
23	7	6	7	7	6	8	9	8	7
24	7	4	5	3	4	5	8	7	6
25	8	6	5	8	6	8	4	5	8
26	8	5	4	7	5	6	8	5	4
Promedio	6,65	6,04	6,50	6,38	5,81	6,12	6,85	5,92	6,96

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.16, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica para el atributo textura de datos extraídos de la tabla 4.18.

Figura 4.16
Valores promedio del atributo textura en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16, se observa que las muestras D9 (6,96), D7 (6,85) y D1 (6,65) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras D3 (6,50), D4 (6,38), D6 (6,12), D2 (6,04), D8 (5,92) y D5 (5,81), que son menores en escala hedónica.

4.3.3.4.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.19, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.3.20 (Anexo E.3).

Tabla 4.19
Prueba de Duncan del atributo textura en el proceso de secado para obtener
harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
D9-D7	0,11	<	0,90	No hay diferencia significativa
D9-D1	0,31	<	0,93	No hay diferencia significativa
D9-D3	0,46	<	0,96	No hay diferencia significativa
D9-D4	0,58	<	0,98	No hay diferencia significativa
D9-D6	0,84	<	0,99	No hay diferencia significativa
D9-D2	0,92	<	1,01	No hay diferencia significativa
D9-D8	1,04	>	1,02	Si hay diferencia significativa
D9-D5	1,11	>	1,03	Si hay diferencia significativa
D7-D1	0,20	<	0,90	No hay diferencia significativa
D7-D3	0,35	<	0,93	No hay diferencia significativa
D7-D4	0,47	<	0,96	No hay diferencia significativa
D7-D6	0,73	<	0,98	No hay diferencia significativa
D7-D2	0,81	<	0,99	No hay diferencia significativa
D7-D8	0,93	<	1,01	No hay diferencia significativa
D7-D5	1,00	<	1,02	No hay diferencia significativa
D1-D3	0,15	<	1,03	No hay diferencia significativa
D1-D4	0,27	<	0,90	No hay diferencia significativa
D1-D6	0,53	<	0,93	No hay diferencia significativa
D1-D2	0,61	<	0,96	No hay diferencia significativa
D1-D8	0,73	<	0,98	No hay diferencia significativa
D1-D5	0,80	<	0,99	No hay diferencia significativa
D3-D4	0,12	<	1,01	No hay diferencia significativa
D3-D6	0,38	<	1,02	No hay diferencia significativa
D3-D2	0,46	<	1,03	No hay diferencia significativa
D3-D8	0,58	<	0,90	No hay diferencia significativa
D3-D5	0,65	<	0,93	No hay diferencia significativa
D4-D6	0,26	<	0,96	No hay diferencia significativa
D4-D2	0,34	<	0,98	No hay diferencia significativa
D4-D8	0,46	<	0,99	No hay diferencia significativa
D4-D5	0,53	<	1,01	No hay diferencia significativa
D6-D2	0,08	<	1,02	No hay diferencia significativa
D6-D8	0,20	<	1,03	No hay diferencia significativa
D6-D5	0,27	<	0,90	No hay diferencia significativa
D2-D8	0,12	<	0,93	No hay diferencia significativa
D2-D5	0,19	<	0,96	No hay diferencia significativa
D8-D5	0,07	<	0,98	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (D9–D8) y (D9–D5), que son significativos en comparación a los tratamientos (D9–D7), (D9–D1), (D9–D3), (D9–D4), (D9–D6), (D9–D2), (D7–D1), (D7–D3), (D7–D4), (D7–D6), (D7–D2), (D7–D8), (D7–D5), (D1–D3), (D1–D4), (D1–D6), (D1–D2), (D1–D8), (D1–D5), (D3–D4), (D3–D6), (D3–D2), (D3–D8), (D3–D5), (D4–D6), (D4–D2), (D4–D8), (D4–D5), (D6–D2), (D6–D8), (D6–D5), (D2–D8), (D2–D5) y (D8–D5); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta las muestras D9 (6,96) a temperatura de 50 °C tipo de corte rodajas y D7 (6,85) a temperatura de 50 °C y tipo de corte rallas grandes; como las mejores opciones para obtener harina de zapallo según el atributo textura.

Según los jueces mostraron preferencia, por los atributos sensoriales como ser; color (7,38), aspecto (7,23) y textura (6,96) para rodajas a 50 °C, muestra (D9). Así mismo, aroma con (6,81) para ralla grande a 50 °C, muestra (D7); para color (7,27) y aspecto (7,15) la muestra D1 (ralla grande a 60 °C). Finalmente, se puede observar para las muestras que si existe diferencia significativa para $p < 0,01$.

4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL FINAL PARA DEFINIR LA MUESTRA DESHIDRATADA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

Para definir la muestra deshidratada de zapallo para obtener harina, se procedió a realizar una evaluación sensorial final; tomando en cuenta las muestras D1 (ralla grande a 60 °C), D7 (para ralla grande a 50 °C), D9 (rodajas a 50 °C) y D3 (rodajas a 60 °C). Codificando las nuevas muestras, como ser:

- ❖ S1 = Temperatura de 50 °C y tipo de corte ralla grande.
- ❖ S2 = Temperatura de 50 °C y tipo de corte rodajas.
- ❖ S3 = Temperatura de 60 °C y tipo de corte ralla grande.
- ❖ S4 = Temperatura de 60 °C y tipo de corte rodajas.

En tal sentido, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando 26 jueces no entrenados que evaluaron los atributos color, aspecto y textura.

4.4.1 EVALUACION SENSORIAL FINAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA DEFINIR LA MUESTRA DESHIDRATADA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.20, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color de datos extraídos de la tabla E.4.1 (Anexo E.4).

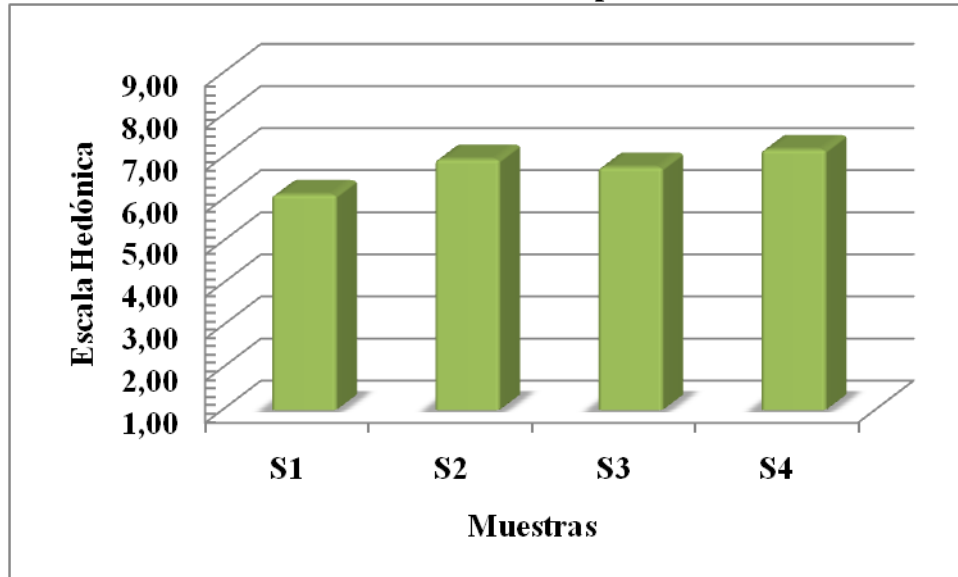
Tabla 4.20
Evaluación sensorial del atributo color para definir la muestra deshidratada para obtener harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	S1	S2	S3	S4
1	7	6	5	7
2	5	8	7	8
3	8	8	8	7
4	5	7	6	8
5	5	8	8	7
6	5	8	8	7
7	6	7	6	8
8	6	6	7	7
9	6	6	6	7
10	5	6	5	7
11	7	7	7	8
12	6	8	6	8
13	5	6	6	4
14	6	6	8	7
15	8	7	9	9
16	6	8	7	7
17	5	5	4	5
18	5	7	6	8
19	7	6	8	6
20	7	7	8	9
21	7	7	5	8
22	6	6	7	8
23	5	7	7	8
24	7	8	7	6
25	8	9	7	6
26	6	7	8	7
Promedio	6,12	6,96	6,77	7,19

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.17, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica del atributo color de datos extraídos de la tabla 4.20.

Figura 4.17
Valores promedio del atributo color para definir la muestra deshidratada para obtener harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.17, se observa que las muestras S4 (7,19) y S2 (6,96) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras S3 (6,77) y S1 (6,12), que son menores en escala hedónica.

4.4.1.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR PARA DEFINIR LA MUESTRA DESHIDRATADA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.21, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.4.5 (Anexo E.4).

Tabla 4.21
Prueba de Duncan del atributo color para definir la muestra deshidratada para obtener harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
S4- S2	0,23	<	0,68	No hay diferencia significativa
S4- S3	0,42	<	0,71	No hay diferencia significativa
S4- S1	1,07	>	0,73	Si hay diferencia significativa
S2- S3	0,19	<	0,68	No hay diferencia significativa
S2- S1	0,84	>	0,71	Si hay diferencia significativa
S3- S1	0,65	<	0,73	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.21, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (S4–S1) y (S2–S1), que son significativos en comparación a los tratamientos (S4–S2), (S4–S3), (S2–S3) y (S3–S1); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra S4 (7,19) y tipo de corte rodajas a temperatura de 60 °C; como la mejor opción para obtener harina de zapallo, según el atributo color.

4.4.2 EVALUACION SENSORIAL FINAL DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA DEFINIR LA MUESTRA DESHIDRATADA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.22, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura de datos extraídos de la tabla E.4.6 (Anexo E.4).

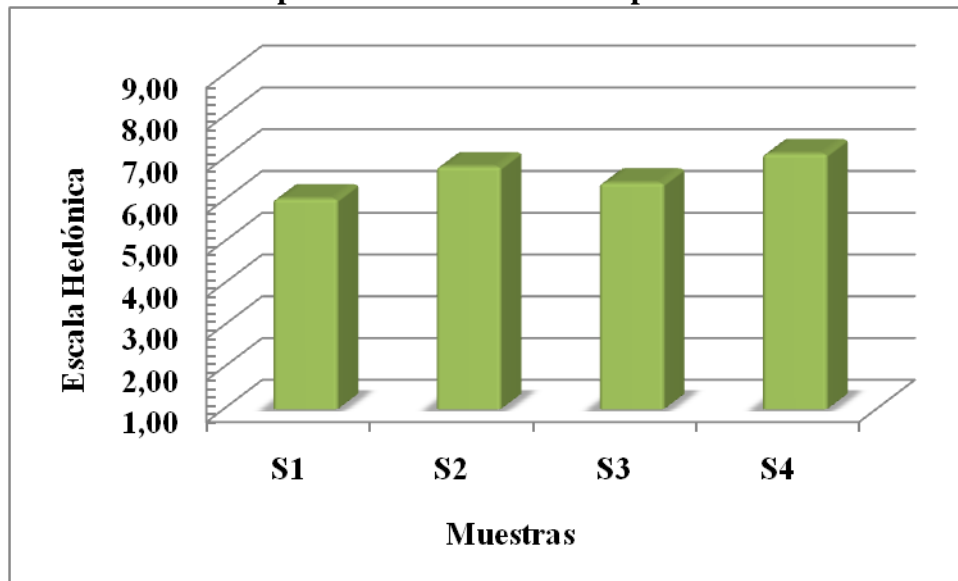
Tabla 4.22
Evaluación sensorial del atributo textura para definir la muestra deshidratada para obtener harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	S1	S2	S3	S4
1	6	7	5	7
2	5	6	6	8
3	8	8	7	8
4	6	8	6	9
5	5	7	6	5
6	5	7	6	5
7	6	7	6	8
8	5	6	5	6
9	5	7	5	7
10	5	7	7	8
11	5	7	6	8
12	6	7	6	8
13	7	4	6	6
14	4	5	6	7
15	7	8	8	8
16	8	6	8	8
17	5	5	5	5
18	6	6	6	7
19	7	6	7	6
20	8	8	8	8
21	4	8	4	8
22	7	7	8	7
23	7	7	7	8
24	7	7	7	7
25	7	9	8	6
26	6	7	8	7
Promedio	6,04	6,81	6,42	7,12

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.18, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica del atributo textura de datos extraídos de la tabla 4.22.

Figura 4.18
Valores promedio del atributo textura para definir la muestra deshidratada para obtener harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.18, se observa que las muestras S4 (7,12) y S2 (6,81) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras S3 (6,42) y S1 (6,04), que son menores en escala hedónica.

4.4.2.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA DEFINIR LA MUESTRA DESHIDRATADA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.23, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.4.10 (Anexo E.4).

Tabla 4.23
Prueba de Duncan del atributo textura para definir la muestra deshidratada para obtener harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
S4-S2	0,31	<	0,68	No hay diferencia significativa
S4-S3	0,70	<	0,70	No hay diferencia significativa
S4-S1	1,08	>	0,72	Si hay diferencia significativa
S2-S3	0,39	<	0,68	No hay diferencia significativa
S2-S1	0,77	>	0,70	Si hay diferencia significativa
S3-S1	0,38	<	0,72	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.23, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (S4-S1) y (S2-S1), que son significativos en comparación a los tratamientos (S4-S2), (S4-S3), (S2-S3) y (S3-S1); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra S4 (7,12) y tipo de corte rodajas a temperatura de 60 °C; como la mejor opción para obtener harina de zapallo, según el atributo textura.

4.4.3 EVALUACION SENSORIAL FINAL DEL ATRIBUTO ASPECTO PARA DEFINIR LA MUESTRA DESHIDRATADA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.24, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aspecto de datos extraídos de la tabla E.4.11 (Anexo E.4).

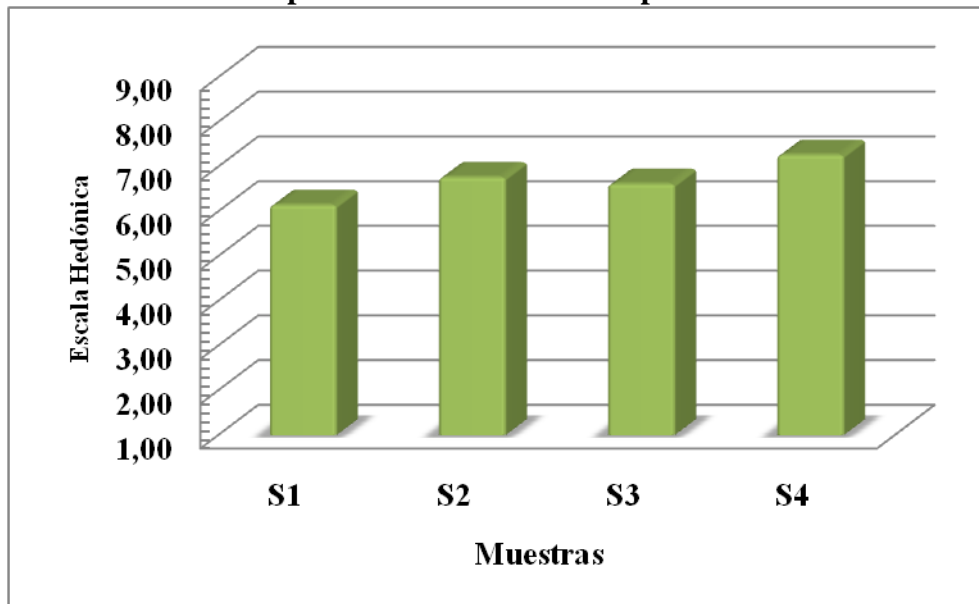
Tabla 4.24
Evaluación sensorial del atributo aspecto para definir la muestra deshidratada
para obtener harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	S1	S2	S3	S4
1	6	7	5	7
2	7	7	6	8
3	7	8	7	8
4	7	8	7	8
5	6	7	8	8
6	6	7	8	8
7	6	8	6	7
8	6	7	6	7
9	5	6	6	7
10	5	7	7	8
11	6	7	6	8
12	5	7	6	7
13	6	5	5	5
14	4	5	7	8
15	8	7	8	8
16	7	8	6	7
17	5	5	5	5
18	5	7	6	8
19	7	6	6	6
20	8	7	8	8
21	4	7	5	9
22	6	6	8	7
23	5	8	6	7
24	8	6	7	6
25	8	6	9	7
26	7	7	8	7
Promedio	6,15	6,77	6,62	7,27

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.19, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica del atributo aspecto de datos extraídos de la tabla 4.24.

Figura 4.19
Valores promedio del atributo aspecto para definir la muestra deshidratada para obtener harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.19, se observa que las muestras S4 (7,27) y S2 (6,77) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras S3 (6,62) y S1 (6,15), que son menores en escala hedónica.

4.4.3.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO ASPECTO PARA DEFINIR LA MUESTRA DESHIDRATADA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.25, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.4.15 (Anexo E.4).

Tabla 4.25
Prueba de Duncan del atributo aspecto para definir la muestra deshidratada para obtener harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
S4-S2	0,50	<	0,67	No hay diferencia significativa
S4-S3	0,65	<	0,70	No hay diferencia significativa
S4-S1	1,12	>	0,72	Si hay diferencia significativa
S2-S3	0,15	<	0,67	No hay diferencia significativa
S2-S1	0,62	<	0,70	No hay diferencia significativa
S3-S1	0,47	<	0,72	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.23, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (S4-S1); que son significativos en comparación a los tratamientos (S4-S2), (S4-S3), (S2-S3), (S2-S1) y (S3-S1); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra S4 (7,27) y tipo de corte rodajas a temperatura de 60 °C; como la mejor opción para obtener harina de zapallo, según el atributo aspecto.

Realizada la evaluación sensorial final, los jueces determinaron que la muestra deshidratada es de 60°C y tipo de corte rodajas (S4); con un puntaje en los atributos sensoriales de color (7,19); aspecto (7,27) y textura (7,12). Como así mismo, se puede observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos (muestras) para $p < 0,01$.

4.5 DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

El diseño experimental, se realizó con el propósito de establecer los factores que tienen mayor influencia en el proceso de secado para obtener harina de zapallo. Así mismo, se utilizó el algoritmo factorial 3^2 (figura 3.24); tomando en cuenta las variables de temperatura (50°C, 60°C y 70°C) y tipo de corte (ralla grande, ralla pequeña y rodajas).

La tabla 4.26, muestra los resultados del contenido de humedad base húmeda (Anexo A.2) de la variable respuesta del proceso de secado para obtener harina de zapallo.

Tabla 4.26
Contenido de humedad del diseño experimental en el proceso de secado para obtener harina de zapallo

Tipo de corte		Factor A						Total (Yi)
		Temperatura						
		50°C		60°C		70°C		
Factor B	Rallas grandes	5,92	11,79	6,90	12,3	5,70	7,24	31,33
		5,87		5,40		1,54		
	Rallas pequeñas	9,69	18,88	4,40	8,80	2,30	3,85	
		9,19		4,40		1,55		
	Rodajas	9,49	20,17	5,10	9,50	3,00	5,75	
		10,68		4,40		2,75		
Total (Yj)			50,84		30,60		16,84	98,28

Fuente: Elaboración propia

4.5.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.27 muestra los resultados del análisis de varianza del diseño 3^2 , para la variable respuesta (contenido de humedad) de datos extraídos de la tabla F.2.2 (Anexo F.2).

Tabla 4.27
Análisis de varianza del diseño experimental 3^2 en el proceso de secado para obtener harina de zapallo

Fuente de Variación (FV)	Suma cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
SS(T)	135,35	17			
SS(A)	97,50	2	48,75	39,28*	4,26
SS(B)	1,77	2	0,89	0,71	4,26
SS(AB)	24,90	4	6,23	5,02	3,63
SS(E)	11,17	9	1,24		

Fuente: Elaboración propia

* Significativo

La tabla 4.27 muestra que existe diferencia estadística significativa, para el factor A (temperatura) $SS(A)$; $F_{cal}(39,28) > F_{tab}(4,26)$ e interacción (temperatura-tipo corte) $SS(AB)$; $F_{cal}(5,02) > F_{tab}(3,63)$. Sin embargo, para el factor B (tipo de corte) $SS(B)$ no existe diferencia estadística significativa; ya que $F_{cal}(0,71) < F_{tab}(4,26)$. Para un límite de confianza del 95 %.

En cuanto se refiere el diseño experimental 3^2 en el proceso de secado para obtener harina de zapallo, se estableció que el factor A (temperatura) es significativo. Por lo tanto, se puede decir que es el factor que tiene mayor influencia; en comparación con el factor B (tipo de corte) que no es significativo para $p < 0,05$.

4.6 CINÉTICA EN EL PROCESO DE SECADO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.28, muestra los resultados de la cinética de secado para muestras de zapallo y tipo de corte rodajas de los datos experimentales de peso y contenido de humedad en base seca, que fueron extraídos de la tabla D.3 (Anexo D). Las condiciones del proceso de secado fueron las siguientes:

- Área de la bandeja de secado 0,1156 m²
- Cantidad de materia prima 143,93 g
- Contenido de humedad 137,64 %
- Contenido de materia seca 6,23 %
- Tiempo de secado 6,5 horas
- Temperatura de secado 60°C

Tabla 4.28
Cinética en el proceso de secado para obtener harina de zapallo

Tiempo (min)	Peso (g)	X (Kg/Kg)	Δx (Kg/Kg)	$\Delta x/\Delta \theta$ (Kg/Kg h)	W (Kg/m²h)	X media (Kg/Kg)
0	143,93	21,90	4,53	15,09	0,82	4,47
30	115,47	17,37	4,42	14,72	0,80	4,18
60	87,71	12,96	3,94	13,12	0,71	3,71
90	62,97	9,02	3,48	11,61	0,63	3,09
120	41,08	5,54	2,70	9,01	0,49	2,02
150	24,10	2,83	1,35	4,49	0,24	1,10
180	15,64	1,49	0,86	2,85	0,15	0,54
210	10,27	0,63	0,22	0,74	0,04	0,20
240	8,87	0,41	0,17	0,58	0,03	0,10
270	7,78	0,24	0,03	0,11	0,01	0,07
300	7,58	0,21	0,10	0,34	0,02	0,10
330	6,94	0,10	0,09	0,35	0,02	0,06
360	6,29	0,01	0,01	0,03	0,002	
390	6,23	0,00				

Fuente: Elaboración propia

Donde:

P = Peso de las muestras de zapallo

X = Humedad en base seca de las muestras de zapallo

Δx = Gradiente de humedad en base seca

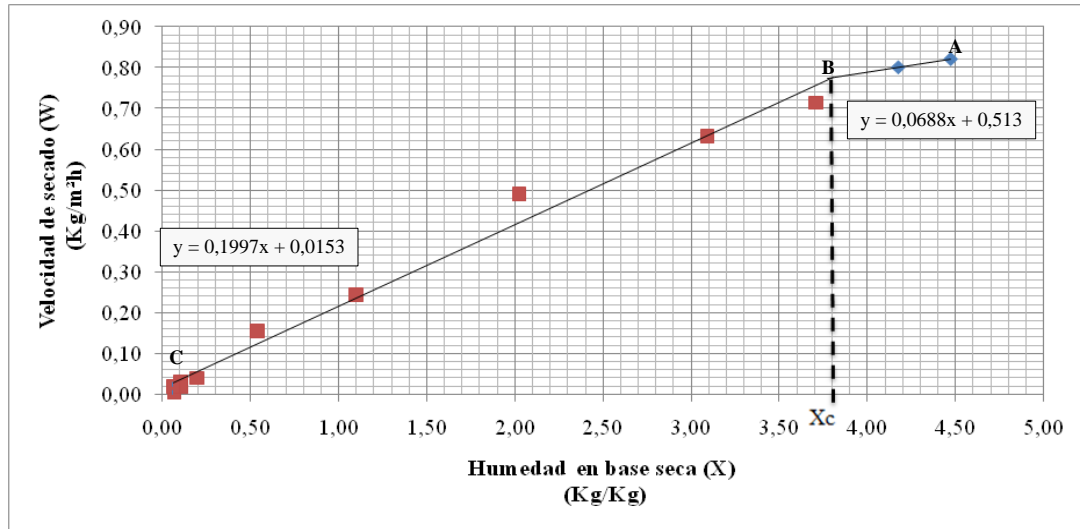
$\Delta x/\Delta \theta$ = Gradiente de humedad en base seca sobre el gradiente de tiempo

W = Velocidad de secado

X media = Humedad media

La figura 4.20, muestra la curva de velocidad de secado para muestras de zapallo en función del contenido de humedad media de datos obtenidos de la tabla 4.28.

Figura 4.20
Cinética en el proceso de secado para obtener harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.20, se muestra el comportamiento del contenido de humedad media; en relación con la velocidad de secado donde se puede establecer dos tramos distintos:

- El período ante crítico (tramo A-B), cuya velocidad es constante hasta que el contenido de humedad de las muestras alcanza un valor crítico, cuya expresión matemática ajustada, se demuestra en la ecuación 4.2 a.

$$y = 0,0688x + 0,513 \quad \text{(Ecuación 4.2 a)}$$

- El período post crítico representa el (tramos B-C) donde la velocidad de secado, decrece linealmente hasta que el contenido de humedad de las muestras alcance el valor de equilibrio; cuya expresión matemática ajustada, se demuestra en la ecuación 4.2 b.

$$y = 0,1997x + 0,0153 \quad \text{(Ecuación 4.2 b)}$$

4.7 CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA PARA LA HARINA DE ZAPALLO

Consultada la bibliografía, se pudo constatar que no existen datos sobre la clasificación granulométrica para harinas de origen vegetal. Por lo tal efecto, se procedió a clasificar a nivel experimental la harina de zapallo; utilizando tamices N°50 (0,3mm partículas gruesas), N° 80(0,18mm partículas intermedias) y tamiz colector (partículas finas).

Sin embargo, realizada las pruebas a nivel experimental utilizando el tamiz N°50 y N°80; mostraban similitud en sus atributos de color y aspecto; en relación a su granulometría. Por lo tanto, se decidió tomar en cuenta tan solo la granulometría intermedia y fina, como se detalla a continuación las siguientes muestras:

- ❖ H_1 = Tamizado 10 minutos y granulometría intermedia (tamiz N° 80).
- ❖ H_2 = Tamizado 10 minutos y granulometría fina (tamiz colector).
- ❖ H_3 = Tamizado 5 minutos y granulometría intermedia (tamiz N° 80).
- ❖ H_4 = Tamizado 5 minutos y granulometría fina (tamiz colector).

En tal sentido, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando 26 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, aspecto y granulometría.

4.7.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA CLASIFICAR GRANULOMÉTRICAMENTE LA HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.29, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color de datos extraídos de la tabla E.5.1 (Anexo E.5).

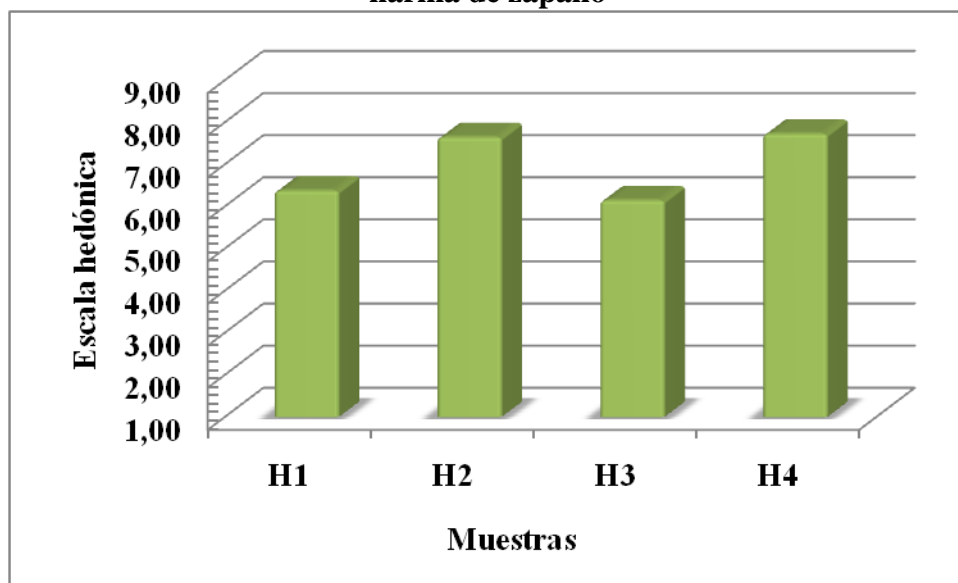
Tabla 4.29
Evaluación sensorial del atributo color para clasificar granulométricamente la
harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	H1	H2	H3	H4
1	6	7	6	8
2	4	6	5	7
3	9	7	8	7
4	7	8	7	8
5	7	9	7	8
6	8	8	8	8
7	8	7	8	6
8	5	8	6	9
9	8	9	5	5
10	6	7	5	8
11	8	7	7	9
12	5	8	6	7
13	6	8	7	7
14	9	7	8	6
15	4	7	3	8
16	5	8	5	8
17	5	6	4	7
18	6	8	7	8
19	8	9	8	9
20	7	8	7	9
21	5	8	5	8
22	8	9	8	9
23	6	7	6	7
24	4	8	4	8
25	7	8	6	9
26	5	7	4	8
Promedio	6,38	7,65	6,15	7,73

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.21, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica del atributo color de datos extraídos de la tabla 4.24.

Figura 4.21
Valores promedio del atributo color para clasificar granulométricamente la harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.21, se observa que las muestras H4 (7,73) y H2 (6,75) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras H1 (6,38) y H3 (6,15), que son menores en escala hedónica.

4.7.1.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR PARA CLASIFICAR GRANULOMÉTRICAMENTE LA HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.30, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.5.5 (Anexo E.5).

Tabla 4.30
Prueba de Duncan del atributo color para clasificar granulométricamente la
harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
H4-H2	0,08	<	0,78	No hay diferencia significativa
H4-H1	1,35	>	0,82	Si hay diferencia significativa
H4-H3	1,58	>	0,84	Si hay diferencia significativa
H2-H1	1,27	>	0,78	Si hay diferencia significativa
H2-H3	1,50	>	0,82	Si hay diferencia significativa
H1-H3	0,23	<	0,84	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.30, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (H4–H1), (H4–H3), (H2–H1) y (H2–H3); que son significativos en comparación a los tratamientos (H4–H2) y (H1–H3); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra H4 (7,73) tiempo de tamizado 5 minutos y granulometría fina; como la mejor opción para la harina de zapallo según el atributo color.

4.7.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ASPECTO PARA CLASIFICAR GRANULOMÉTRICAMENTE LA HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.29, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aspecto de datos extraídos de la tabla E.5.6 (Anexo E.5).

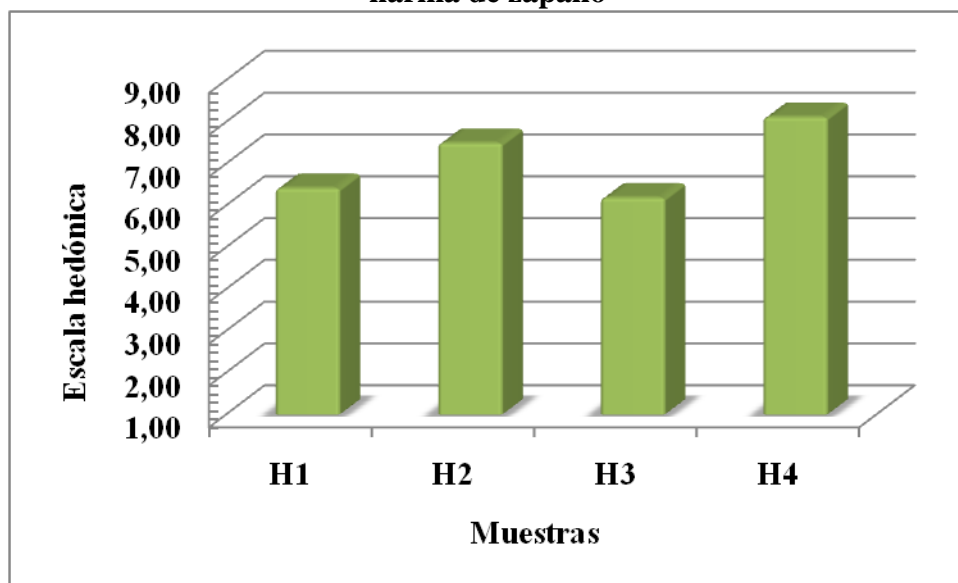
Tabla 4.31
Evaluación sensorial del atributo aspecto para clasificar granulométricamente la
harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	H1	H2	H3	H4
1	6	7	6	8
2	4	6	5	7
3	9	7	8	8
4	7	8	8	9
5	7	9	8	8
6	8	9	8	9
7	9	7	7	8
8	6	7	5	8
9	6	7	6	8
10	6	7	5	8
11	8	7	7	9
12	5	6	5	8
13	6	8	6	7
14	9	6	8	7
15	5	7	5	8
16	5	8	5	8
17	4	7	4	8
18	7	8	7	8
19	8	9	6	9
20	6	7	6	8
21	5	8	5	8
22	8	9	8	9
23	7	8	7	8
24	5	8	5	8
25	7	8	7	9
26	4	7	4	8
Promedio	6,42	7,50	6,19	8,12

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.22, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica del atributo aspecto de datos extraídos de la tabla 4.31.

Figura 4.22
Valores promedio del atributo aspecto para clasificar granulométricamente la harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.22, se observa que las muestras H4 (8,12) y H2 (7,50) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras H1 (6,42) y H3 (6,19), que son menores en escala hedónica.

4.7.2.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO ASPECTO PARA CLASIFICAR GRANULOMÉTRICAMENTE LA HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.32, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.5.10 (Anexo E.5).

Tabla 4.32
Prueba de Duncan del atributo aspecto para la clasificación granulométrica para harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
H4-H2	0,62	<	0,64	No hay diferencia significativa
H4-H1	1,70	>	0,66	Si hay diferencia significativa
H4-H3	1,93	>	0,68	Si hay diferencia significativa
H2-H1	1,08	>	0,64	Si hay diferencia significativa
H2-H3	1,31	>	0,66	Si hay diferencia significativa
H1-H3	0,23	<	0,68	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.32, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (H4–H1), (H4–H3), (H2–H1) y (H2–H3); que son significativos en comparación a los tratamientos (H4–H2) y (H1–H3); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra H4 (8,12) tiempo de tamizado 5 minutos y granulometría fina; como la mejor opción para la harina de zapallo según el atributo aspecto.

4.7.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO GRANULOMETRÍA PARA CLASIFICAR LA HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.33, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo granulometría de datos extraídos de la tabla E.5.11 (Anexo E.5).

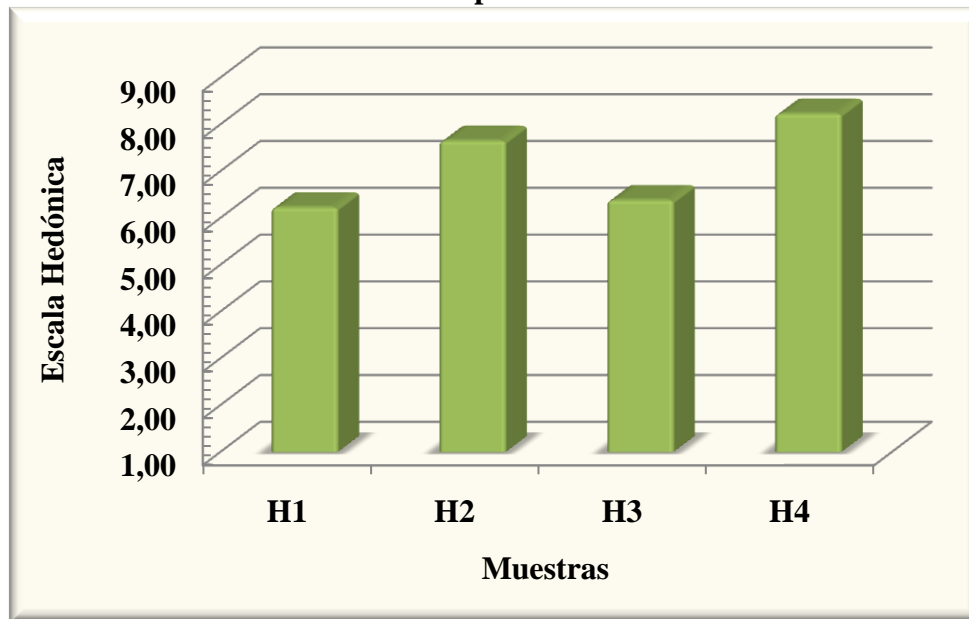
Tabla 4.33
Evaluación sensorial del atributo granulometría para clasificar la harina de zapallo

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	H1	H2	H3	H4
1	6	7	6	8
2	4	6	5	7
3	8	8	9	8
4	6	8	7	9
5	7	9	7	8
6	6	8	7	9
7	9	7	8	8
8	5	8	5	9
9	8	9	7	9
10	6	8	6	9
11	8	8	8	9
12	5	6	5	8
13	5	8	7	7
14	8	6	7	9
15	4	8	4	7
16	5	8	5	9
17	4	6	4	7
18	7	8	8	8
19	7	8	7	8
20	7	8	7	7
21	5	8	5	8
22	9	8	9	8
23	6	8	6	9
24	5	8	6	9
25	7	8	7	9
26	5	7	4	8
Promedio	6,23	7,65	6,38	8,23

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.23, muestra los resultados promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica del atributo granulometría de datos extraídos de la tabla 4.33.

Figura 4.23
Valores promedio del atributo granulometría para clasificar la harina de zapallo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.23, se observa que las muestras H4 (8,23) y H2 (7,65) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con las muestras H3 (6,38) y H1 (6,23), que son menores en escala hedónica.

4.7.3.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO GRANULOMETRÍA PARA CLASIFICAR LA HARINA DE ZAPALLO

La tabla 4.34, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.5.15 (Anexo E.5).

Tabla 4.34
Prueba de Duncan del atributo granulometría para clasificar la harina de zapallo

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
H4-H2	0,58	<	0,67	No hay diferencia significativa
H4-H3	1,85	>	0,70	Si hay diferencia significativa
H4-H1	2,00	>	0,72	Si hay diferencia significativa
H2-H3	1,27	>	0,67	Si hay diferencia significativa
H2-H1	1,42	>	0,70	Si hay diferencia significativa
H3-H1	0,15	<	0,72	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.34, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (H4–H3), (H4–H1), (H2–H3) y (H2–H1); que son significativos en comparación a los tratamientos (H4–H2) y (H1–H3); que no son significativos para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta la muestra H4 (8,23) tiempo de tamizado 5 minutos y granulometría fina; como la mejor opción para la granulometría de la harina de zapallo.

Realizada la evaluación sensorial para clasificar la granulometría de la harina de zapallo, los jueces determinaron que hay preferencia por la granulometría fina (H4) y tamizado 5 minutos; con un puntaje en los atributos sensoriales de color (7,73); aspecto (8,12) y granulometría (8,23). Como así mismo, se puede observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos (muestras) para $p < 0,01$.

4.8 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL (HARINA DE ZAPALLO)

Para la caracterización del producto final (harina de zapallo), se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

4.8.1 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL

La tabla 4.35, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando 26 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, olor, aspecto y granulometría. Los datos fueron extraídos de la tabla E.6.1 (Anexo E.6).

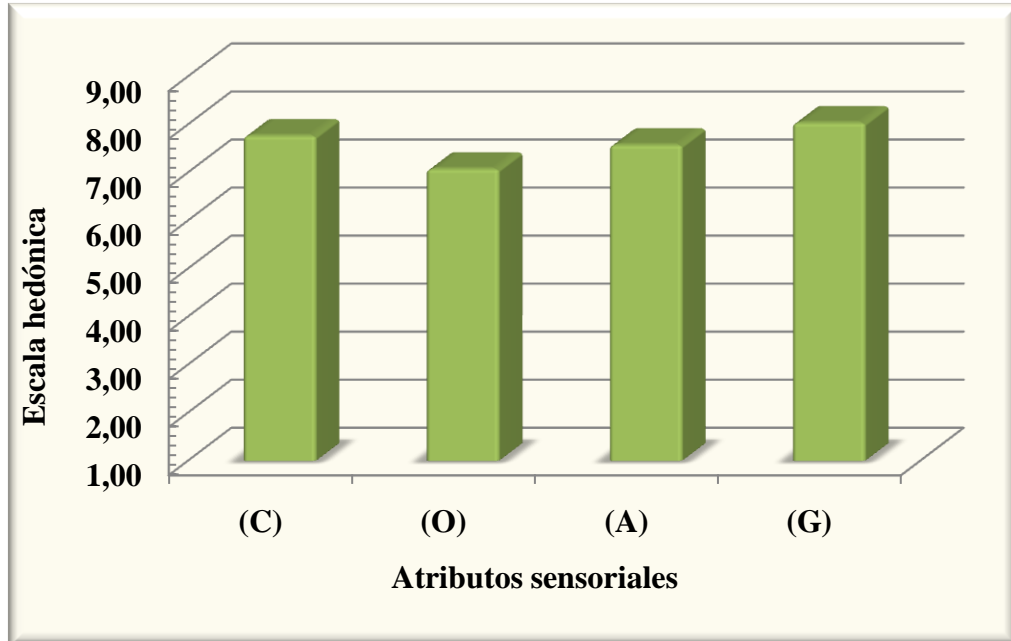
Tabla 4.35
Evaluación sensorial de las propiedades organolépticas del producto final

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	Color (C)	Olor (O)	Aspecto (A)	Granulometría (G)
1	8	7	9	8
2	8	6	7	7
3	7	6	7	8
4	7	8	8	6
5	8	7	8	8
6	8	7	9	8
7	8	8	7	8
8	6	6	7	8
9	7	7	8	8
10	8	7	8	9
11	9	8	9	9
12	8	8	8	9
13	9	7	8	8
14	8	7	6	8
15	7	7	7	7
16	8	5	6	9
17	8	5	6	7
18	8	7	8	8
19	8	7	7	8
20	7	7	8	8
21	8	8	9	9
22	7	9	8	7
23	8	7	7	9
24	8	8	7	8
25	8	8	8	9
26	8	7	7	8
Promedio	7,77	7,08	7,58	8,04

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.24, muestra los valores promedio de la evaluación sensorial en escala hedónica de los atributos color, olor, aspecto y granulometría de datos extraídos de la tabla 4.35.

Figura 4.24
Valores promedio de las propiedades organolépticas del producto final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.24, se observa que los atributos granulometría (8,04) y color (7,77) tienen mayor puntuación promedio; en comparación con los atributos aspecto (7,58) y olor (7,08) que son menores en escala hedónica.

4.8.1.1 PRUEBA DE DUNCAN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL

La tabla 4.36, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de datos extraídos de la tabla E.6.5 (Anexo E.6).

Tabla 4.36
Prueba de Duncan de las propiedades organolépticas del producto final

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
Granulometría - Color	0,27	<	0,52	No hay diferencia significativa
Granulometría - Aspecto	0,46	<	0,55	No hay diferencia significativa
Granulometría - Olor	0,96	>	0,56	Si hay diferencia significativa
Color - Aspecto	0,19	<	0,52	No hay diferencia significativa
Color - Olor	0,69	>	0,55	Si hay diferencia significativa
Aspecto - Olor	0,50	<	0,56	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.36, se observa que existe evidencia estadística entre los tratamientos (granulometría–olor) y (color–olor); que son significativos en comparación a los tratamientos (granulometría-color), (granulometría-aspecto), (color-aspecto) y (aspecto-olor); que no son significativos para $p < 0,01\%$. Pero analizando la preferencia de los jueces, se tomó en cuenta el atributo granulometría (8,04) como el más sobresaliente en el producto final.

Según los jueces mostraron preferencia por el producto final, para los atributos sensoriales de granulometría (8,04); color (7,77); aroma (7,08) y aspecto (7,58). Evidenciando, que hay mayor aceptación por los jueces para los atributos de color y tamaño de partícula y no así para aroma; y aspecto. Asimismo, se pudo observar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos (atributos) para $p < 0,01$.

4.8.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO FINAL

La tabla 4.37, muestra los resultados del análisis fisicoquímico del producto final de datos obtenidos del Anexo A.1.2.

Tabla 4.37
Propiedades fisicoquímicas del producto final

Componentes	Unidades	Valores
Energía	Kcal/100 g	325,77
Humedad	%	8,04
Proteína	%	14,06
Hidratos de carbono	%	53,68
Materia grasa	%	6,09
Fibra	%	15,39
Cenizas	%	2,74
Hierro	mg/100 g	3,55
Potasio	mg/Kg	127,0
Acidez (ácido cítrico)	%	0,003

Fuente: CEANID, 2013

En la tabla 4.47, se observa los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de zapallo (producto final): humedad del 8,04%; proteína del 14,06%; hidratos de carbono 53,68%; materia grasa 6,09%; fibra de 15,39%; cenizas 2,74%; hierro 3,55mg/100 g; potasio 127,0 mg/1 kg; acidez de 0,003 % y valor energético de 325,77 Kcal/ 100g.

4.8.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL

La tabla 4.38, muestras los resultados del análisis microbiológico del producto final de datos obtenidos del Anexo A.1.2.

Tabla 4.38
Análisis microbiológico del producto final

Parámetros	Unidades	Valores
Mohos	ufc /g	< 10
Levaduras	ufc /g	< 10
Bacterias aerobios mesófilos	ufc /g	9,2x10 ³

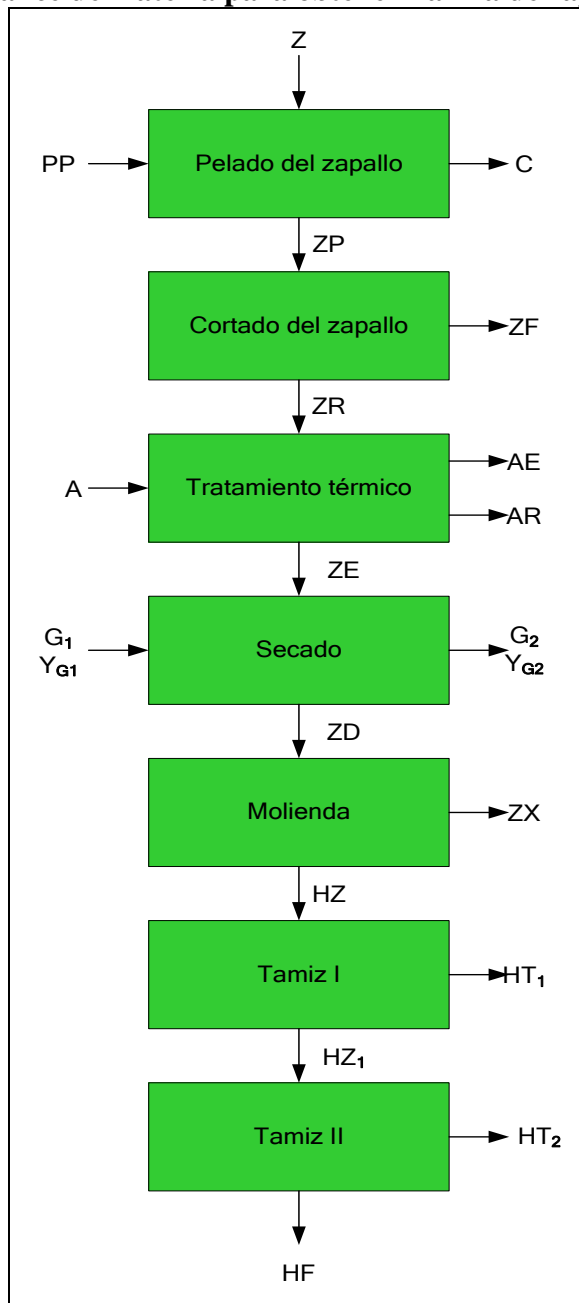
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.38, el producto final presenta mohos y levaduras < 10 ufc/g y 9,2x10³ ufc/g de bacterias aerobios mesófilos.

4.9 BALANCE DE MATERIA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

El balance de materia en el proceso para obtener harina de zapallo, se realizó tomando en cuenta el siguiente diagrama de bloques representado en la figura 4.25.

Figura 4.25
Balance de materia para obtener harina de zapallo



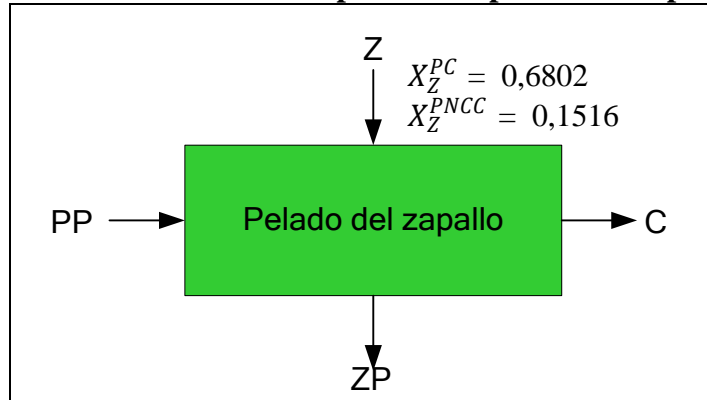
Donde:

- Z** = Peso del zapallo entero fresco (g)
- PP** = Peso del endocarpio y semillas (g)
- C** = Peso de la cáscara (g)
- ZP** = Peso de la pulpa de zapallo (g)
- ZF** = Peso de la pulpa de zapallo pérdida en el cortado en rodajas (g)
- ZR** = Peso de la pulpa de zapallo cortado en rodajas (g)
- A** = Peso del agua que entra al proceso (ml)
- AE** = Peso del agua evaporada (ml)
- AR** = Peso del agua que sale del proceso (ml)
- ZE** = Peso de las muestras de zapallo escaldadas (g)
- G₁** = Peso del aire en la entrada del proceso (g)
- G₂** = Peso del aire a la salida del proceso (g)
- Y_{G1}** = Humedad absoluta: entrada del proceso (Kg agua/Kg aire seco)
- Y_{G2}** = Humedad absoluta: salida del proceso (Kg agua/Kg aire seco)
- ZD** = Peso de las muestras de zapallo deshidratadas (g)
- ZX** = Peso de los residuos de harina (g)
- HZ** = Peso de la harina de zapallo (g)
- HZ₁** = Peso de intermedios de la harina de zapallo (g)
- HT₁** = Peso de gruesos de la harina de zapallo (g)
- HT₂** = Peso de gruesos de la harina de zapallo (g)
- HF** = Peso de la harina fina (g)

4.9.1 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PELADO DEL ZAPALLO

La figura 4.26, muestra el balance de materia en el proceso de pelado del zapallo. El cual, se realizó en base a 10 Kg de zapallo y de datos obtenidos de la tabla 4.1 para porción comestible de 68,02 % y porción no comestible (cáscara) del 15,16 %.

Figura 4.26
Balance de materia en el proceso de pelado del zapallo



Balance global de materia en el proceso del pelado del zapallo:

$$Z = PP + C + ZP \quad \text{(Ecuación 4.3)}$$

Donde:

$$Z = 10000 \text{ g} \quad X_Z^{PC} = 0,6802$$

$$X_Z^{PNCC} = 0,1516$$

Balance parcial de materia para la porción comestible del zapallo en el proceso del pelado del zapallo:

$$ZX_Z^{PC} = PPX_{PP}^{PC} + CX_C^{PC} + ZPX_{ZP}^{PC} \quad \text{(Ecuación 4.4)}$$

Despejando ZP de la ecuación 4.4:

$$ZP = \frac{ZX_Z^{PC}}{X_{ZP}^{PC}} \quad \text{(Ecuación 4.5)}$$

Por lo tanto tenemos:

$$ZP = \frac{10000 \text{ g} * 0,6802}{1} = 6802 \text{ g}$$

Balance parcial de materia para la porción no comestible (cáscara) de zapallo en el proceso del pelado del zapallo:

$$CX_C^{PNCC} = ZX_Z^{PNCC} - PPX_{PP}^{PNCC} - ZPX_{ZP}^{PNCC} \quad \text{(Ecuación 4.6)}$$

Despejando C de la ecuación 4.6:

$$C = \frac{ZX_Z^{PNCC}}{X_C^{PNCC}} \quad \text{(Ecuación 4.7)}$$

Por lo tanto tenemos:

$$C = \frac{10000 \text{ g} * 0,1516}{1} = 1516 \text{ g}$$

Despejando PP de la ecuación 4.3:

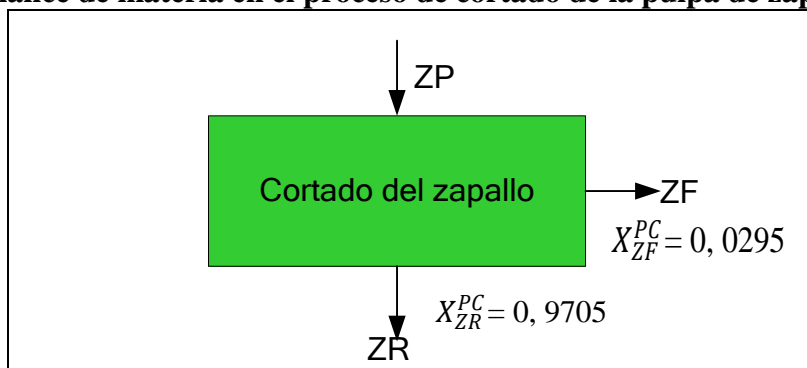
$$PP = Z - C + ZP \quad (\text{Ecuación 4. 8})$$

$$PP = 10000 \text{ g} - 1516 \text{ g} - 6802 \text{ g} = 1682 \text{ g}$$

4.9.2 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE CORTADO DE LA PULPA DE ZAPALLO

La figura 4.27, muestra el balance de materia en el proceso de cortado de la pulpa de zapallo de datos de pérdida de pulpa en el cortado, que corresponde al 2,95%.

Figura 4.27
Balance de materia en el proceso de cortado de la pulpa de zapallo



Balance global de materia en el proceso de cortado del zapallo:

$$ZP = ZF + ZR \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

Donde:

$$ZP = 6802 \text{ g}$$

$$X_{ZF}^{PC} = 0,0295$$

$$X_{ZR}^{PC} = 0,9705$$

Tenemos que ZF es:

$$ZF = ZP X_{ZF}^{PC} \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

$$ZF = 6802 \text{ g} * 0,0295 = 200,66 \text{ g}$$

Tenemos que ZR es:

$$ZR = ZP X_{ZR}^{PC} \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

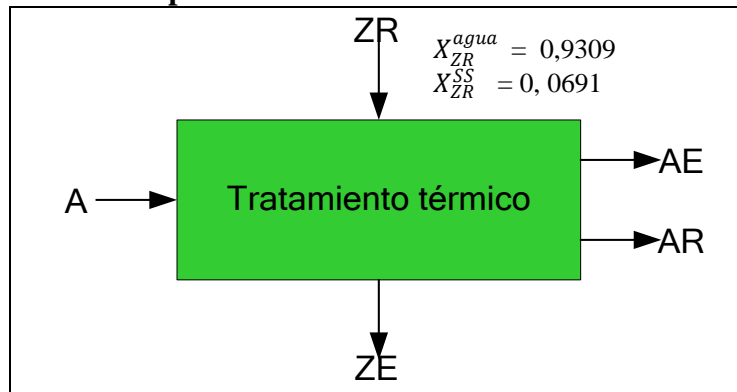
$$ZR = 6802 \text{ g} * 0,9705 = 6601,34 \text{ g}$$

4.9.3 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LAS MUESTRAS DE ZAPALLO

La figura 4.28, muestra el balance de materia en el proceso de tratamiento térmico de las muestras de zapallo. Para realizar el balance de materia, se tomó en cuenta datos promedio experimentales donde se tiene que del total de agua que ingresa al proceso se evapora el 13,7 % y el 85 % sale del proceso como agua residual. Así mismo, se utilizó la humedad de la pulpa de zapallo del 93,09 % (tabla 4.2).

Figura 4.28

Balance de materia en el proceso de tratamiento térmico de las muestras de zapallo



Balance global de materia en el proceso de tratamiento térmico:

$$A + ZR = AE + AR + ZE \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

Donde:

$$\begin{aligned} A &= 10900 \text{ g} & X_{ZR}^{agua} &= 0,9309 \\ ZR &= 6601,34 \text{ g} & X_{ZR}^{SS} &= 0,0691 \\ ZE &= 7098,92 \text{ g} \end{aligned}$$

Balance parcial de materia de las muestras de zapallo sólido seco en el proceso de tratamiento térmico:

$$\overset{0}{A} X_A^{SS} + \overset{0}{ZR} X_{ZR}^{SS} = \overset{0}{AE} X_{AE}^{SS} + \overset{0}{AR} X_{AR}^{SS} + ZE X_{ZE}^{SS} \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

Despejando X_{ZE}^{SS} de la ecuación 4.13, tenemos:

$$X_{ZE}^{SS} = \frac{ZR X_{ZR}^{SS}}{ZE} \quad (\text{Ecuación 4.14})$$

Por lo tanto:

$$X_{ZE}^{SS} = \frac{6527,14 \text{ g} * 0,0691}{7098,92} = 0,0635$$

Para calcular la cantidad de agua residual tenemos que:

$$AR = A * 0,85 \quad (\text{Ecuación 4.15})$$

$$AR = 10900 \text{ g} * 0,85 = 9265 \text{ g}$$

Para calcular la cantidad de agua evaporada tenemos que:

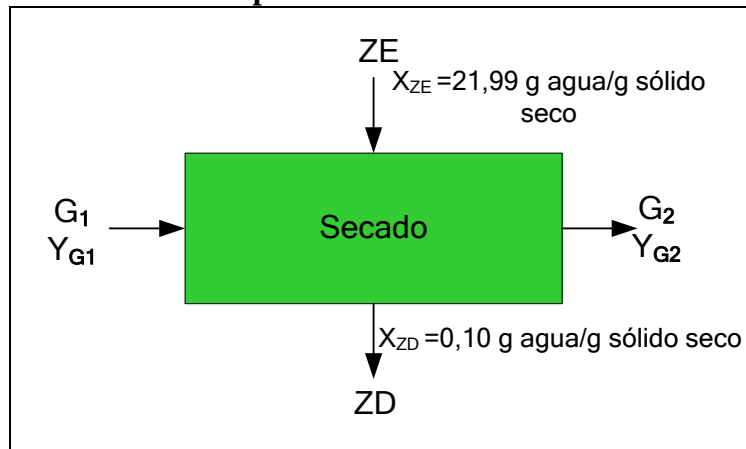
$$AE = A * 0,137 \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

$$AE = 10900 \text{ g} * 0,137 = 1493,3 \text{ g}$$

4.9.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SECADO DE LAS MUESTRAS DE ZAPALLO

La figura 4.29, muestra el balance de materia en el proceso de secado de las muestras de zapallo. Para tal efecto, se tomó en cuenta el contenido de humedad en base húmeda, contenido de humedad en base seca y condiciones del aire.

Figura 4.29
Balance de materia en el proceso de secado de las muestras de zapallo



Balance global de materia en el proceso de secado:

$$ZE + G_1 = ZD + G_2 \quad (\text{Ecuación 4.17})$$

Donde:

$$ZE = 7098,92 \text{ g}$$

$$ZD = 310,93 \text{ g}$$

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

$$ZE X_{ZE} + G_1 Y_{G1} = ZD X_{ZD} + G_2 Y_{G2} \quad (\text{Ecuación 4.18})$$

Considerando un sistema abierto tenemos:

$$m_{SS} = ZE = ZD \text{ Cantidad de materia seca (g)}$$

$$G = G_1 = G_2 \text{ Cantidad de aire seco (g)}$$

La cantidad de materia seca (m_{ss}) es de 310,93 g (para una cantidad de 7098,92 g de pulpa de zapallo).

Reemplazando variables en la ecuación 4.18 tenemos:

$$m_{SS} X_{ZE} + G Y_{G1} = m_{SS} X_{ZD} + G Y_{G2} \quad \text{(Ecuación 4.19)}$$

Ordenando las variables de la ecuación 4.19 tenemos:

$$m_{SS} X_{ZE} - m_{SS} X_{ZD} = G Y_{G2} - G Y_{G1} \quad \text{(Ecuación 4.20)}$$

Factorizando m_{ss} y G tenemos:

$$m_{SS} (X_{ZE} - X_{ZD}) = G (Y_{G2} - Y_{G1}) \quad \text{(Ecuación 4.21)}$$

Despejando G tenemos:

$$G = \frac{m_{SS} (X_{ZE} - X_{ZD})}{(Y_{G2} - Y_{G1})} \quad \text{(Ecuación 4.22)}$$

Según (Zrazhevskiy, 2013), la altura de la ciudad de Tarija es de 1866 msnm y los datos fueron introducidos en el software Akton de psicrometría el cual se detalla en tabla 4.39, los resultados de las propiedades psicrométricas en base a temperatura de bulbo seco (Tbs) y bulbo húmedo (Tbh) en la entrada y salida del secador.

Tabla 4.39
Propiedades psicrométricas del aire

Propiedades	Aire frío	Aire caliente	Aire saturado
Tbs (°C)	19 °C	60 °C	27 °C
Tbh (°C)	11 °C	24 °C	16 °C
HR (%)	41,1	6,00	35,6
Y (Kg agua/Kg de aire)	0,00701	0,00922	0,00986
H (KJ/Kg)	36,84	84,36	52,21
Ve (m ³ / Kg)	1,049	1,2	1,082

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Tbs = Temperatura de bulbo seco

Tbh = 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 4.23, citado por (Valiente, 1994).

$$AE = S (W_1 - W_2) \quad \text{(Ecuación 4.23)}$$

Donde:

AE = Cantidad de agua evaporada (g)

W₁ = Contenido de humedad en base seca del alimento (g agua/g sólido seco)

W₂ = Contenido de humedad en base seca del producto (g agua/g sólido seco)

Reordenando la ecuación 4.23 en función del contenido de humedad tenemos:

$$AE = m_{SS} (X_{ZE} - X_{ZD}) \quad \text{(Ecuación 4.24)}$$

Donde:

X_{ZE} = 21,99 g agua/g sólido seco, tomado de la tabla D.3 (Anexo D)

X_{ZD} = 0,10 g agua/g sólido seco, tomado de la tabla D.3 (Anexo D)

Por lo tanto AE = 310,93 g (21,99 – 0,10) g agua/g sólido seco.

AE = 6806,26 g de agua evaporada en el proceso de secado.

Remplazando G de la ecuación 4.22 tenemos:

$$G = \frac{6806,26 \text{ g de agua}}{(0,00986 - 0,00701) \frac{\text{g de agua}}{\text{g aire seco}}} = 2388161,40 \text{ g aire seco} = 2388,16 \text{ Kg aire seco}$$

$$G = \frac{2388,16 \text{ Kg de aire seco}}{6,5 \text{ h}} = 367,41 \text{ Kg de aire seco /h}$$

Para calcular la cantidad de caudal de aire, se tomó en cuenta la ecuación 4.25 citado por (Valiente, 1994). El volumen específico del aire fue extraído de la tabla 4.39; siendo el volumen específico (Ve) = 1,049 m³/Kg.

$$G_1 = G * Ve \quad \text{(Ecuación 4.25)}$$

Donde:

G₁ = Volumen de aire seco (m³/min)

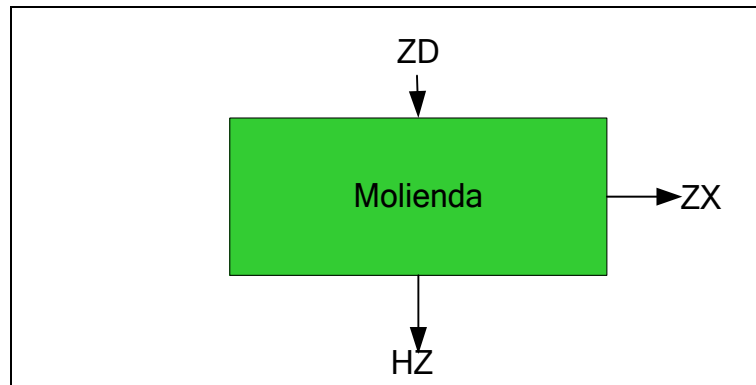
Remplazando datos en la ecuación 4.25 tenemos:

$$G_1 = 367,41 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 1,049 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \quad \longrightarrow \quad G_2 = 385,41 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 6,42 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

4.9.5 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE MOLIENDA DE LAS MUESTRAS DE ZAPALLO DESHIDRATADAS

En la figura 4.30, se observa el balance de materia en el proceso de molienda para las muestras de zapallo deshidratadas

Figura 4.30
Balance de materia en el proceso de molienda de las muestras de zapallo deshidratadas



Balance global de materia en el proceso de molienda:

$$ZD = ZX + HZ \quad \text{(Ecuación 4.26)}$$

Donde:

$$ZD = 310,93 \text{ g}$$

$$HZ = 290,71 \text{ g}$$

Tenemos:

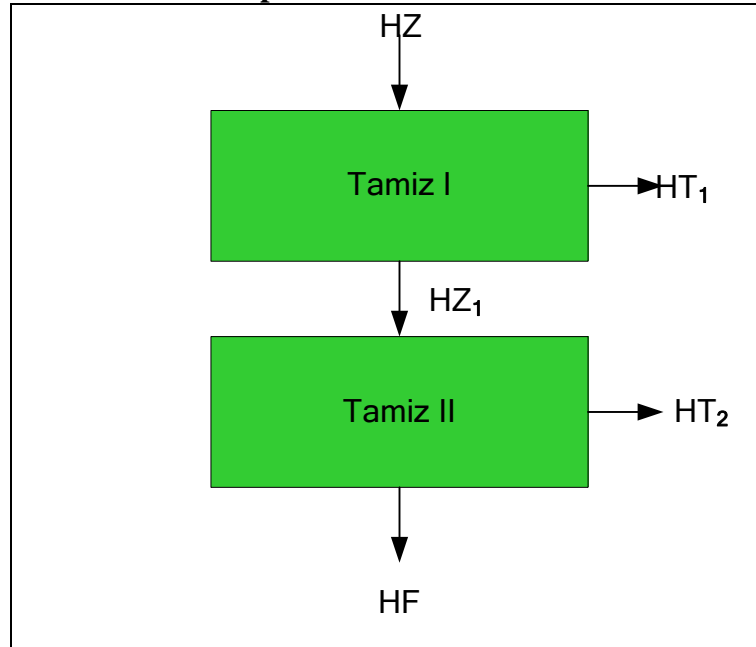
$$ZX = ZD - HZ \quad \text{(Ecuación 4.27)}$$

$$ZX = 310,93 \text{ g} - 290,71 \text{ g} = 20,22 \text{ g}$$

4.9.6 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE TAMIZADO DE LA HARINA DE ZAPALLO

En la figura 4.31, se muestra el balance de materia en el proceso de tamizado de la harina de zapallo.

Figura 4.31
Balance de materia en el proceso de tamizado de la harina de zapallo



Balance de materia global en el tamiz I:

$$HZ = HT_1 + HZ_1 \quad \text{(Ecuación 4.28)}$$

Donde:

$$HZ = 290,71 \text{ g}$$

$$HT_1 = 136,14 \text{ g}$$

Tenemos:

$$HZ_1 = HZ - HT_1 \quad \text{(Ecuación 4.29)}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.29 tenemos:

$$HZ_1 = 290,71 \text{ g} - 136,14 \text{ g} = 154,57 \text{ g}$$

Balance de materia global en el tamiz II:

$$HZ_1 = HT_2 + HF \quad \text{(Ecuación 4.30)}$$

Donde:

$$HZ_1 = 154,57 \text{ g}$$

$$HF = 74,65 \text{ g}$$

Tenemos:

$$HT_2 = HZ_1 - HF \quad \text{(Ecuación 4.31)}$$

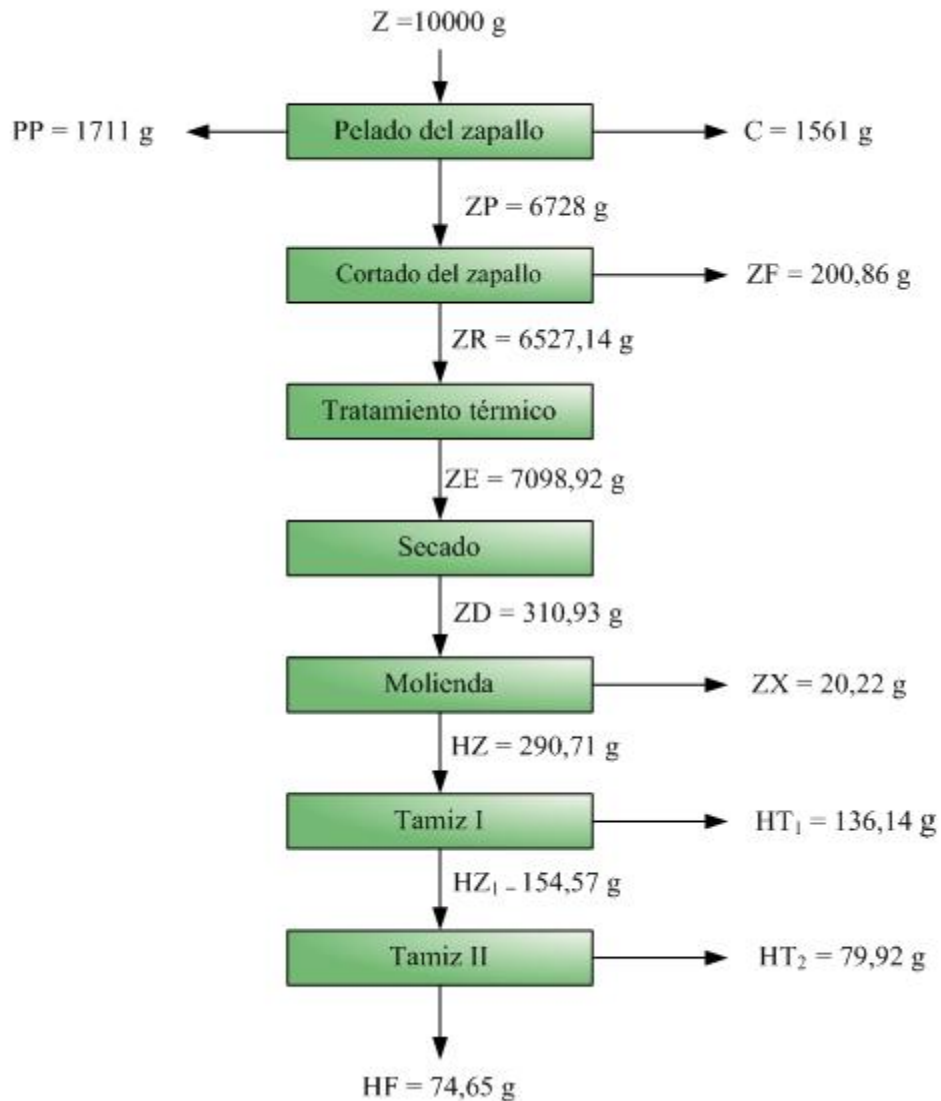
Reemplazando datos en la ecuación 4.31 tenemos:

$$HT_2 = 154,57 \text{ g} - 74,65 \text{ g} = 79,92 \text{ g}$$

4.9.7 RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE MATERIA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

La figura 4.32 muestra el resumen general del balance de materia para obtener harina de zapallo.

Figura 4.32
Resumen general del balance de materia para obtener harina de zapallo



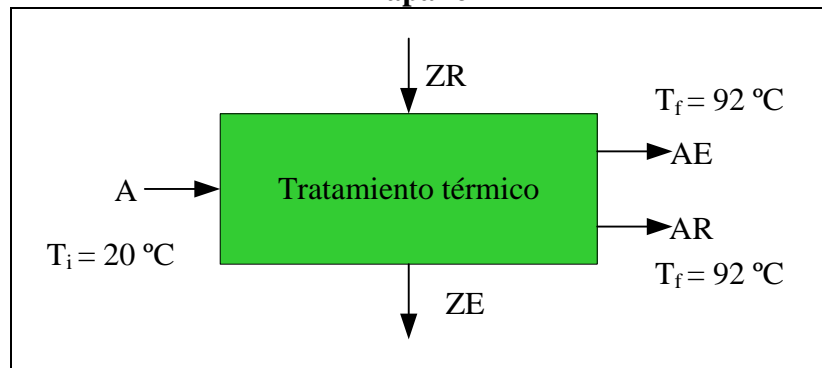
4.10 BALANCE DE ENERGÍA PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

El balance de energía, se realizó en el proceso de tratamiento térmico y secado de las muestras de zapallo.

4.10.1 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO

La figura 4.33 muestra el balance de energía en el proceso de tratamiento térmico de las muestras de zapallo.

Figura 4.33
Balance de energía en el proceso de tratamiento térmico de las muestras de zapallo



El balance de energía viene dado por la ecuación 4.32 citado por (Lomas, 2002).

$$Q_g = m * C_p * \Delta T + \lambda * V \quad \text{(Ecuación 4.32)}$$

Desarrollando la ecuación 4.32, en función de los elementos que intervienen en el proceso de tratamiento térmico (recipientes de acero inoxidable y muestras de zapallo), tenemos la ecuación 4.33.

$$Q_g = m_o * C_{p_o} + m_z * C_{p_z} * (T_f - T_i) + \lambda * m_{AE} \quad \text{(Ecuación 4.33)}$$

Donde:

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

m_o = Masa del recipiente de acero inoxidable (Kg)

C_{p_o} = Calor específico del acero inoxidable (Kj/Kg °K)

m_z = Masa de las muestras de zapallo (Kg)
 C_{pz} = Calor específico de las muestras de zapallo (Kj/Kg °K)
 T_f = Temperatura final (°K)
 T_i = Temperatura inicial (°K)
 λ = Calor latente de vaporización del agua (Kj/Kg)
 m_{AE} = Masa del agua evaporada (Kg)

Para determinar el calor específico de las muestras de zapallo, se tomó en cuenta la ecuación 4.34 citado por (Lewis, 1993).

$$C_{pz} = X_a * C_{pa} + X_c * C_{pc} + X_p * C_{pp} + X_g * C_{pg} + X_{ce} * C_{pce} \quad \text{(Ecuación 4.34)}$$

Donde:

X_a = Fracción de masa de agua
 C_{pa} = Calor específico del agua (Kj/Kg °K)
 X_c = Fracción de masa de los carbohidratos
 C_{pc} = Calor específico de los carbohidratos (Kj/Kg °K)
 X_p = Fracción de masa de las proteínas
 C_{pp} = Calor específico de las proteínas (Kj/Kg °K)
 X_g = Fracción de masa de las grasas
 C_{pg} = Calor específico de las grasas (Kj/Kg °K)
 X_{ce} = Fracción de masa de las cenizas
 C_{pce} = Calor específico de las cenizas (Kj/Kg °K)

De acuerdo a datos tememos:

$X_a = 0,9309$ (tabla 4.2)
 $C_{pa} = 4,18$ Kj/Kg °K (Lewis, 1993)
 $X_c = 0,0497$ (tabla 4.2)
 $C_{pc} = 1,4$ Kj/Kg °K (Lewis, 1993)
 $X_p = 0,0069$ (tabla 4.2)
 $C_{pp} = 1,6$ Kj/Kg °K (Lewis, 1993)
 $X_g = 0,0001$ (tabla 4.2)
 $C_{pg} = 1,7$ Kj/Kg °K (Lewis, 1993)

$$X_{ce} = 0,0039 \text{ (tabla 4.2)}$$

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

Remplazando datos en la ecuación 4.34 tenemos:

$$C_{p_z} = 0,9309 * 4,18 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} + 0,0497 * 1,4 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} + 0,0069 * 1,6 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} + 0,0001 * 1,7 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} + 0,0039 * 0,8 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$C_{p_z} = 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

Para realizar el tratamiento térmico, se utilizo un recipiente de acero inoxidable de una capacidad de 1,5 Kg y una cantidad de pulpa de zapallo de 6,527 Kg. Para tal efecto, se realizó el cálculo de calor necesario para dicho proceso en base a la ecuación 4.35.

$$Q_g = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad \text{(Ecuación 4.35)}$$

Q_1 = Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 1,5 Kg de muestra de zapallo

Q_2 = Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 1,5 Kg de muestra de zapallo

Q_3 = Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 1,5 Kg de muestra de zapallo

Q_4 = Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 1,5 Kg de muestra de zapallo

Q_5 = Calor que se requiere en el tratamiento térmico para 0,52714 Kg de muestra de zapallo.

Para calcular Q_1 tenemos:

$$m_o = 0,769 \text{ Kg}$$

$$C_{p_o} = 0,46 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{K} \text{ (Sing y Heldman, 1997)}$$

$$m_z = 1,5 \text{ Kg}$$

$$C_{p_z} = 3,98 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{K}$$

$$T_f = 92 \text{ } ^\circ\text{C} = 365 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 293 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\lambda = 2278,0 \text{ Kj/Kg} \text{ (Lomas, 2002)}$$

$$m_{AE} = 0,244 \text{ Kg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.33 para Q_1 tenemos:

$$Q_1 = (0,769 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (1,5 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) * (365 - 293) ^\circ\text{K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,244 \text{ Kg})$$

$$Q_1 = 1011,14 \text{ Kj} = 241,90 \text{ Kcal}$$

Para calcular Q₂ tenemos:

$$m_o = 0,769 \text{ Kg}$$

$$m_z = 1,5 \text{ Kg}$$

$$m_{AE} = 0,244 \text{ Kg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.33 para Q₂ tenemos:

$$Q_2 = (0,769 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (1,5 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) * (365 - 292) ^\circ\text{K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,244 \text{ Kg})$$

$$Q_2 = 1011,14 \text{ Kj} = 241,90 \text{ Kcal}$$

Para calcular Q₃ tenemos:

$$m_o = 0,769 \text{ Kg}$$

$$m_z = 1,5 \text{ Kg}$$

$$m_{AE} = 0,244 \text{ Kg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.33 para Q₃ tenemos:

$$Q_3 = (0,769 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (1,5 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) * (365 - 292) ^\circ\text{K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,244 \text{ Kg})$$

$$Q_3 = 1011,14 \text{ Kj} = 241,90 \text{ Kcal}$$

Para calcular Q₄ tenemos:

$$m_o = 0,769 \text{ Kg}$$

$$m_z = 1,500 \text{ Kg}$$

$$m_{AE} = 0,244 \text{ Kg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.33 para Q₄ tenemos:

$$Q_4 = (0,769 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (1,5 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) * (365 - 292) ^\circ\text{K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,244 \text{ Kg})$$

$$Q_4 = 1011,14 \text{ Kj} = 241,90 \text{ Kcal}$$

Para calcular Q₅ tenemos:

$$m_o = 0,769 \text{ Kg}$$

$$m_z = 0,52714 \text{ Kg}$$

$$m_{AE} = 0,0859 \text{ Kg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.33 para Q₅ tenemos:

$$Q_5 = (0,769 \text{ Kg} * 0,46 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) + (0,52714 \text{ Kg} * 3,98 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}) * (365 - 293) ^\circ\text{K} + (2278,0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} * 0,0859 \text{ Kg})$$

$$Q_5 = 372,66 \text{ Kj} = 89,04 \text{ Kcal}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.35 tenemos:

$$Q_g = (241,90 + 241,90 + 241,90 + 241,90 + 89,04) \text{ Kcal}$$

$$Q_g = 1056,64 \text{ Kcal}$$

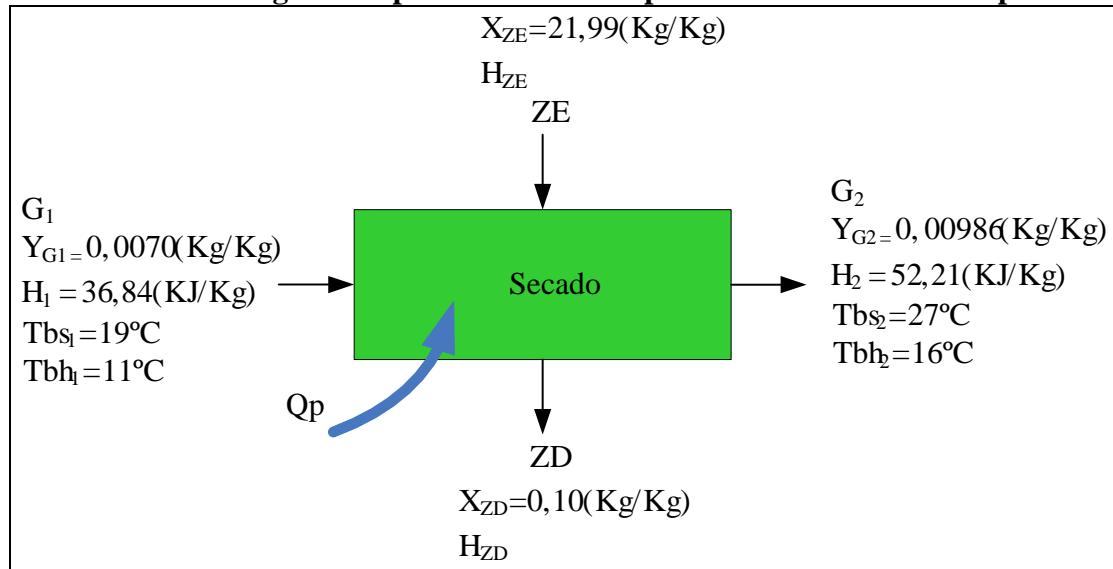
El calor necesario que se requiere en el proceso de tratamiento térmico de las muestras de zapallo es de 1056,64 Kcal para 6,527 Kg de muestras de zapallo.

4.10.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE SECADO

La figura 4.34, muestra el diagrama de bloques del balance de energía en el proceso de secado para obtener harina de zapallo.

Figura 4.34

Balance de energía en el proceso de secado para obtener harina de zapallo



Balance combinado de materia-energía en el proceso de secado:

$$ZE H_{ZE} + G_1 H_{G1} = ZD H_{ZD} + G_2 H_{G2} - Q_p \quad \text{(Ecuación 4.36)}$$

Considerando un sistema abierto tenemos:

$$m_{ss} = ZE = ZD \text{ Cantidad de materia seca (Kg)}$$

$$G = G_1 = G_2 \text{ Cantidad de aire (Kg)}$$

La cantidad de materia seca (m_{ss}) es de 310,93 g (base a 7098,92 g de muestra de zapallo).

Reemplazando variables en la ecuación 4.36 tenemos:

$$m_{SS} H_{ZE} + G H_{G1} = m_{SS} H_{ZD} + G H_{G2} - Q_p \quad \text{(Ecuación 4.37)}$$

Ordenando las variables de la ecuación 4.37 tenemos:

$$m_{SS} H_{ZE} - m_{SS} H_{ZD} = G H_{G2} - G H_{G1} - Q_p \quad \text{(Ecuación 4.38)}$$

Factorizando m_{SS} y G tenemos:

$$m_{SS} (H_{ZE} - H_{ZD}) = G (H_{G2} - H_{G1}) - Q_p \quad \text{(Ecuación 4.39)}$$

Despejando G tenemos:

$$Q_p = G (H_{G2} - H_{G1}) - m_{SS} (H_{ZE} - H_{ZD}) \quad \text{(Ecuación 4.40)}$$

Tenemos:

Q_p = Calor necesario para deshidratar las muestras de zapallo (Kcal)

G = Cantidad de aire (Kg)

H_{G2} = Entalpía del aire a la salida del secador (Kj/Kg)

H_{G1} = Entalpía del aire a la entrada del secador (Kj/Kg)

m_{SS} = Cantidad de materia seca (Kg)

H_{ZE} = Entalpía del alimento (Kj/Kg)

H_{ZD} = Entalpía del producto (Kj/Kg)

Para obtener el H_{ZE} y H_{ZD} tenemos la ecuación 4.41 y ecuación 4.42 citado por (Ramírez, 2011).

$$H_{ZE} = (C_{pz} + X_{ZE} * C_{p_{agua}}) T_{HZE} + \frac{0}{H_o} \quad \text{(Ecuación 4.41)}$$

$$H_{ZD} = (C_{p_{ZD}} + X_{ZD} * C_{p_{agua}}) T_{HZD} + \frac{0}{H_o} \quad \text{(Ecuación 4.42)}$$

Donde:

C_{pz} = Calor específico del alimento (Kj/Kg °K)

X_{ZE} = Contenido de humedad en base seca del alimento (Kg agua/Kg sólido seco)

$C_{p_{agua}}$ = Calor específico del agua (Kj/Kg °K)

T_{HZE} = Temperatura del alimento en la entrada del secador (°K)

$C_{p_{ZD}}$ = Calor específico del producto (Kj/Kg °K)

X_{ZD} = Contenido de humedad en base seca del producto (Kg agua/Kg sólido seco)

T_{HZD} = Temperatura del producto en la salida del secador

Para determinar el calor específico del producto (C_{pZD}), se tomó en cuenta la ecuación 4.43 citado por (Lewis, 1993)

$$C_{pZD} = x_a * C_{p_a} + x_s * C_{p_s} \quad \text{(Ecuación 4.43)}$$

Donde:

x_a = Fracción de masa de agua

C_{p_a} = Calor específico del agua (Kj/Kg °K)

x_s = Fracción de masa de los sólidos

C_{p_s} = Calor específico de los sólidos (Kj/Kg °K)

Tenemos:

$x_a = 0,05$ extraído del Anexo A.2.1

$C_{p_a} = 4,18$ Kj/Kg °K extraído de (Lewis, 1993)

$x_s = 0,95$

$C_{p_s} = 1,46$ Kj/Kg °K extraído de (Lewis, 1993)

Reemplazando datos en la ecuación 4.42 tenemos:

$$C_{pZD} = 0,05 * 4,18 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ K} + 0,95 * 1,46 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ K} = 1,60 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ K}$$

Tenemos:

$C_{p_z} = 3,98$ Kj/Kg °K

$X_{ZE} = 21,99$ Kg agua/Kg sólido seco extraído de la tabla D.3 (Anexo D).

$C_{p_{agua}} = 4,18$ Kj/Kg °K

$T_{HZE} = 19$ °C = 292 °K

$C_{pZD} = 1,60$ Kj/Kg °K

$X_{ZD} = 0,10$ Kg agua/Kg sólido seco extraído de la tabla D.3 (Anexo D).

$T_{HZD} = 60$ °C = 333 °K

Reemplazando datos en la ecuación 4.41 tenemos:

$$H_{ZE} = \left[3,98 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ K} + \left(21,99 \frac{Kg \text{ de agua}}{Kg \text{ sólido seco}} * 4,18 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ K} \right) \right] * 292^\circ K \Rightarrow H_{ZE} = 28002,27 \frac{Kj}{Kg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.42 tenemos:

$$H_{ZD} = \left(1,60 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ K} + 0,10 \frac{Kg \text{ de agua}}{Kg \text{ sólido seco}} * 4,18 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ K} \right) 333^\circ K \Rightarrow H_{ZD} = 671,99 \frac{Kj}{Kg}$$

Tenemos:

$G = 2388,16$ Kg de aire seco

$$H_{G2} = 52,21 \text{ Kj/Kg extraído de tabla 4.39}$$

$$H_{G1} = 36,84 \text{ Kj/Kg extraído de tabla 4.39}$$

$$m_{SS} = 0,311 \text{ Kg}$$

$$H_{ZE} = 28002,27 \text{ Kj/Kg}$$

$$H_{ZD} = 671,99 \text{ Kj/Kg}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.40, tenemos:

$$Q_p = 2388,16 \text{ Kg} \left(52,21 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} - 36,84 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \right) - 0,311 \text{ Kg} \left(28002,27 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} - 671,99 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \right)$$

$$Q_p = 28206,30 \text{ Kj} = 6747,92 \text{ Kcal}$$

El calor necesario que se requiere en el proceso de secado de las muestras de zapallo es de 6747,92 Kcal para 7,09892 Kg de muestras de zapallo.

La ecuación 4.44, expresa el calor total para obtener harina de zapallo:

$$Q_t = Q_g + Q_p \quad \text{(Ecuación 4.44)}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.44, tenemos:

$$Q_t = 1056,64 \text{ Kcal} + 6747,92 \text{ Kcal}$$

$$Q_t = 7804,56 \text{ Kcal}$$

5.1 CONCLUSIONES

- ❖ Los resultados de las propiedades físicas del zapallo son altura 31 cm, diámetro 62 cm, porción comestible de 68,02% y porción no comestible 31,98% para un total de diez muestras.
- ❖ En base a los análisis fisicoquímico del zapallo, son humedad 93,03%; proteína 0,69 %; hidratos de carbono 4,97 %; materia grasa 0,01%; fibra 0,85 %; cenizas 0,39 %; hierro 0,90 mg/100g; potasio 73,70 mg/100g; acidez 0,03 % y valor energético 22,73Kcal.
- ❖ Aplicada la prueba de eficacia térmica en agua a temperatura de ebullición (92°C) y tiempo de 3 minutos se estableció que es suficiente para inactivar la enzima peroxidasa en las muestras de zapallo (ralla grande, ralla pequeña y rodajas).
- ❖ Realizada la evaluación sensorial para tratamiento térmico del atributo color, los jueces mostraron preferencia por las muestras “RG2” (ralla grande); “RP2” (ralla pequeña) y “R2 (rodajas) para un tiempo de tratamiento térmico de tres minutos.
- ❖ Realizado el análisis de la influencia del tipo de corte en muestras de zapallo para un tiempo de 240 minutos, se estableció que la mejor opción es rodajas (TC₃) a temperatura de 60 °C (T₁) con una pérdida de agua de [0,40Kg agua/Kg sólido seco].
- ❖ De acuerdo al análisis realizado de la influencia de la temperatura en muestras de zapallo para un tiempo de 180 minutos, se estableció que la mejor opción es rodajas (TC₃) a 60 °C (T₁) con una pérdida de agua de [1,46Kg agua/Kg sólido seco].

- ❖ Realizada la evaluación sensorial en el proceso de secado, los jueces mostraron preferencia, por los atributos sensoriales color (7,38), aspecto (7,23) y textura (6,96) para rodajas a 50 °C, muestra (D9). Aroma (6,81) para ralla grande a 50 °C, muestra (D7); color (7,27) y aspecto (7,15) para la muestra D1 (ralla grande a 60 °C). Así mismo, realizado el estadístico se observó que si existe diferencia significativa para $p < 0,01$.

- ❖ De acuerdo a la evaluación sensorial para definir la muestra final de zapallo deshidratado, se determinó que la muestra S4 (tipo de corte rodajas a 60 °C) con un puntaje en los atributos sensoriales de color (7,19); aspecto (7,27) y textura (7,12). Así mismo, realizado el estadístico se observó que si existe diferencia significativa para $p < 0,01$.

- ❖ Realizado el diseño experimental 3^2 , se estableció que el factor A (temperatura) es significativo para $p < 0,05$; siendo el factor que tiene mayor influencia; en comparación con el factor B (tipo de corte), en el proceso de secado de las muestras deshidratadas para obtener harina de zapallo.

- ❖ Realizada la cinética de secado en el periodo ante crítico la expresión matemática es $y = 0,0688x + 0,513$ y en el periodo post crítico la expresión matemática es $y = 0,1997x + 0,0153$.

- ❖ Realizada la evaluación sensorial para clasificar la granulometría de la harina de zapallo, se determinó que la muestra H4 (granulometría fina y tamizado 5 minutos) con un puntaje en los atributos sensoriales de color (7,73); aspecto (8,12) y granulometría (8,23). Así mismo, realizado el estadístico se observó que si existe diferencia significativa para $p < 0,01$.

- ❖ De acuerdo a la evaluación sensorial de las propiedades organolépticas del producto final, se estableció un puntaje en los atributos sensoriales

de granulometría (8,04); color (7,77); a diferencia de aroma (7,08) y aspecto (7,58). Así mismo, realizado el estadístico se observó que si existe diferencia significativa para $p < 0,01$.

- ❖ Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de zapallo son humedad 8,04%; proteína 14,06 %; hidratos de carbono 53,68%; materia grasa 6,09%; fibra 15,39%; cenizas 2,74%; hierro 3,55mg/100g; potasio 127,0 mg/1 Kg; acidez 0,003 % y valor energético 325,77Kcal.
- ❖ Los resultados obtenidos del análisis microbiológico del producto final, presenta $9,2 \times 10^3$ ufc/g de bacterias aerobias mesófilas; y mohos y levaduras < 10 ufc/g.

5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Implementar una planta piloto procesadora de harina de zapallo (*Cucúrbita Máxima*); con la finalidad de incentivar la producción de zapallo en el departamento de Tarija y de esta manera coadyuvar al desarrollo económico de los productores.
- ❖ Se recomienda realizar trabajos de investigación a nivel experimental; sobre la aplicación de harina de zapallo en el área de panificación y para uso culinario.
- ❖ Se recomienda realizar estudios sobre la aplicación y uso potencial de la cáscara y semilla, como suplemento para fortificar la harina de zapallo; ya que la misma posee propiedades nutritivas, efectos anti inflamatorias y anti oxidantes, prevención de enfermedades de las articulaciones y cáncer de próstata; entre otros.