

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. PROBLEMA

En la actualidad, el Ecuador enfrenta problemas climáticos debido a cambios bruscos ocasionados en la capa terrestre como la destrucción de la capa de ozono provocada por el fluor cloro carbono y el efecto invernadero por el dióxido de carbono que han generado un cambio climático global, creando zonas semiáridas que van incrementándose de forma acelerada y no controlada. Efecto que se observa en la cuenca de la Laguna de Yahuarcocha, perteneciente a la Parroquia El Sagrario, Cantón Ibarra, por factores que interrelacionan en el ecosistema como actividades agrícolas, impacto de actividad turística y mal uso de suelos que han degradado el entorno.

Los pobladores de éste sector tienen terrenos que no son utilizados en la producción agrícola por ser altamente erosionados, efecto que se ha generado desde décadas atrás. Los propietarios, buscan aprovecharlos con fines productivos, mediante un proyecto de reforestación emprendido por el FONSALCI, con la implementación de un cultivo no tradicional de molle, planta que se adapta a este tipo de suelos. Esta reforestación productiva tiene el sustento en las investigaciones desarrolladas por la Universidad Técnica del Norte en esta zona.

El molle, árbol nativo de los Andes del Perú, se encuentra alrededor de la Laguna de Yahuarcocha, planta que no ha sido aprovechada agroindustrialmente, por falta de investigaciones sobre la utilización integral de esta especie. Su ciclo vegetativo permite una producción constante y abundante de semillas durante todo el año; las que por sus propiedades organolépticas se parecen a la pimienta negra. Especia que es utilizada en la gastronomía como ingrediente en formulaciones condimenticias.

La falta de alternativas de trabajo en el sector, ha ocasionado que los pobladores se dediquen a la agricultura en pequeña escala, al comercio informal y a la prestación de servicios turísticos muy cotizados en la zona, actividades que no han permitido un desarrollo sostenible de esta población. Por el desconocimiento agroindustrial que tienen algunas plantas del sector como la planta de molle, la que ancestralmente en forma artesanal fue utilizada como especia alimenticia y medicina natural, se han dejado de percibir recursos económicos que aporten a la economía familiar.

El 80% de las mujeres que habitan en la población de Yahuarcocha se dedican a la gastronomía informal con la comercialización de tilapia frita, asada y horneada, platos que para su preparación requieren la pimienta negra como ingrediente del condimento, esta especia no ha sido sustituida por otra debido a la falta de investigaciones, por la escasa cultura gastronómica sobre la caracterización de plantas que tengan similares propiedades organolépticas y que reemplacen parcial o totalmente a la pimienta negra y que pueda ser adquirida en el mercado por el consumidor a un menor precio y de mejor calidad.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

En el sector de Yahuarcocha por la intervención directa del hombre con la deforestación de las laderas de la cuenca hidrográfica de la laguna, se han generado cambios biofísicos que afectan al ecosistema. El FONSAICI como parte del proceso de recuperación de la cuenca ha planteado un proyecto de reforestación con plantas nativas de molle, especie que crece en suelos erosionados, creando una cobertura de protección y que puede ser utilizada con fines agroindustriales.

Esta investigación plantea la industrialización de la semilla del árbol de molle que posee características organolépticas similares a la pimienta negra. Al aplicarse esta tecnología se incentivará a los agricultores que tienen tierras improductivas a incursionar en este cultivo alternativo con fines económico-ambientales, permitiendo generar recursos a mediano plazo creando fuentes de trabajo en el campo agrícola, con la industrialización de la semilla de molle y la comercialización.

El árbol nativo de molle produce semillas en grandes cantidades durante todo el año, característica que permitirá obtener materia prima para una industrialización constante de manera sostenible y sustentable. Esta investigación estableció un flujograma del proceso que permitió obtener la nueva especia en polvo y se fomentó un modelo tecnológico determinando parámetros técnicos de industrialización de la semilla de molle, especia que reemplazará a la pimienta negra para realzar el sabor de los alimentos, aportando un sabor picante como ingrediente de formulaciones cárnicas y en la preparación de la tilapia frita, azada y horneada plato típico de Yahuarcocha.

El polvo de la semilla de molle se aplicó en la preparación de platos de tilapia frita, que se comercializan en el sector de Yahuarcocha, con esto se creará una identidad gastronómica exclusiva del lugar, potenciando uno de los centros turísticos más reconocidos en el ámbito local, nacional e internacional y se contribuirá al desarrollo del eje dinamizador del turismo y comercio cantonal.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General.

Determinar los parámetros de deshidratación de la semilla de molle (*Schinus molle* Linneo *anacardiaceae*) para la obtención de un polvo como especia natural.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Determinar el tiempo y temperatura de secado de la semilla de molle para la obtención del polvo.
- Establecer la madurez fisiológica para la industrialización de la semilla de molle.
- Caracterizar las propiedades físicas y químicas del producto molturado obtenido de la semilla de molle como: proteína, extracto etéreo, materia seca, granulometría, humedad, fibra, y ceniza
- Cuantificar el rendimiento y rentabilidad del procesamiento de las semillas de molle mediante un balance de materiales en el flujograma de proceso.
- Aplicar el polvo de molle como especia en un producto alimenticio fresco (filete de tilapia) y un producto procesado (chorizo ahumado).

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis Alternativa

Hi: El tiempo y temperatura de secado de la semilla de molle influyen en las propiedades físico-químicas en la obtención de una especia natural.

Hi: El polvo de la semilla de molle es aceptado como especia natural en la preparación de platos como chorizo ahumado y tilapia frita.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. EL MOLLE

Spier y Biederb (1980) en su publicación “árboles y leñosas para la reforestación de las tierras altas de la región interandina del Ecuador”, manifiestan que el molle es un árbol de rápido crecimiento, más o menos un metro por año, su tamaño alcanza una altura de 8 a 10 mts., posee abundante follaje, es un árbol típico de la región interandina y crece en altitudes de 2500 m.s.n.m.

Está compuesto por hojas verde claro-amarillento en la parte superior, en la parte inferior su coloración es más pálida. Limbo peciolado y compuesto, foliolos oblongos, inserción en las ramas, esparcida irregularmente; sus flores están formadas por cinco pétalos soldados entre sí de color blanco crema, los estambres son amarillentos con una inflorescencia en panícula compuesta; su fruto es una drupa que contiene una sola semilla (monosperma). Al madurar, el pericarpio adquiere un color rosado y se desprende produciendo frutos en abundancia.

En la publicación de “Plantas Nativas para Reforestación en el Ecuador” (2003) de Borja Cristina y Lasso Sergio, en la investigación auspiciada por Fundación Natura describen al molle de la siguiente manera:

Tabla 1. Taxonomía del molle (*Schinus molle* L.)

Nombre Científico:	Schinus molle L.
Nombre Común:	Molle, falsa pimienta, árbol de la vida.
Forma y descripción de las hojas:	Hojas compuestas pinadas con hojuelas oblongas, cuyo borde es aserrado. Las hojas se insertan en las ramas de una manera esparcida o irregular.
Inflorescencia:	Flores de color blanco crema, agrupadas en panículas compuestas.
Fruto:	El fruto es una drupa que contiene una sola semilla; al madurar adquiere un color rosado.
Propagación:	Semilla, estaca, plántula.
Región:	Sierra
Formación Ecológica:	Bosque seco templado
Altitud:	1000 – 3500 m.s.n.m.
Tipos de Suelos:	Suelos arcillosos, arenosos, sueltos, livianos, alcalinos y neutrales.
Características Silviculturales:	Crecimiento rápido (1m/año). No soporta las heladas. Resiste épocas secas y soporta condiciones semiáridas, requiere de mucha luz. Tolera vientos salinos. Produce 3-5m ³ /ha/año. Resiste temperatura entre 15°C - 28°C. Germina a los 22 días. No resiste el repique por lo que es mejor sembrar 2-3 semillas en la funda y escoger la plántula más robusta.
Características de la madera y usos:	Resiste a las termitas, fijador de perfumes, contención de suelos, cortina rompe vientos, ornamentación, leña, carbón, mangos, yugos, medicinal, cercas vivas, taninos, jabón, sombra, postes

Fuente: Dr. Ulrich Gerhardt (1973).

Spier y Biederb, (1980), determinaron los siguientes usos para la planta de molle: es un auxiliar valioso para la contención de suelos erosionables, en terrenos laderosos se lo debe plantar en curvas de contorno, por su abundante follaje sirve para el sombraje del ganado en los potreros. También se presta para la formación de cortinas rompe vientos, y su aspecto frondoso permite usarlo para la ornamentación. Su madera es aprovechada para leña, carbón y elaboración de mangos de herramientas.

Antiguamente, sus semillas se utilizaban como sustituto de la pimienta, ya que son aromáticas y picantes. Su nombre común en inglés es pepper-tree, en España se lo conoce también como falsa pimienta.

Fotografía 1. Semillas de molle



(04/08/2008)

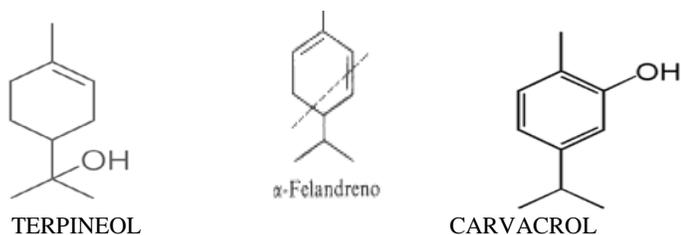
El manual de difusión popular de CESA en el año 1993 “usos medicinales de las especies forestales nativas del Ecuador”, determina que el molle se utiliza para

aliviar los problemas de menstruación, cólicos, falta de apetito y como purgante para eliminar las lombrices.

En otras publicaciones se identifican características específicas de las semillas de molle entre las principales se destacan las siguientes: Proteínas 35%: Aminoácidos esenciales y libres. Carbohidratos 61%: Fructosa, glucosa, maltosa (polisacáridos). Lípidos y minerales: 5 y 3%, calcio, hierro, cobre, etc. Vitaminas: Complejo B, Vitaminas A, D, E, ácido ascórbico. www.composici3nmolle.com (09/07/2008)

El aceite esencial obtenido del fruto es de color ámbar-amarillo y olor picante y entre sus componentes se han identificado terpineol, felandreno, formiato de 3-metilpentanol y carvacrol.

Fig 1. Compuestos del aceite de la semilla de molle



Las semillas están cubiertas por una pulpa mucilaginosa y dulce, conteniendo un líquido oleaginoso muy aromático, con un epicarpio arrugado cuando se secan, de color marrón a negro. De sabor parecido a la pimienta, por lo cual al molle también se le conoce como "falsa pimienta". Hay una semilla por cada fruto, con diámetro de 2 a 4 mm. El árbol contiene y segrega una resina conocida en las farmacias europeas con

el nombre de mastix americana, que tiene un olor fuerte, agradable y virtudes medicinales como purgante.

Domínguez Juan A. (1998) dice que la corteza (cortex Mollis) y las hojas aromáticas se usan exteriormente disminuyendo la hinchazón de los pies, cura las heridas y úlceras; tomado como infusión contrarresta el cólera. Con los frutos se hace arrope y chicha. Con la cubierta azucarada del fruto se preparan bebidas, miel, vinagre; para este último se hierven los frutos secos hasta obtener la miel, se fermenta y posteriormente se obtiene el vinagre. Las hojas sirven para teñir de amarillo. El aceite esencial se ha administrado en cápsulas como antiblenorrágico y la gomo-resina se ha empleado con éxito en las bronquitis.

Las semillas molidas se usan como pimienta blanca, y las enteras como pimienta rosada. Con la cubierta dulce de las semillas se prepara chicha y leche de molle, chicha no fermentada la que adelgaza sin debilitar. Además se obtiene miel de molle que se elabora hirviendo el líquido de los frutos maduros hasta que tome la consistencia de jarabe. Masticar las hojas frescas si se tolera su sabor amargo fortalece las encías, afirma los dientes, combate la piorrea y evita el mal aliento. www.ciedperu.org/productos/molle.com (09/07/2008)

Los aceites de la semilla se utilizan como fijador de perfumes, lociones, talcos y desodorantes. Siendo la ceniza rica en potasa, se usa como blanqueador de ropa; igualmente en la purificación del azúcar, en la confección de tejidos (para oscurecer el amarillo después de teñida la lana), para hacer jabón y curtir. Además, es utilizado como antirreumático, purgante, cicatrizante, depurativo de la sangre. Es bueno contra

los malestares del hígado, riñones y vejiga, contra el dolor de garganta, muelas y piernas, así como, la leucorrea y algunas afecciones respiratorias.

2.2. PIMIENTA NEGRA

2.2.1. Anatomía de la planta

La planta de pimienta es una liana (bejuco), perenne, de tallos leñosos, hojas coriáceas, sus flores están agrupadas en largos amentos, se localizan en los racimos de las que se forma una baya de color verde, luego amarillo hasta llegar a un color rojo. Esta planta tiene un promedio de vida de 15 a 25 años.

2.2.2. CLASIFICACION TAXONÓMICA DE LA PLANTA DE PIMIENTA

Tabla 2. Taxonomía de la pimienta negra (*Piper nigrum l*)

Nombre Científico	Piper nigrum l
Nombre Común	Cubeba, malagueta, pimienta negra, pimienta larga
Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Piperales
Familia	Piperaceae
Género	Piper
Especie	nigrum L.

Fotografía 2. Planta de pimienta



(21/08/2008)

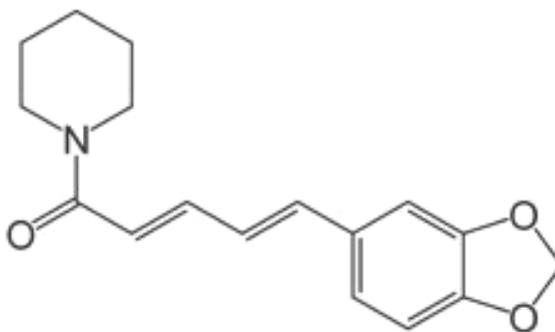
2.2.3. Composición química del fruto de la pimienta

	PIMIENTA NEGRA %
Humedad	13
Ceniza, máximo	7
Residuo mineral fijo soluble, máximo	3.5
Residuo mineral fijo insoluble en ácido clorhídrico (1+9) máximo	1.5
Extracto etéreo, mínimo	7
Extracto alcohólico (calculado sobre sustancias secas), mínimo	8
Fibra cruda, máximo	15

Fuente: ULRICH GERHARDT, 1973. Especies y Condimentos.

La pimienta contiene entre 1 y 2.5% de aceite esencial (pineiro, felandrono, dipentens), del cual proviene su aroma, y entre 5 y 9 % de alcaloides cristalinos, piperina ($C_{17}H_{19}O_3N$) a los que se debe el sabor picante y la piperetina.

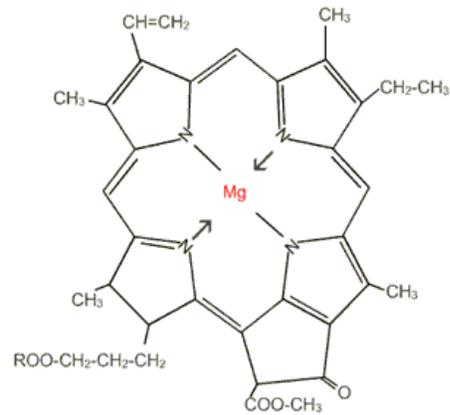
Fig 2. PIPERINA ($C_{17}H_{19}O_3N$)



Forma estructural piperina alcaloide de la pimienta.

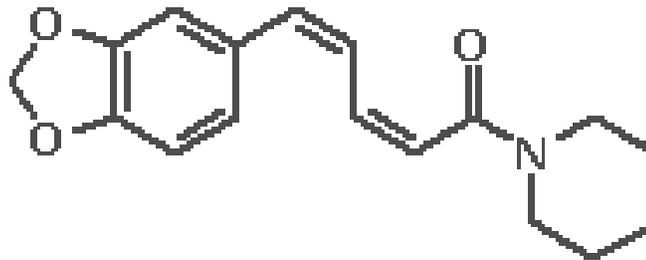
El contenido en aceite etéreo, según Esdorn (1973) dice que debe ser de 1 a 2,4% en la pimienta negra (materia seca); según el Código Alimentario Suizo, debe alcanzar como mínimo al 1,4%, siendo el 1,1% el valor más bajo admitido para muestras molidas. Durante muchos años se ha aislado e identificado varios componentes de la pimienta haciéndose responsables del sabor picante a la piperina, chavicina, dipentenos, felandreno y clorofila.

Fig 3. CHAVICINA



Fórmula estructural de la clorofila

Fig 4. CLOROFILA



Isómero de la piperina

2.3. ESPECIAS

2.3.1. Generalidades

Rose Mary Hemphill, en “spices and savour” (2005), menciona que las especias son plantas aromáticas originarias de países cálidos. Es un hecho que los condimentos, designados como especias, son más fuertes y picantes que los que se conocen como hierbas. La fragancia de las especias muchas veces proviene de sus aceites esenciales y todas las plantas que producen esencias necesitan altas temperaturas ambientales para su crecimiento.

La comisión de información y legislación alimentaria define a las especias como “partes de ciertas plantas (raíces, rizomas, bulbos, cortezas, hojas, tallos, flores frutos y semillas) en estado natural, desecadas y/o objeto de elaboración mecánica que por su sabor o aroma característicos sazonan y dan sabor a los alimentos para consumo humano”. Gerhardt Ulrich (1973).

Baltes Werner (2000), menciona que “las especias son partes secas de plantas cuyos componentes pueden provocar la condimentación de los alimentos”. En la mayor parte de los casos esta condimentación se debe a los aceites esenciales y a veces se ve complementada por ingredientes de sabor picante.

La comisión de especialistas en Agricultura define a las especias como “productos de origen vegetal, tanto en forma entera como tras su reducción a polvo, que se añaden a los alimentos para comunicarles su sabor y aroma propios”.

2.3.2. Clasificación de las especias

Las especias se clasifican de acuerdo a la parte utilizable de la planta, así tenemos:

Tabla 3. Clasificación de especias según la parte utilizable de la planta.

PARTE VEGETAL	EJEMPLO
Frutos	pimienta, chiles, etc.
Semillas:	nuez moscada, mostaza, etc.
Flores:	clavos de especias, alcaparras, etc.
Rizomas:	jengibre, cúrcuma (azafrán de la India), etc.
Corteza:	canela, etc.
Hoja y hierva:	perejil, mejorana, etc.

Fuente: Baltes Werner, 2000

2.3.2.1. Especias de Frutos

La pimienta constituye el representante más importante. Es el fruto del arbusto trepador *Piper nigrum L.* El sabor picante está provocado por el alcaloide piperina (piperiduro de ácido piperínico), que se encuentra presente en proporciones del 5-9%.

2.3.2.2. Especies de semillas

La nuez moscada es la semilla que como especia reúne todas las características como poseer un cascarón en hueso, contiene un aceite esencial que se compone principalmente de algunos terpenocarbonos.

2.3.2.3. Especies de flores

El clavo de olor es un botón floral seco del árbol de clavo de especia, en estos se encuentran un 25% de un aceite esencial que a su vez se compone de 90% eugenol y es el mayor representante de éste grupo.

2.3.2.4. Especies de Rizoma y Raíz

Las especias de rizomas y raíces como la cúrcuma se obtiene de la rizoma de una planta, que después de escaldarla y secarla se obtiene un polvo amarillo que tiene un sabor picante, el mismo que es utilizado en mezclas de especias como por ejemplo, el curry.

2.3.2.5. Especies de Corteza

Una de las especias más conocidas pertenece a este grupo. La canela corteza que se obtiene de los tallos jóvenes de la planta de canela, se caracteriza por poseer aceites esenciales valorados para la aromatización de dulces y productos de panadería, contiene hasta un 70% de aldehído de canela, un 10% de eugenol.

2.3.2.6. Especies de hierba y hoja

Estas especias son un caso especial ya que algunos autores las denominan plantas condimenticias autóctonas, cuyos tallos u hojas se secan. Su poder como condimento es muy limitado debido a la escasez de aceites esenciales como los terpenos. Como por ejemplo: el laurel

2.3.3. Mezclas de especias

Consisten en mezclas preparadas y listas para usar elaboradas a partir de distintas especias, el uso en la comida procura a los platos un olor determinado. El preparado de especias típico es el **polvo de curry**, que puede tener composiciones distintas como por ejemplo: cúrcuma, pimienta, cilantro, cardamomo, semillas de fenogreco, jengibre, clavos, pimienta, pimentón y pimienta. Química de los Alimentos. Baltes Werner (2000).

Tabla 4. Mezclas de Especies en productos alimenticios preparados

EMPLEO	COMPOSICIÓN DE MEZCLAS DE ESPECIAS
Carne de pollo	Tomillo, mejorana, romero, salvia, ajedrea, anís, eneldo, jengibre, cardamomo, cilantro, nuez moscada, albahaca.
Ensalada	Eneldo, puerro, perejil, estragón, ajedrea, romero, bulbo y hojas de apio, anís, jengibre, cardamomo, mejorana, clavo, pimentón, pimienta.
Pescados	Laurel, pimienta, jengibre, cebollas, cardamomo, cilantro, comino, albahaca.
Leche y requesón	Anís, artemisa, ajedrea, estragón, albahaca, cardamomo, jengibre, cilantro, clavo, nuez moscada, pimienta de jamaica, canela.
Bollo de miel	Pimienta de jamaica, anís, canela, clavo, cardamomo, cortezas de limón y naranja, cilantro.
Sopas y salsas	Pimienta de cayena, pimentón, pimienta, jengibre, cebollas, ajo, cardamomo, canela.

Fuente: Gerhardt Ulrich. (1973).

2.3.4. Importancia fisiológica de las especias

Gerhardt Ulrich (1973) menciona que: “las especias ejercen actividad sobre los órganos digestivos estimulando el apetito perdido mediante una mayor secreción de las glándulas digestivas”. Además ejercen actividades bacteriostáticas operando sobre los sistemas oxidoreductores de las células bacterianas.

2.3.5. Propiedades químicas y físicas de las especias

2.3.5.1. Actividad Antioxidante

Las especias tiene la capacidad de detener el enranciamiento de las grasas interrumpiendo el desdoblamiento de éstas al tomar el oxígeno necesario para formar radicales libres, desarrollando una actividad antioxidante.

2.3.5.2. Capacidad de imbibición y de emulsión

Las especias se imbiben de agua al tomar contacto con ella, y lo hace con distinta intensidad según los componentes de alto peso molecular que contengan. En la fijación de agua no solo interviene el tipo de especia, sino también el tamaño de las partículas, el número de ellas y la temperatura que alcancen.

La capacidad de retención de agua es mayor y la acción emulsificante mejor cuanto más pequeñas son las partículas y más elevada la temperatura. Es por esto, que las sustancias con capacidad de retención de agua fijan mejor el aroma.

2.3.5.3. Propiedades Farmacológicas

Las especias tienen propiedades farmacológicas en virtud de su contenido en aceites etéreos, muy solubles en los lípidos. Se ha utilizado también como sedantes, diurético y carminativo. Gessner O (1931).

2.4. Madurez de los frutos

2.4.1. Madurez de cosecha

Es la elección del momento justo de la madurez para la cosecha de frutas, es una consideración importante de precosecha que tendrá gran influencia en la vida de poscosecha del producto en su comercialización e industrialización.

Bidwell R.G.S. (2000), sostiene que: El proceso de maduración del fruto involucra muchos cambios químicos y fisiológicos; como la conversión de ácidos, almidón y azúcares libres, la elaboración de pectinazas que ablandan y finalmente rompen las paredes celulares y frecuentemente la elaboración de varios pigmentos, por lo general antocianinas y la pérdida de la clorofila. Un cambio fisiológico que ocurre durante la maduración es el climaterio respiratorio.

Rojas Manuel Garcidueñas y Magdalena Róbalo (1999) dicen que: “La maduración es un fenómeno de cambio profundo del fruto, que en muchos casos se acompaña de un aumento en el contenido de ARN. Se altera el contenido de proteínas y la aparición de enzimas cambian la química del fruto”.

Los cambios químicos característicos en sabor se deben a cambios pécnicos que recubren las paredes celulares, la desaparición de los taninos que dan el sabor acre al fruto verde y la hidrólisis de los almidones, por lo que el fruto se hace suave y dulce.

Azcón Bieto Joaquín y Manuel Talón (1997) definen a la maduración como: El conjunto de cambios externos, de sabor y textura que un fruto experimenta cuando completa su crecimiento.

La fase de desarrollo incluye procesos como la coloración del pericarpio, descenso en el contenido de almidón, incremento en la concentración de azúcares, reducción de la concentración de ácidos, pérdida de firmeza, como otros cambios físicos y químicos.

Ciclo biológico para la maduración del fruto:

- Formación del fruto: influyen la temperatura, luz y hormonas
- Crecimiento del fruto: tienen lugar la primera y segunda fase
- Maduración del fruto: tercera fase
- Envejecimiento del fruto: cuarta fase senescencia

Primera fase: división celular.

Segunda fase: expansión celular (se agrandan las células).

Tercera fase: maduración, se dan los mayores cambios en el fruto: hay una modificación del color, mayor concentración de azúcares, menor acidez, se modifica el peso y la textura por la absorción del fruto, y un aumento del desarrollo de las ceras.

Cuarta fase: envejecimiento se produce por cambios que no necesariamente causan la muerte pero se aceleran con la edad. La senescencia son los cambios degenerativos que causan la muerte del tejido tisular.

El grado de madurez es el índice más usado para la cosecha de frutos pero debe diferenciarse la madurez fisiológica de la madurez comercial. La primera, es aquella que alcanza luego que ha completado el desarrollo; mientras que la segunda, se refiere al estado requerido por el mercado. Cada fruto presenta uno o mas síntomas inequívocos cuando ha alcanzado la madurez fisiológica.

Durante la maduración, los frutos sufren una sucesión de importantes cambios bioquímicos y fisiológicos que conducen al logro de las características sensoriales óptimas para el consumo. Pueden dividirse en dos etapas: la madurez fisiológica y la madurez organoléptica cada una con características propias.

Se define como **madurez fisiológica** al estado en el cual luego de ser cosechado continúa madurando hasta lograr el sabor, aroma y otras características propias.

Se considera que un fruto adquiere **madurez organoléptica**, cuando ya ha alcanzado su máximo sabor y aroma que lo hacen apto para el consumo. Para que lo logre, debe ser cosechado a partir de su madurez fisiológica.

Al momento de evaluar el estado de madurez se consideran distintos parámetros como tamaño del fruto, forma, color de la superficie, color de fondo, firmeza, contenido de sólidos solubles, acidez, relación sólidos solubles/acidez y la degradación de almidón.

De acuerdo a Naranjo Hernán S. (1999) La madurez fisiológica es la etapa de desarrollo de una fruta en la que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta. La etapa de madurez fisiológica es seguida por el envejecimiento.

El mismo autor manifiesta que la madurez comercial es simplemente la condición de un órgano de la planta requerido por un mercado. Comúnmente guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo o el envejecimiento.

Para determinar la madurez óptima de recolección se usa una combinación de criterios objetivos y subjetivos:

Criterio Subjetivo, usamos nuestros sentidos:

Vista:	color, tamaño y forma
Tacto:	áspero, suave, blando y duro
Oído:	Sonido del producto al tocarlo con los dedos
Olfato:	Olor y aroma
Gusto:	Acido, dulce, salado y amargo

Criterio Objetivo, usamos instrumentos o mediciones:

Tiempo:	De plantación o floración
Ambiente:	Unidades de calor acumuladas
Características físicas:	forma, tamaño, volumen, peso, color de la fruta
Características químicas:	Se usan raramente para hortalizas Ejemplo: contenido de azúcares.
Características fisiológicas:	Ritmo o patrón de respiración

2.5. Deshidratación

2.5.1. Introducción

La deshidratación es el proceso de extraer parte del agua que trae un producto con el propósito de obtener un contenido de humedad en equilibrio con el aire atmosférico, o a un nivel de humedad en el cual la disminución en la calidad del producto, a causa del ataque de hongos, acción enzimática o insectos sea mínima. Henderson, (1976).

Deshidratación es la eliminación parcial o total del líquido que acompaña a un sólido mediante una corriente de aire caliente, su tecnología difiere al proceso de evaporación que elimina agua.

Según Potter N. Norman y Hotchkiss H. Joseph. (1990) mencionan que el objetivo de la deshidratación es eliminar el agua de los alimentos, provocándoles el mínimo daño evitando su alteración y alargando su período de conservación, en algunas operaciones para conseguir productos más fáciles de utilizar o con un aspecto más atractivo.

Se han deshidratado los alimentos para prolongar el período de conservación y preservar sus valores nutritivos y sus propiedades organolépticas, los productos secos pueden ser almacenados por largos períodos ya que los microorganismos que provocan la descomposición no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Earle R. (1979).

Christie J. Geankoplis (1982) expresa que “la deshidratación o secado de materiales biológicos (en especial los alimentos), se usa también como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua”. Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10- 12% en peso. Las bacterias no se desarrollan por debajo del 0.65 de actividad de agua. Si el alimento puede ser mantenido en un valor ≤ 0.65 la conservación del alimento permanecerá durante varios años.

2.5.2. Objetivos del secado

- a) Aumentar el período de conservación de los alimentos, inhibe el crecimiento de los microorganismos, la actividad de algunas enzimas y algunas reacciones químicas por reducción de agua.

- b) Reducir el peso y el volumen de los alimentos para facilitar y abaratar los costos de transporte y almacenamiento. La eliminación del agua, componente mayoritario de los alimentos, origina la disminución del peso y volumen.

- c) Facilitar el empleo y diversificar la oferta de productos. En algunas ocasiones permite conseguir productos de más cómoda utilización y distintas características organolépticas.

- d) Elaboración de alimentos de conveniencia (fáciles de preparar) como el café y el puré de papa instantáneo.

2.5.3. Fundamento del secado.

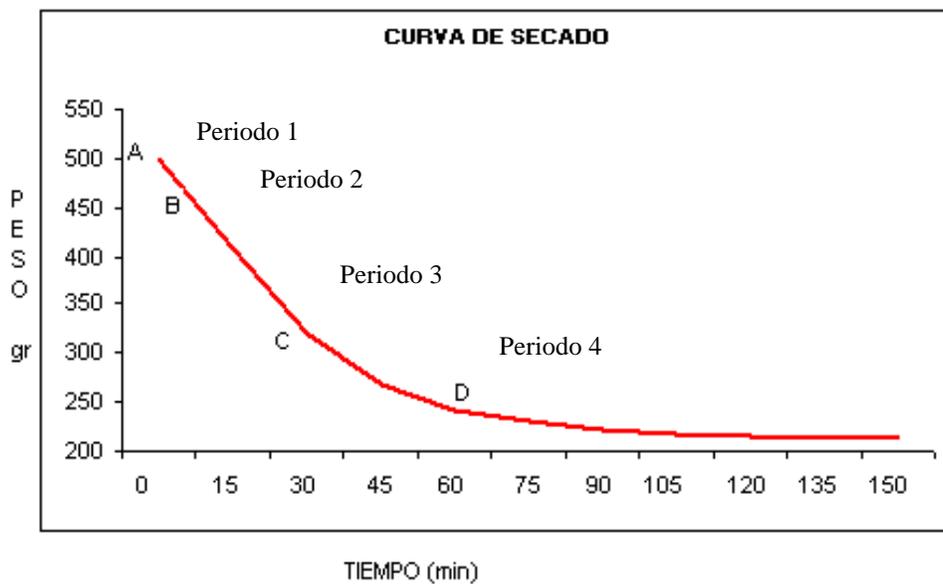
El secado es definido como un proceso de remoción de la humedad debido a la simultánea transferencia de calor y transporte de materia. La transferencia de calor del ambiente de los alrededores evapora la humedad superficial. La humedad puede ser transportada a la superficie del producto y después evaporada o evaporada

internamente a una interfase vapor – líquido y después transportada como vapor a la superficie. Christie J. Geankoplis (1982).

2.5.4. Cinética del secado

Vian Ocón (1999) menciona que existen cuatro períodos de secado en todo proceso de eliminación de humedad, los cuales se representan en la figura 5 de la deshidratación de semillas.

Fig. 5. Curva de Secado



2.5.4.1. Período de Inducción (A-B)

En el tramo A-B llamado período de inducción, la semilla tiene una humedad alta, donde las condiciones de la superficie de la semilla se encuentra en equilibrio con el aire de secado.

2.5.4.2. Período de Velocidad Constante (B-C)

En este período la semilla permanece saturada con agua líquida, el movimiento del agua va desde el interior hasta la superficie de la misma. El secado tiene lugar por el movimiento del vapor de agua, desde la superficie de la semilla hasta la corriente general del aire de secado.

La velocidad de transmisión hacia la materia, disminuye la velocidad del calor, la temperatura de la superficie de secado permanece constante.

2.5.4.3. Período de Velocidad Decreciente (C-D)

En esta etapa la superficie de la semilla empieza a secarse, este período se conoce como punto crítico o pérdida de velocidad decreciente de humedad, la temperatura de la superficie de la semilla empieza a elevarse mientras se prolonga el tiempo de secado.

2.5.4.4. Período de Equilibrio (D)

En el punto D se representa el período de equilibrio. La humedad libre se anula, es decir que la humedad de la semilla es igual a la de equilibrio con el aire de secado.

2.5.5. Métodos generales de secado

Según Christie J. Geankoplis,(1982) manifiesta que “los métodos y procesos de secado pueden clasificarse de diferentes maneras. Estos pueden dividirse por **lotes** cuando el material se introduce en el equipo y el proceso se verifica por un período de tiempo, o **continuos**, donde el material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene material seco con régimen continuo”.

Otra clasificación manifestada por Earle, R. (1979), se da de acuerdo con las condiciones físicas usadas para adicionar calor y extraer el vapor de agua:

- **Secado por contacto con aire a presión atmosférica.-** El calor se añade por contacto directo con aire caliente a presión atmosférica y el vapor de agua formado se elimina por el mismo aire.

- **Secado al vacío.-** La evaporación de agua se verifica con más rapidez a presiones bajas, y el calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación.

- **Secado por congelación.-** El agua se sublima directamente del material congelado.

2.6. Transferencia de calor por convección

2.6.1. Generalidades

Nonhebel, G.A. (1979), dice que: el sólido húmedo se seca al pasar sobre él o a través de él por contacto directo una corriente de gas caliente. El gas caliente sirve para transferir calor al sólido y para eliminar el vapor formado.

La convección involucra el intercambio de energía entre un fluido y una interfase y su superficie. El fenómeno de la convección puede realizarse de dos maneras, por **convección forzada**; es decir, forzando el movimiento de un fluido por la superficie, mediante un agente externo como un ventilador; y la otra, por **convección natural** o libre en la cual su movimiento es debido a los cambios de densidad en el fluido a consecuencia del intercambio de energía. Caro. A, 1994.

2.6.2. Transferencia de Calor por Conducción

En el secado por conducción, el sólido húmedo se calienta a través de una pared, de manera que el líquido se evapora y sale de la instalación en forma de vapor. Los secadores operan frecuentemente a presión reducida, lo cual sirve para reducir la

temperatura de ebullición del líquido, y aumentar así la diferencia de temperatura entre el medio calefactor y el sólido. Nonhebel, G.A., (1979).

La transferencia de calor por conducción se produce por la interacción molecular y por los electrones libres, las moléculas de niveles energéticos relativamente mayores ceden energía a moléculas adyacentes en los niveles inferiores, esta manera de transmitir calor sucede en los elementos que tienen moléculas de sólidos, líquidos o gases y en donde existen gradientes de temperatura.

2.6.3. Transferencia de Calor por Radiación

La radiación es el mecanismo predominante de transferencia de calor en secadores (secadores infrarrojos), pero habitualmente solo representa una pequeña mejora de la transferencia por convección o conducción. Por ello, la radiación es considerada como una mera corrección aplicable a los mecanismos de convección y conducción pura. Nonhebel G., A.H., (1979).

2.7. Factores que intervienen en la deshidratación

2.7.1. El Aire en el secado

El aire conduce calor al alimento ocasionando que se vaporice el agua del producto y sea el vehículo transportador del vapor húmedo liberado del alimento que se esta deshidratando.

Desrosier N. (1991) menciona que los productos alimenticios pueden secarse con aire, vapor sobre calentado y por la aplicación directa del calor. Generalmente se utiliza el aire como medio de secado por su abundancia, conveniencia y que puede ser controlado.

2.7.2. Humedad del Aire

La humedad de una mezcla de aire-vapor de agua, se define como los kilogramos de vapor de agua que hay en un kilogramo de aire seco. Esta humedad depende de la presión parcial del vapor de agua en el aire y de la presión total. Usando el peso molecular del agua de 18,0 y del aire 29,0.

2.7.3. Punto de Rocío

El punto de rocío es la temperatura a la cual cierta mezcla de aire y vapor de agua deben estar saturadas. Por ejemplo a 26,7 °C la presión de vapor de saturación del agua es 3,50 KPa (0.507 lb/pulg²).

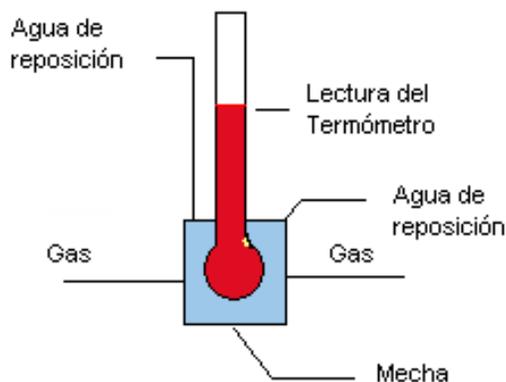
La temperatura a la cual ocurre la condensación del aire enfriado a una proporción constante de humedad y a una presión atmosférica constante. Por lo tanto, la temperatura del punto de rocío puede ser considerada como la temperatura de saturación, correspondiente a una proporción de humedad y a la presión de vapor del aire húmedo. Calderón Greta (2000)

2.7.4. Temperatura de bulbo Húmedo

A ésta se la conoce como temperatura adiabática y se logra cuando se pone en contacto una gran cantidad de agua con el gas de entrada a la cámara de secado. La temperatura del bulbo húmedo es de estado estable y no de equilibrio que se alcanza cuando se pone en contacto una pequeña cantidad de agua con una corriente continua de gas en condiciones adiabáticas. Puesto que la cantidad de líquido es pequeña la humedad del gas no cambia.

Esta temperatura se puede medir mediante un termómetro que se recubre con una mecha retorcida o un trozo de tela. La mecha se mantiene húmeda con agua y se introduce en el flujo de una corriente de aire-vapor.

Fig 6. Medición de la temperatura del bulbo húmedo



Fuente: Christie J. Geankoplis

2.7.5. Humedad relativa

Es la relación que existe entre la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen de aire, y la cantidad máxima que este aire podría contener al punto de estar saturado, o sea, al punto de rocío. La humedad relativa expresada generalmente en porcentaje, se representa como HR, y es tal vez la característica del aire que está más relacionada con el secado de los granos.

2.7.6. Humedad del Fruto

Según Greta Calderón (2000) dice que la humedad del fruto se define como la cantidad de agua que existe en la composición estructural del mismo, ésta se la encuentra en dos maneras: agua libre y agua ligada.

Agua Libre

- Retenida por medio de fuerzas físicas relacionadas con la tensión superficial.
- La presión de vapor es la misma que del agua pura.
- El calor latente de vaporización es el mismo que del agua pura.
- La cantidad retenida está mas relacionada a la estructura física que a la estructura química del fruto.

Agua Ligada

- Retenida como una capa simple o monoestrato de moléculas de agua por atracción a moléculas de sólido y a multicapas de moléculas de agua.
- La presión de vapor del grano es menor que la del agua pura.
- El calor latente de vaporización del grano es mayor que la del agua pura.
- La cantidad retenida esta íntimamente relacionada con la estructura química del fruto.

Además, de lo anteriormente anotado se puede destacar lo siguiente:

1. La forma en que se desarrolla la circulación del líquido dentro del sólido.
2. El efecto de las condiciones ambientales, tales como: la temperatura, humedad, velocidad, etc.
3. La circulación del líquido en el fruto depende de la estructura de los mismos. Algunos de ellos son:
 - Difusión de los sólidos homogéneos
 - Circulación capilar en las estructuras granulares y porosas.
 - Circulación debido a contracciones y presiones moleculares.
 - Circulación debido a la fuerza gravitacional.

2.8. Características de los granos

2.8.1. El grano como un ser vivo e higroscópico

2.8.1.1. Higroscopía

La higroscopía es la propiedad que tienen los cuerpos de absorber agua desde la atmósfera que la rodea.

Los granos, lo mismo que los demás productos orgánicos de origen vegetal son “higroscópicos”, o sea que tienen la propiedad de absorber agua desde la atmósfera que los rodea. Existen puntos de equilibrio entre la humedad de los granos y la humedad de la atmósfera que los rodea. Este fenómeno de la “humedad de equilibrio” es de suma importancia en el secado artificial de los productos.

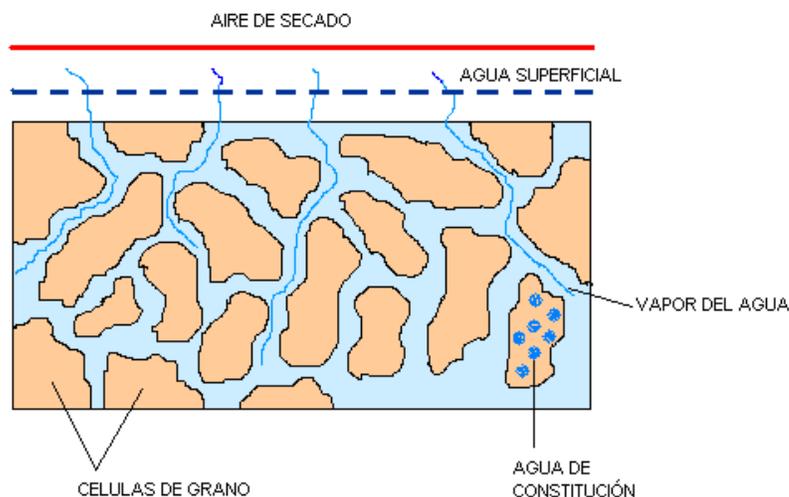
2.8.1.2. Agua en los granos.

Los granos (cereales y leguminosas secas) son seres vivos que respiran y tienen un metabolismo activo, aun después de separado de la planta; por lo tanto, sus condiciones de vida y conservación son más difíciles por sus niveles de humedad más altos.

La presencia del agua en los granos se presenta en tres formas que son las siguientes:

- **Agua libre o superficial**, que es la que se deposita en la superficie de los granos por lluvia o rocío, ésta es la mas sencilla de retirar de un producto por medio del secado artificial. Equivale a evaporar el exceso de agua por medio de una corriente de aire con o sin calor adicional.
- **Agua de absorción**, se encuentra en forma de vapor, en los espacios intercelulares del grano. Esta es más difícil de evaporar porque se encuentra dentro del grano y por lo tanto debe crearse un equilibrio de humedad con el ambiente, que permita que la humedad se transporte del centro del grano a la superficie.
- **Agua de constitución**, es la que se encuentra químicamente ligada a los otros componentes del grano. Esta forma vincula los químicos con los componentes del producto; y por ello, esta humedad no se puede retirar, sin que exista una descomposición o cambio estructural en el grano.

Fig 7. Trayectoria del agua durante la deshidratación



2.9. Humedad de equilibrio de los granos

Calderón Greta M (2000) manifiesta que: cada uno de los granos tiene una relación precisa entre su humedad y la humedad del ambiente que los rodea. A esto se llama humedad de equilibrio; sin embargo, este equilibrio no es constante para un determinado grano ni para una variedad, o zona geográfica. Para efectos prácticos, se indican en el cuadro 4 valores aproximados de humedad de equilibrio de diversos productos, que pueden ser usados para ejercicios de secado y aireación.

Tabla 5. Humedad de equilibrio de algunos productos

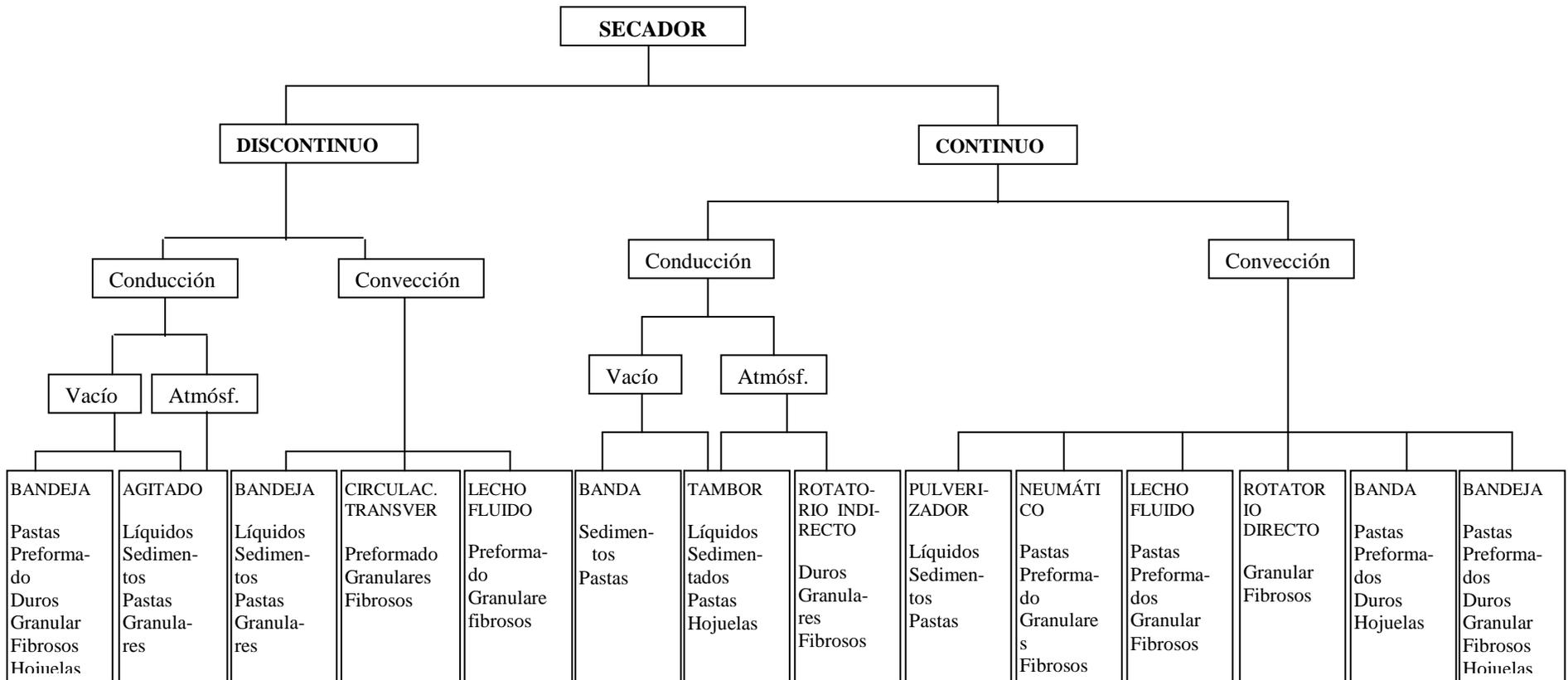
Producto	Temp.	HUMEDAD RELATIVA %								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
	° C	HUMEDADES DE EQUILIBRIO DE LOS PRODUCTOS INDICADOS								
Fréjol	25	5,4	7,2	8,4	9,9	10,7	12,5	15,0	18,6	
Arroz cáscara	25	4,6	6,5	7,9	9,4	10,8	12,2	13,4	14,8	16,7
Arroz integral	25	5,9	8,0	9,5	10,9	12,2	13,3	14,1	15,2	19,1
Arroz blanco	25	5,1	7,6	9,0	10,3	11,5	12,6	12,8	15,4	18,1
Maíz amarillo	25	5,1	7,0	8,3	9,8	11,2	12,9	14,0	15,6	19,6
Maíz blanco	25	5,1	7,2	8,5	9,8	11,2	12,9	13,9	15,5	18,9
Sorgo	25	4,4	7,3	8,6	9,8	11,0	12,0	13,8	15,8	18,8
Soya	25	5,5	6,5	7,1	8,0	9,3	11,5	14,8	18,8	
Trigo blando	25	4,3	7,2	8,6	9,7	10,9	11,9	13,6	15,7	19,7
Trigo duro	25	4,4	7,2	8,5	9,7	10,9	12,5	13,9	15,8	19,7

Fuente: Secado artificial de granos y semillas AG. GCP/OGS/NET. Documentos de campo 2.

2.10. Equipos para secado

Hay muchos tipos de secadores, cada uno diseñado para su propia especialidad. Los secadores pueden clasificarse de acuerdo con el modo de operar o con el servicio requerido. Según el método de operación, se subdividen según la forma de transferencia de calor como calentamiento por conducción y convección.

Tabla. 6. Clasificación de los Secadores en Base a su Método de Operación



Fuente: G. Nonhebel, M.A, A.A. H. Moss, B.Sc (1979).

2.10.1. Secador de bandejas

En los secadores de bandejas, que también se llaman secadores de anaqueles, el material que puede ser un sólido en forma de terrones o pasta, se esparce uniformemente sobre una bandeja de metal. Un ventilador recircula aire calentado con vapor sobre la superficie de las bandejas, paralelamente a las mismas; también se usa calor obtenido con electricidad.

Después del secado se abre el gabinete y las bandejas se remplazan con otras con más material para secar. Una de las modificaciones de ese tipo de secado es el de bandejas con carretillas; donde las bandejas se colocan en carretillas rodantes que se introduce al secador, permitiendo cargar y descargar con facilidad.

Fotografía 3. Secador utilizado en la experimentación



(08/10/2008)

2.11. Molienda

Werner Baltes 2000, manifiesta que para moler se utilizan masas de cilindros rotativos en los que giran algunos cilindros en sentido contrario, los unos contra los otros. Poseen superficies en partes lisas y en partes estriadas. En función de la separación que guardan entre ellos existen los siguientes:

- **Molido fino.**- estrecha separación entre los cilindros, se utiliza principalmente para moler centeno. En cuestión de 4 -5 pasadas del producto en el molino se forma una harina oscura.
- **Molido grueso.**- los cilindros se encuentran lejos el uno del otro, rompen los granos formando solo sémolas y harina fina para pastas alimenticias.
- **Molido medio.**- los cilindros se hallan a una distancia intermedia. Este tipo de molido se aplica; por ejemplo, para convertir en harina de trigo blanda en 8-9 pasadas del producto en el molino.

Al triturar una sustancia, ésta se desmorona en partículas de una magnitud determinada por acción de la energía mecánica, sin que se produzca modificación por el estado de agregación.

En muchas operaciones de la industrialización de los alimentos suele ser una necesidad frecuente desmenuzar los sólidos mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Las razones para esta reducción de tamaño son diversas como:

- La reducción a un tamaño definido puede ser una necesidad específica del producto, como por ejemplo, en la elaboración del azúcar para helados, en la preparación de especias y en el refinado del chocolate.
- La mezcla íntima, es más fácil con las partículas de tamaño más pequeño, lo que constituye una consideración importante en la elaboración de sopas empaquetadas, mezclas, dulces, etc.

2.11.1. Naturaleza de las fuerzas utilizadas en la reducción de tamaño

Se pueden distinguir tres clases de fuerzas estando en cualquier operación de trituración, por lo general más de una.

A continuación se mencionan los tipos de fuerzas que predominan en algunas de las trituradoras de uso frecuente en la industria de los alimentos.

Fuerza	Principio	Aparato
Compresión	Compresión (cascanueces)	Rodillos trituradores
Impacto	Impacto (martillo)	Molino de martillos
Cizalla	Frotamiento (piedra de molino)	Molino de discos

El término trituración (crushing) se aplica generalmente al desmenuzamiento de materiales groseros hasta tamaños del orden de 3 mm. Sin embargo, molienda es en cambio un término empleado para referirse a la obtención de productos en polvo. La

trituration está frecuentemente asociada a la aplicación de fuerzas de compresión y la molienda a la de fuerzas de cizalla-dura.

2.11.2. Relación de reducción

Se utiliza para predecir la conducta más probable de un aparato. Las trituradoras groseras tienen relaciones de reducción de tamaño menores que 8:1, mientras que en la molienda fina se pueden lograr relaciones de 100:1. Ello depende en gran manera del aparato particular y el producto de partida. Los valores del tamaño medio de la carga y el producto resultante dependen del método de medida.

2.12. Tamizado

J.G Brennan y J.R Butters (1980) manifiestan que, el tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños se separan en dos o más fracciones pasándolas por un tamiz. Cada fracción es más uniforme en tamaño que la mezcla original. Un tamiz es una superficie conteniendo cierto número de aperturas de igual tamaño. La superficie puede ser plana o cilíndrica. Los tamices planos de pequeña capacidad se denominan cedazos o cribas.

Los tamices se usan extensamente para separar mezclas de productos granulares o pulverulentos en intervalos de tamaños. Además, para separar industrialmente los productos alimenticios en dos o más categorías de tamaño de partículas con fines de manufactura específicos, el tamizado o cribado se utiliza en el análisis de partículas

para determinar el tamaño de las partículas y la distribución de tamaños de los productos pulverulentos.

En la actualidad se utilizan varias series de tamices diferentes entre ellos tenemos:

- a. Retsch es una serie muy utilizada que se basa en un tamiz de 200 mallas, teniendo hilos de 0,0021 pulgadas de diámetro y una apertura de tamiz de 0,0029 pulgadas. La relación entre las aperturas en tamices consecutivos es $2^{1/2}$.

Tabla 7. Tamices de ensayo Retsch

Luz de malla		Número de mallas en 1 pulgada	Diámetro del hilo, pulgadas
Pulgadas	Milímetros		
1,05	26,67	—	0,148
0,883	22,43	—	0,135
0,742	18,85	—	0,135
0,624	15,85	—	0,120
0,525	13,33	—	0,105
0,441	11,20	—	0,105
0,371	9,42	—	0,092
0,312	7,925	2,5	0,088
0,263	6,680	3,0	0,070
0,185	4,699	4,0	0,065
0,131	3,327	6,0	0,036
0,110	2,794	7,0	0,033
0,093	2,362	8,0	0,032
0,055	1,397	12	0,028
0,046	1,168	14	0,025
0,0390	0,991	16	0,0235
0,0328	0,833	20	0,0172
0,0276	0,701	24	0,0141
0,0232	0,589	28	0,0125
0,0164	0,417	35	0,0112
0,0138	0,351	42	0,0100
0,0116	0,295	48	0,0092
0,0097	0,248	60	0,0070
0,0082	0,208	65	0,0062
0,0069	0,175	80	0,0056

Fuente: Occin Ángel (1979).

- c. British Standard es la serie de tamices basada en hilos que siguen la clasificación B.S. 410:1969. Un tamiz de 170 mallas tendrá una apertura de tamiz de 90 y el intervalo de tamiz entre tamices vecinos es de aproximadamente $2^{1/4}$

- b. American Society for Testing Materials. ASTM-E-11. Serie basada en un tamiz de 18 mallas con una apertura de 1,0 mm y un intervalo de tamiz.

La granulosidad o tamaño de las partículas de la harina depende del grado de trituración y del calibre de los tamices que atraviesa el producto durante su proceso de elaboración. Las variaciones en el grado de granulosidad de las harinas panificables comerciales no influyen de manera notable sobre el comportamiento de éstas en el proceso de fabricación del pan. Sin embargo, la trituración excesiva ejerce un efecto perjudicial, pues proporciona masas pegajosas y muertas. A.J Amos (1968).

2.12.1. Representación de los resultados del análisis de tamizado

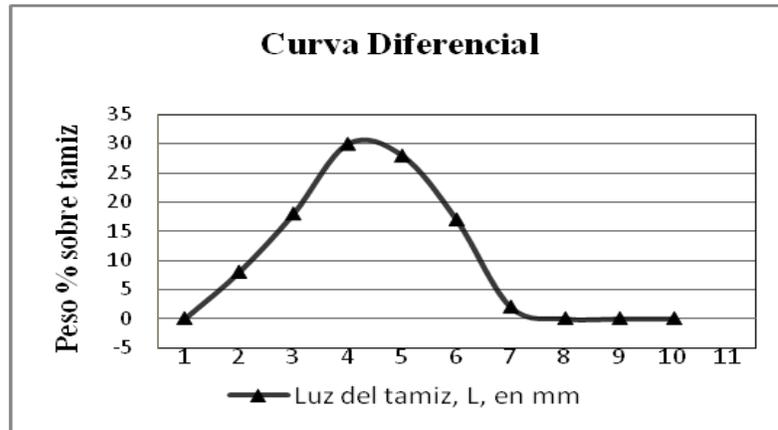
El análisis de tamizado (análisis de finuras practicado con tamices) se efectúa disponiendo una serie de tamices superpuestos, en la parte superior el más grueso y en la inferior el más fino, depositando en el superior una cierta cantidad del producto generalmente, 100 gramos y zarandeando el sistema durante un tiempo suficiente para que cada tamiz deje pasar todos los finos que le correspondan, según su luz o abertura.

Los resultados obtenidos se representan de las siguientes maneras:

Representación diferencial.- Consiste en llevar a un sistema de coordenadas rectangulares el porcentaje de producto que queda retenido en cada tamiz, frente a la luz o abertura de ese tamiz.

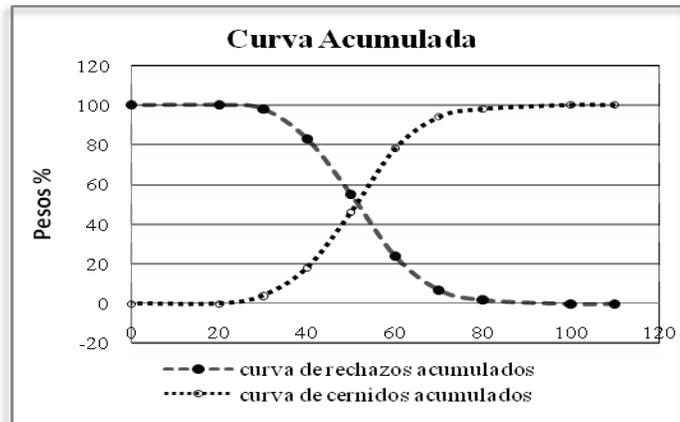
Una variante de esta representación es la adoptada por Gaudin que es análoga a la citada anteriormente, pero con la diferencia de que las coordenadas son logarítmicas (log del % rechazo sobre cada tamiz, en ordenadas, y log de la luz de malla, en abscisas). El citado autor ha encontrado que estas curvas logarítmicas tienen formas características para los productos que resultan de la molturación.

Fig 8.- Representación Diferencial del análisis de tamizado



Representación acumulada.- Puede referirse a rechazos o a cernidos. En esta representación, las ordenadas representan el tanto por ciento de producto original cuyas partículas son mayores (rechazo) o menores (cernido) que la abscisa correspondiente, que es la abertura del tamiz en cuestión.

Fig 9.- Representación Acumulada del análisis del tamizado



2.13. Envasado y almacenamiento

Las especias ya molidas deben envasarse y conservarse según ciertas normas, para ello se prefieren envases de plástico, aluminio, hojalata o vidrio.

Todo material para envasarse debe cumplir los siguientes requisitos:

1. Máxima impermeabilidad posible a gas, luz y vapor de agua.
2. Ser resistente frente a las posibles acciones de las especias molidas que podrían poner en libertad algún componente del material del envase.
3. No formar combinaciones con ningún componente del producto.

Para conservar de mejor manera las especias se debe realizar en locales seco, fresco y bien aireado, procurando que queden alejadas de la acción de la luz solar y del polvo

y no estar próximas a otros alimentos a los que fácilmente pueden transmitirse olores. Gerhardt Ulrich.(1973).

El envasado facilita el transporte, su dispensación, agruparlos en unidades de tamaño adecuado y mejorar su utilización, pero el más importante es para proteger a los alimentos de la contaminación por microorganismos, suciedad, invasión de insectos, de luz e incorporación de humedad. Potter N. Norman y Hotchkiss H. Joseph (1990).

2.14. Propiedades organolépticas

2.14.1. Generalidades

El análisis sensorial es un instrumento no paramétrico para realizar un adecuado control de calidad y aceptabilidad en los alimentos. Al comercializar un alimento deben quedar establecidas y garantizadas las pautas de higiene, inocuidad y calidad. El análisis sensorial es, pues, un método que mide, analiza e interpreta las reacciones percibidas por los sentidos de las personas de acuerdo con las características del alimento. Las distintas sensaciones captadas e interpretadas serán usadas para medir la calidad de los alimentos por ejemplo su sabor, olor y aceptabilidad.

En primer lugar se evalúa el aspecto general del alimento es decir, su color y brillo. Se mide con una valoración que va desde el "no percibido" hasta el "mucho". En segundo lugar se realiza un perfil olfato gustativo es decir, se mide el aroma y el sabor del alimento. Se evalúa con una escala de valores que van de más a menos.

Primero olor y después, el gusto. El aroma se percibe cuando el alimento se retiene en la cavidad bucal y se evalúa con una escala de valores de acuerdo con el aroma característico del alimento que se está analizando.

Finalmente, se puntúa el grado de aceptabilidad general con una escala de valores que va desde el "desagradable" hasta el "muy agradable". [Http: aromas. Natalia Gimferrer Morató \(06/07/2008\).](http://aromas.natalia.gimferrer.com)

Los hábitos alimentarios de un pueblo están determinados en gran medida por el aroma y el sabor de los productos que consumen. Aunque existe una relación muy estrecha entre el sabor y el aroma de los alimentos, los componentes responsables en cada caso tienen propiedades físicas y químicas diferentes, en el primero son sustancias de mayor peso molecular, no volátiles y están en menor número que aquellas relacionadas con el aroma, que forzosamente deben ser volátiles para que lleguen a los centros olfativos.

2.14.2. Color

El color es una propiedad de una materia relacionada con el aspecto de la luz y que, mide físicamente en términos de su energía radiante o intensidad y por su longitud de onda.

Baduí Salvador D. (1993), manifiesta que el color es la parte de la energía radiante que el ser humano percibe mediante las sensaciones visuales que se generan por estimulación de la retina del ojo y con base a éste se identifican muchas propiedades

de los alimentos. El color es el primer contacto que tiene el consumidor con los productos.

El color es una sensación que es percibida por los órganos visuales, está producida por los rayos luminosos y depende de su longitud de onda y de las características del órgano receptor. Es un fenómeno físico-químico asociado a las innumerables combinaciones de la luz relacionado con las diferentes longitudes de onda, en la zona visible del espectro electromagnético que perciben las personas y animales a través de los órganos de la visión, como una sensación que nos permite diferenciar los objetos con mayor precisión.

2.14.2.1. El espectro visible por los humanos

El espectro electromagnético está constituido por todos los posibles niveles de energía de la luz. Hablar de energía es equivalente a hablar de longitud de onda; por ello, el espectro electromagnético abarca todas las longitudes de onda que la luz puede tener.

De todo el espectro, la porción que el ser humano es capaz de percibir es muy pequeña en comparación con todas las existentes. Esta región, denominada espectro visible, comprende longitudes de onda desde los 380nm hasta los 780nm (1nm o 1 nanómetro = 0,000001 mm). La luz de cada una de estas longitudes de onda es percibida en el cerebro humano como un color diferente.

Por eso, en la descomposición de la luz blanca en todas sus longitudes de onda, mediante un prisma o por la lluvia en el arco iris, el cerebro percibe todos los colores.



Fuente: www.colorimetría/espectroelectromagnético.com (08/07/2008)

2.14.2.2. Colores Elementales

Los ocho colores elementales corresponden a las ocho posibilidades extremas de percepción del órgano de la vista. Estos resultan de las combinaciones que pueden realizar los tres tipos de conos del ojo, o lo que es lo mismo las posibilidades que ofrecen de combinarse los tres primarios.

Las ocho posibilidades son los tres colores primarios (amarillo, azul y rojo), los tres secundarios que resultan de la combinación de dos primarios (verde, tomate, lila), más los dos colores acromáticos, el blanco que es percibido como la combinación de los tres primarios (síntesis aditiva: colores luz) y el negro es la ausencia de los tres. www.gamadecolores.com. (08/07/2008)

A continuación se presentan los colores elementales con sus respectivos matices:

Rojo y sus matices:

Nombre	Muestra
Rojo	
Carmesí	
Bermellón	
Escarlata	
Granate	
Carmín	
Amaranto	

Azul y sus matices:

Nombre	Muestra
Azul	
Azul cobalto	
Azul marino	
Azur	
Zafiro	
Añil	
Turquí	
Azul de Prusia	
Azul Majorelle	

Magenta y sus matices:

Nombre	Muestra
Magenta	
Fucsia	
Morado	
Malva	
Lila	
Carnación	
Lavanda	
Rosa	

Marrón y sus matices:

Nombre	Muestra
Marrón	
Caqui	
Ocre	
Pardo	
Cobre	
Cobre Pálido	
Borgoña	

Cian y sus matices:

Nombre	Muestra
Cian	
Turquesa	
Celeste	
Cerúleo	
Aguamarina	

Violeta y sus matices:

Nombre	Muestra
Violeta	
Lavanda floral	
Amatista	
Púrpura	
Púrpura de Tiro	

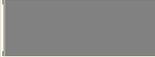
Amarillo y sus matices:

Nombre	Muestra
Amarillo	
Limón	
Oro	
Ámbar	
Amarillo indio	
Amarillo selectivo	

Naranja y sus matices:

Nombre	Muestra
Naranja	
Coral	
Sesamo	
Albaricoque	
Trigo	
Salmón	

Blancos, grises y negros:

Nombre	Muestra
Blanco	
Lino	
Beige	
Crema	
Plateado	
Argén	
Gris	
Negro	

Verde y sus matices:

Nombre	Muestra
Verde	
Verde Kelly	
Esmeralda	
Jade	
Verde Veronés	
Arlequín	
Espárrago	
Verde Oliva	
Verde Cazador	

2.14.3. Sabor

Tradicionalmente se ha considerado como un fenómeno tetradimensional integrado por cuatro sabores primarios: **dulce** (sacarosa), **amargo** (quinina), **salado** (cloruro de sodio) y **ácido** (ácido cítrico). Sin embargo, en los últimos años algunos investigadores japoneses han propuesto la inclusión de un quinto sabor básico denominado **umami**, que está muy relacionado con el sabor del glutamato monosódico. Química de los Alimentos, Salvador Badui, 1993.

"Flavores de los Alimentos". Fisher, C. y Scott, T.R (2000). Mencionan que la teoría clásica reconoce la existencia de cuatro sabores: amargo, ácido, dulce, salado. Cada uno de estos sabores tiene asociado una zona específica en la lengua como sensor específico (sensor gustatorio) que recibe el sabor.

En investigaciones recientes efectuadas por el japonés Kikunae Ikeda determina la existencia de un quinto sabor denominado **umami**. El umami corresponde a un sabor detectado por la lengua y que su principal responsable es el glutamato monosódico.

La lengua tiene unas pequeñas elevaciones que son las **papilas gustativas** en las que se encuentra el sentido del gusto. Gracias a este sentido somos capaces de diferenciar los distintos tipos de sabores cuando un alimento llega a la boca y se mezcla con la saliva enviando la información del sabor al **cerebro**.

2.14.4. Olor

Por definición, olor es una sustancia volátil percibida por el sentido del olfato y por la acción de inhalar. Para percibir algún olor, la molécula estimulante debe ser volátil (bajo peso molecular).

El sentido del olfato es capaz de distinguir un gran número de olores, el mismo que se encuentra en las células olfatorias de la mucosa de la nariz, desde donde se envía la información al cerebro de los olores percibidos. Las células olfatorias no son iguales, cada una percibe un olor básico determinado. El sentido del olfato está muy relacionado con el del gusto.

Baltes Werner, (2000) manifiesta que: Actualmente en la cavidad buconasal se hallan receptores del olor específicos a los que pueden fijarse las plantas aromatizantes y así transmitir la sensación del aroma. Se conocen los siguientes tipos de compuestos para el olor como: alcanfor, almizcle, floral, mentolado, etérico, punzante y hediondo.

2.15. Propiedades físicas de los alimentos

Peso específico.- Peso específico absoluto de una sustancia homogénea es el peso de la unidad de volumen de dicha sustancia. $p = \text{Peso (dinas /cm}^3 \text{ o N /m}^3) / \text{Volumen.}$
Alonso Acosta, 1976.

Humedad.- Es la medida del contenido de agua de un sólido, se expresa como los Kg. de agua del sólido que hay en un Kg. de aire seco.

Fibra.- Son estructuras de origen animal, vegetal, mineral o sintético. Esta normaliza, estimula y favorece el proceso digestivo. Son componentes indigeribles, que proporcionan compuestos groseros de baja digestibilidad y voluminosos que contribuyen al mantenimiento de la salud intestinal. Potter N. Norman y Hotchkiss H. Joseph (1990).

Proteínas.- Luis G Armendáriz, 1979: Dice que las proteínas son alimentos plásticos formados fundamentalmente por cuatro elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Algunos contienen azufre, fósforo, trazas de hierro, Cu, Mg, Co y I. Están formadas por aminoácidos unidos entre sí mediante enlaces peptídicos.

Grasas.- Son compuestos orgánicos que se producen de forma natural. Químicamente son ésteres de tres moléculas de ácido graso con glicerina y se conocen con el nombre de triglicéridos. Las grasas son sustancias elaboradas por animales y vegetales que se encuentran en el tejido adiposo y en las semillas de ciertas plantas respectivamente.

Son sustancias blandas untuosas e insolubles en agua, es una fuente de energía tanto para los animales y plantas que las tienen como para los animales que la consumen.

Granulometría.- En el diccionario enciclopédico Larousse se menciona que: La granulometría es la clasificación de un producto pulverulento según el porcentaje de granos de distintos grosores que contiene. Se aplica casi exclusivamente para fines de pruebas. Para la determinación de la granulometria se utiliza el tamizado que es un mecanismo de filtración en el que las partículas de un diámetro superior a la distancia libre entre dos fibras no pueden pasar. La partícula es retenida y no puede ir más lejos en la malla filtrante. El tamizado es un mecanismo que detiene las partículas gruesas.

La técnica del tamizado se realiza haciendo pasar al producto sobre una superficie provista de orificios del tamaño deseado. El equipo puede estar formado por barras fijas o en movimiento, por placas metálicas perforadas o por tejidos de hilos metálicos. Consiste en la separación de una mezcla de partículas de diferentes tamaños en dos o más fracciones cada una de las cuales estará formulada por partículas de tamaño más uniforme que la mezcla original. Hptt: www.tamizado.com

Ceniza.- Es un polvo mineral de color gris claro que queda como residuo de una combustión completa. A todos los componentes inorgánicos de los alimentos se les llama generalmente ceniza, aunque algunos de ellos se volatilizan al quemar los alimentos. Esta ceniza contiene los minerales esenciales para el mantenimiento de la vida, siendo los más importantes: calcio, cloro, yodo, hierro, fósforo, potasio, sodio y azufre.

Por lo general, la ceniza de la madera o cualquier material vegetal similar, contiene principalmente carbonato de sodio y carbonato de potasio. El contenido de ceniza en la madera seca varía desde un 2% en peso para la balsa, a un 0.2% para la secuoya.

Son parte de un análisis proximal que indican el contenido de minerales que pueden ser sales o elementos como: zinc, magnesio, hierro, calcio, es decir todos los minerales presentes en los alimentos, cloruros, fosfatos, carbonatos, sales con sus respectivos aniones y cationes.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materia prima e insumos

a. Materia prima

- Semillas de molle
- Filetes de tilapia
- Carne de res
- Carne de cerdo

b. Insumos

- Especias (Pimienta negra, comino, ajo, orégano, cebolla)
- Páprika
- Fécula
- Tripa natural
- Sal curante
- Hielo
- Limón
- Tocino de cerdo

3.1.2. Equipos y materiales de laboratorio

a. Equipos

- Deshidratador eléctrico automático de bandejas con flujo de aire forzado
- Molino manual
- Ahumador
- Tamices Retsch
- Balanza analítica capacidad 500 gr.
- Cámara fotográfica
- Cámara de video

b. Materiales

- Envases de vidrio de 1000ml.
- Envases de vidrio de 30ml
- Vaso de precipitación
- Recipientes plásticos
- Sartén de teflón
- Cuchillos
- Cucharas
- Papel aluminio
- Etiquetas
- Materiales de oficina

3.2. Métodos

3.2.1. Localización del Ensayo

La presente investigación se realizó en el laboratorio de FONSALCI, ubicado en el Muelle Bar de la Laguna de Yahuarcocha. La materia prima se recolectó de las riberas de la Laguna de Yahuarcocha.

Los análisis físico-químicos se ejecutaron en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo y los microbiológicos en la Universidad Técnica del Norte.

3.2.1.1 Datos informativos del lugar

Los datos georeferenciales y meteorológicos que se indican a continuación fueron obtenidos del departamento de meteorología de la aviación civil de Ibarra tomados en el año 2008.

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Lugar:	Yahuarcocha, Muelle Bar
Longitud:	78° 06min 16seg
Latitud:	00° 40min 30seg
Altitud:	2200 m.s.n.m.
Temperatura	
Promedio:	18 °C
H. R. Promedio:	73%
Pluviosidad	600mm/año

La presente investigación se realizó en dos fases:

- **Primera Fase.-** Deshidratación de la semilla de molle para la obtención de polvo.

- **Segunda Fase.-** Aplicación del polvo de molle en las formulaciones de condimento de chorizo y filetes de tilapia frita.

3.2.2. Factores en estudio

3.2.2.1. Primera Fase: Deshidratación de la semilla de molle para la obtención de polvo.

Los factores en estudio para la deshidratación de la semilla de molle y obtención del polvo fueron: la madurez fisiológica y la temperatura de secado éstos se detallan en el cuadro 3.

Factor A: Madurez fisiológica

Para este factor se utilizaron semillas de molle con madurez fisiológica: verdes, rojas y cafés; éstas se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1: Niveles del estado de madurez fisiológica de la semilla de molle

Estado fisiológico de la semilla de molle	
Simbología	Madurez
M1	Verde
M2	Rojo
M3	Café

Factor B: Temperatura de Secado

Para este factor se consideraron cuatro niveles de temperaturas de secado, las mismas que se encuentran dentro de los parámetros técnicos para la deshidratación de especias éstas se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Niveles de temperatura de deshidratación para la semilla de molle

Temperaturas de Deshidratación	
Simbología	Temperatura °C
t1	40
t2	50
t3	60
t4	70

Cuadro 3. Combinación de los niveles de los factores del proceso de deshidratación de la semilla de molle.

TRATAMIENTOS	Madurez Fisiológica A	Temperatura de Secado B	Combinaciones AXB
T1	M1	t1	M1t1
T2	M1	t2	M1t2
T3	M1	t3	M1t3
T4	M1	t4	M1t4
T5	M2	t1	M2t1
T6	M2	t2	M2t2
T7	M2	t3	M2t3
T8	M2	t4	M2t4
T9	M3	t1	M3t1
T10	M3	t2	M3t2
T11	M3	t3	M3t3
T12	M3	t4	M3t4

Diseño Experimental

En esta experimentación se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B con tres repeticiones por tratamiento; donde A es la madurez fisiológica de la semilla de molle y B la temperatura de secado.

Características del Experimento

- Número de Repeticiones: 3
- Número de Unidades Experimentales: 36
- Unidad Experimental: 500 gramos.

Análisis Estadístico

En la experimentación para determinar el tiempo, temperatura de secado y granulometría se utilizó el siguiente análisis de varianza:

Esquema de análisis de varianza para determinación del tiempo, peso final de secado y granulometría en tres estados de madurez de la semilla de molle.

Cuadro 4: ADEVA. Para tiempo, temperatura de secado y granulometría de la semilla de molle.

ESQUEMA DEL ADEVA	
FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
Total	35
Tratamientos	11
Factor A	2
Factor B	3
Interacción A x B	6
Error Experimental	24

Análisis funcional

Para el análisis funcional se emplearon las pruebas siguientes:

Tratamientos: Tukey al 5%

Factores:

Factor A. Madurez fisiológica DMS al 5%

Factor B. Temperaturas de secado DMS al 5%

Para variables no paramétricas se utilizó las pruebas de FRIEDMAN al 1% y 5%.

3.2.2.2. Segunda Fase.- Los tratamientos:

- T4 (semilla verde, 70°C)
- T8 (semilla roja, 70°C)
- T12 (semilla café, 70°C)

Determinados en la primera fase como los mejores, se emplearon en la elaboración de chorizo y en la preparación de filetes de tilapia frita, sustituyendo a la pimienta negra en las formulaciones preestablecidos que se detallan en el cuadro 5:

Cuadro 5. Combinaciones de la aplicación del polvo de molle de los tratamientos T4, T8 y T12 para chorizo y tilapia frita.

Nº	Combinaciones	% Molle	%Pimienta Negra
1	D1T4	100	0
2	D2T4	75	25
3	D3T4	50	50
4	D4T4	25	75
5	D5T4	0	100
6	D1T8	100	0
7	D2T8	75	25
8	D3T8	50	50
9	D4T8	25	75
10	D5T8	0	100
11	D1T12	100	0
12	D2T12	75	25
13	D3T12	50	50
14	D4T12	25	75
15	D5T12	0	100

D= dosis

Para la elaboración de chorizo ahumado se utilizó la fórmula que se anota en la tabla 8. Donde se sustituyó el 0,10% de pimienta negra por molle.

Tabla 8. Fórmula de elaboración de chorizo ahumado

CHORIZO COMÚN AHUMADO		
Ingredientes	Peso (%)	Peso (g)
Carne de cerdo	20,47	1589
Carne de res	46,80	3632
Tocino	17,55	1362
Cebolla	0,54	41,6
Pimienta negra	0,10	7,8
Ajo	0,20	15,6
Comino	0,13	10,4
Orégano	0,20	15,6
Fécula	1,34	104
Páprika	0,47	36,4
Sal curante	1,47	114,4
Hielo	10,72	832
Total	100,00	7760,8

Para la preparación de filetes de tilapia frita se utilizó la formula tradicional utilizada en el Palacio de la Tilapia, ésta se anota en la tabla 9. Donde se sustituyó el 0,73% de pimienta negra por molle

Fotografía 4. Local de venta de tilapia frita



(04/08/2008)

Tabla 9. Fórmula de preparación de filetes de tilapia frita utilizada por el Palacio de la Tilapia.

FILETES DE TILAPIA FRITA

Ingredientes	Peso (%)	Peso (g)
Carne de tilapia	91,65	1673,75
Comino	2,50	45,6
Ajo	2,66	48,5
Sal	2,03	37,05
Pimienta negra	0,73	13,3
Limón	0,44	8
Total	100,00	1826,2

3.2.3. Variables evaluadas

3.2.3.1. Variables Cuantitativas

- Peso final de la semilla de molle
- Tiempo de secado
- Granulometría
- Rendimiento
- Rentabilidad

3.2.3.2. Variables Cualitativas

- Color
- Olor

- Sabor
- Soltura
- Aceptabilidad

3.2.3.3. Pruebas Adicionales

- Proteína
- Humedad
- Materia seca
- Extracto etéreo
- Fibra.
- Cenizas
- Materia orgánica
- Análisis microbiológico

3.3. Recolección de datos

3.3.1. Pruebas Preliminares

Se realizaron pruebas preliminares en la semilla de molle, que consistieron en análisis bromatológicos y fitoquímico determinándose que el valor establecido de alcaloides se encuentran bajo los rangos permisibles para el consumo humano demostrándose que el molle puede emplearse como una especia alimenticia. Ver Anexo 23 y 24.

3.3.2. Variables Cuantitativas

3.3.2.1 Obtención del Polvo de la Semilla de Molle

Temperatura.- Las semillas de molle en sus tres estados de madurez (verdes, rojas y cafés) se sometieron a cuatro niveles de temperatura de deshidratación 40, 50, 60 y 70°C siguiendo las recomendaciones bibliográficas para el secado de especias, las mismas que al secarse a temperaturas superiores de 90°C, volatizan sus aceites etéreos característicos de una especia. Este proceso se realizó en un deshidratador de bandejas con entrada de aire caliente a temperatura constante en sus diferentes niveles durante el proceso de deshidratación, con la finalidad de determinar la mejor temperatura del aire de secado que conserve las características aromatizantes del producto y su vida útil.

Fotografía 5. Panel de control del deshidratador



(08/10/2008).

Tiempo.- Esta variable se determinó en intervalos de 30 minutos, para tratamientos a temperaturas de 40, 50°C y para tratamientos de 60, 70°C en intervalos de 15 min.; el tiempo total del proceso de deshidratación concluyó al obtenerse un peso final constante del producto con una humedad final de las semillas de molle que osciló entre 8-12%.

Granulometría.- Para evaluar esta variable se sometió el polvo de molle de cada unidad experimental a un ensayo de tamizado en seco, donde las muestras se separaron a través de una pila de tamices dispuestos de tal modo que el tamiz de malla con luz más grande se coloca arriba de la más fina; el peso del producto atrapado en cada malla es anotado y representa el porcentaje de retenido. Según la **NORMATIVA COLOMBIANA** establece que el tamaño de las partículas no debe ser superior a 1mm. Anexo 17. (numeral 6-1-2-1)

Fotografía 6. Polvo de la semilla de molle madurez roja



(25/09/2008)

Rendimiento.- Esta variable se determinó mediante el flujograma de proceso de deshidratación de semilla de molle para cada madurez obtenida en la primera fase de

la experimentación. Los pesos establecidos en cada unidad experimental, luego de sus diferentes etapas del proceso permitió con la aplicación del balance de materiales conocer el rendimiento de cada estado de madurez.

Rentabilidad.- Esta variable se estableció en base al costo de comercialización de mercado para la pimienta negra como producto referencial menos el costo de industrialización de la semilla de molle de los doce tratamientos.

Análisis Proximal.- Se realizó el análisis a los doce tratamientos en estudio, el que permitió conocer las características físico-químicas del producto.

Las variables evaluadas fueron:

- Humedad
- Ceniza
- Extracto etéreo
- Materia seca
- Materia orgánica
- Proteína
- Fibra

Análisis microbiológicos.- Determinado el mejor tratamiento se realizó este análisis al polvo de la semilla de molle a los 0, 20 y 40 días de almacenado el producto, a temperatura ambiente 17°C y 30°C observándose cambios microbiológicos por medio de:

- Recuento Total en Placa
- Recuento Coliformes
- Recuento Mohos y Levaduras.

3.3.3. Variables Cualitativas

Para esta variable se utilizó la prueba de Friedman en la primera y segunda fase de la experimentación. En la primera, con la ayuda de diez de degustadores se evaluó el polvo obtenido del procesamiento de la semilla de molle de los doce tratamientos en sus características: color, aroma, sabor, soltura y aceptabilidad.

Los tratamientos T4, T8 y T12 resultaron ser los mejores en la primera fase de esta investigación, los mismos que se utilizaron para la segunda fase que consistió en utilizar el polvo de molle como sustituto de la pimienta negra en dosis preestablecidas para su aplicación en la elaboración de chorizo ahumado y en la preparación de filetes de tilapia frita, evaluándose características de color, olor y sabor.

3.4. Manejo específico del experimento

3.4.1. Recolección

Las semillas de molle se recolectaron en las riberas de la Laguna de Yahuarcocha en sus tres estados de madurez, lugar en el que se encuentra gran cantidad de árboles de esta especie nativa en producción durante todo el año. Actividad en la que colaboraron los trabajadores de campo de FONSAICI.

Fotografía 7. Recolección de semillas de molle



(08/08/2008)

3.4.2. Selección

La selección de las semillas de molle se realizó para eliminar pedúnculos, partes vegetales como hojas y flores adheridas a los racimos, insectos y semillas en mal

estado. Además, se clasificaron las semillas de acuerdo a su estado de madurez obteniéndose una muestra homogénea y libre de impurezas.

Fotografía 8. Selección de la muestra de la semilla de molle



(07/09/2008)

3.4.3. Preparación de la unidad experimental

Con las semillas de molle verdes, rojas y cafés homogenizadas se preparó la unidad experimental y se procedió a pesar en una balanza digital, estableciéndose el peso inicial de 500g., actividad que se efectuó para todos los tratamientos los que posteriormente se colocaron cada tratamiento de manera uniforme en las bandejas del deshidratador.

Fotografía 9. Preparación de la unidad experimental



(08/09/2008)

3.4.4. Secado

Para iniciar el proceso de deshidratación se programó el deshidratador a temperaturas de 40, 50, 60 y 70°C respectivamente. Una vez que el deshidratador se encontró a estas temperaturas se colocó las bandejas que contenían las muestras en la cámara de deshidratación.

Con intervalos de 30 minutos para temperaturas de 40 y 50°C se tomaron los pesos de cada unidad experimental y con intervalos de 15 minutos para las temperaturas de 60 y 70°C, actividad que se realizó hasta alcanzar un peso constante y una humedad final promedio de la semilla entre 8-12%.

Fotografía 10. Secador empleado en la investigación.



(08/09/2008)

3.4.5. Enfriamiento

Al llegar los tratamientos a un peso constante en el proceso de deshidratación, se dejó reposar las semillas de molle en la cámara del deshidratador hasta una temperatura ambiente de 17°C, luego se trasladó cada unidad experimental en recipientes de vidrio de 1000ml debidamente identificados.

Fotografía 11. Semilla deshidratada de molle



(08/10/2008)

3.4.6. Molienda

Las semillas deshidratadas de molle de los doce tratamientos se sometieron a un mismo proceso de molturado utilizando para ello un molino manual dando como resultado un polvo homogéneo que se almacenó en envases de vidrio debidamente identificados.

Fotografía 12. Molienda de la semilla de molle



(20/10/2008)

3.4.7. Tamizado

El polvo obtenido del procesamiento de las semillas de molle se sometió a un tamizado en seco, utilizando cinco tamices de la serie Retsch cuyas aberturas tienen las siguientes dimensiones:

- Primer tamiz: > 1.0 mm.
- Segundo tamiz: 1-0.5mm.

- Tercer tamiz: 0.5-0.25mm.
- Cuarto tamiz: 0.25-0.2mm.
- Quinto tamiz: < 0.1mm.

Los resultados de esta prueba se expresan en el anexo 16.

Fotografía 13. Prueba de tamizado en seco



(04/11/2008)

3.4.8. Envasado y etiquetado

Cada tratamiento tamizado se almacenó en unos envases de vidrio previamente esterilizados e identificados lo que permitió conservar las características organolépticas propias de molle como aroma y sabor otorgados por los aceites etéreos.

Fotografía 14. Envasado del polvo de la semilla de molle

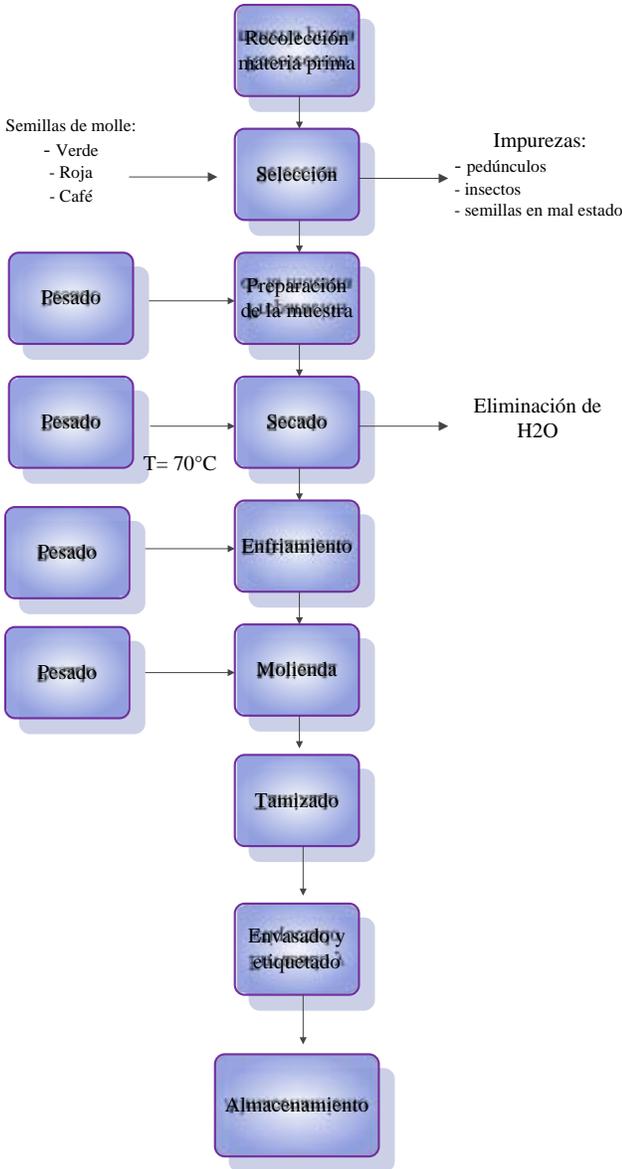


(22/10/2008)

3.4.9. Almacenamiento

El producto fue almacenado en una estantería a temperatura ambiente (17°C) y en un lugar con baja luminosidad.

3.4.10. Diagrama de bloques para la obtención del polvo de la semilla de molle



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación corresponden a variables cuantitativas y cualitativas consideradas en el estudio para la determinación de los parámetros técnicos de industrialización de la semilla de molle como: tiempo de secado, temperatura de secado, madurez fisiológica, granulometría del polvo, rendimiento, rentabilidad y grado de aceptación del producto.

4.1 PRIMERA FASE

4.1.1. PESO DE LA SEMILLA DE MOLLE AL FINAL DEL SECADO

CUADRO 6. Pesos en (g) de las semillas de molle de los diferentes tratamientos obtenidos al final de la experimentación

TRAT		REPETICIONES			Σ	\bar{X}
		I	II	III		
T1	M1t1	163,70	166,00	171,00	500,70	166,90
T2	M1t2	163,20	159,00	164,10	486,30	162,10
T3	M1t3	157,00	156,45	145,35	458,80	152,93
T4	M1t4	156,60	156,40	148,80	461,80	153,93
T5	M2t1	268,90	261,80	266,80	797,50	265,83
T6	M2t2	226,50	220,30	218,50	665,30	221,77
T7	M2t3	211,20	204,20	207,35	622,75	207,58
T8	M2t4	218,40	222,50	204,40	645,30	215,10
T9	M3t1	450,90	454,20	452,00	1357,10	452,37
T10	M3t2	446,15	446,50	442,70	1335,35	445,12
T11	M3t3	447,90	451,40	450,10	1349,40	449,80
T12	M4t4	426,60	431,80	429,00	1287,40	429,13
Σ		3337,05	3330,55	3300,10	9967,70	

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable peso (g) de las semillas de molle.

F. V	S. C	G. L	C. M	F. CALC	F. TAB	
					5%	1%
TOTAL	539595,16	35				
Tratamientos	539125,69	11	49011,43	2505,558 **	2,23	3,13
Madurez Fisiol. M	531586,44	2	265793,22	13587,79**	3,42	5,67
Temperatura t	4436,19	3	1478,73	75,60**	3,03	4,34
Interacción (M x t)	3103,06	6	517,18	26,44**	2,53	3,31
Error Experimental	469,47	24	19,56			

C. V = 1,60%

** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

En el cuadro 7, el análisis de varianza de la variable peso determina alta significación estadística para tratamientos, factores (madurez fisiológica y temperatura de secado) e interacción de los mismos, demostrando que la madurez fisiológica y la temperatura de secado actúan independientemente y en forma diferente frente al peso, por lo que se precedió a realizar las pruebas de significancia como Tukey para tratamientos y D.M.S. para factores.

Cuadro 8. Prueba de TUKEY (5%): Para tratamientos.

TRATAMIENTOS		MEDIA	RANGO
T9	M3t1	452,37	a
T11	M3t3	449,80	a
T10	M3t2	445,12	a
T12	M3t4	429,13	a
T5	M2t1	265,83	b
T6	M2t2	221,77	c
T8	M2t4	215,10	d
T7	M2t3	207,58	d
T1	M1t1	166,90	e
T2	M1t2	162,10	e
T4	M1t4	153,93	e
T3	M1t3	152,93	e

La prueba de Tukey permitió determinar que existen cinco rangos para la variable peso final de la semilla de molle deshidratada, ubicando en el rango “a” a los tratamientos T9, T11, T10 y T12 respectivamente que corresponden al estado de madurez café, por presentar mayor cantidad de materia seca al final del secado con una humedad final promedio de 8-12%, conforme menciona Henderson que, en un proceso de extracción de agua de un grano o semilla se debe alcanzar una humedad de equilibrio del grano con el aire atmosférico, para prolongar la vida útil del producto evitando pérdidas por el ataque de hongos, insectos o acción enzimática. Este parámetro se determinó durante la experimentación y permitió realizar adecuadamente el proceso de molienda.

En cuanto, al peso final de la semilla de molle deshidratada del estado de madurez roja, según la prueba de significación presenta tres rangos “b”, “c”, “d” que corresponde a los tratamientos T5, T6, T8 y T7 respectivamente, donde se observa una gran variación de la variable peso por el cambio en su composición química; y finalmente, en forma general se puede decir que cada madurez al final del proceso de deshidratación tuvo un peso promedio: semilla café 444,11g, semilla roja 227,57g y la semilla verde 158,97 g.

Cuadro 9. Prueba de significación D.M.S. al 5% para el factor A: Madurez Fisiológica en peso (g).

NIVELES DEL FACTOR A	MEDIA	RANGO
M3	444,10	a
M2	227,57	b
M1	158,97	c

Al realizar la prueba de D.M.S. para el factor madurez fisiológica encontramos que M3 (madurez café), M2 (madurez roja) y M1 (madurez verde) presentan rangos diferentes, obteniéndose para M3 una mayor cantidad de materia seca encontrándose en el rango “a” con una humedad final de 8 a 12%, condición que una semilla debe presentar para ser sometida a la molienda para evitar acumulamientos, proliferación de microorganismos y aumentar el período de conservación. La pérdida de peso es ocasionada por la composición estructural de la semilla en los diferentes estados de madurez. En las investigaciones efectuadas por Bidwell determina que el proceso de maduración del fruto involucra cambios químicos y fisiológicos, en la conversión de

ácidos, almidones, azúcares, presencia de pectinazas que ablandan y rompen las paredes celulares, la formación de la pigmentación debido a las antocianinas y la pérdida de la clorofila. Un cambio fisiológico que ocurre durante la maduración es el climaterio respiratorio generando este efecto una diferencia en la pérdida de peso durante el proceso de deshidratación de la semilla de molle.

La madurez fisiológica de la semilla de molle que se encuentra en el rango “b” representa 50% del peso de M3, y la que se encuentra en el rango “c” representa el 35,8% del peso comparado al estado de madurez del rango “a”, lo que quiere decir que el contenido de materia seca en cada estado está definido por su porcentaje químico.

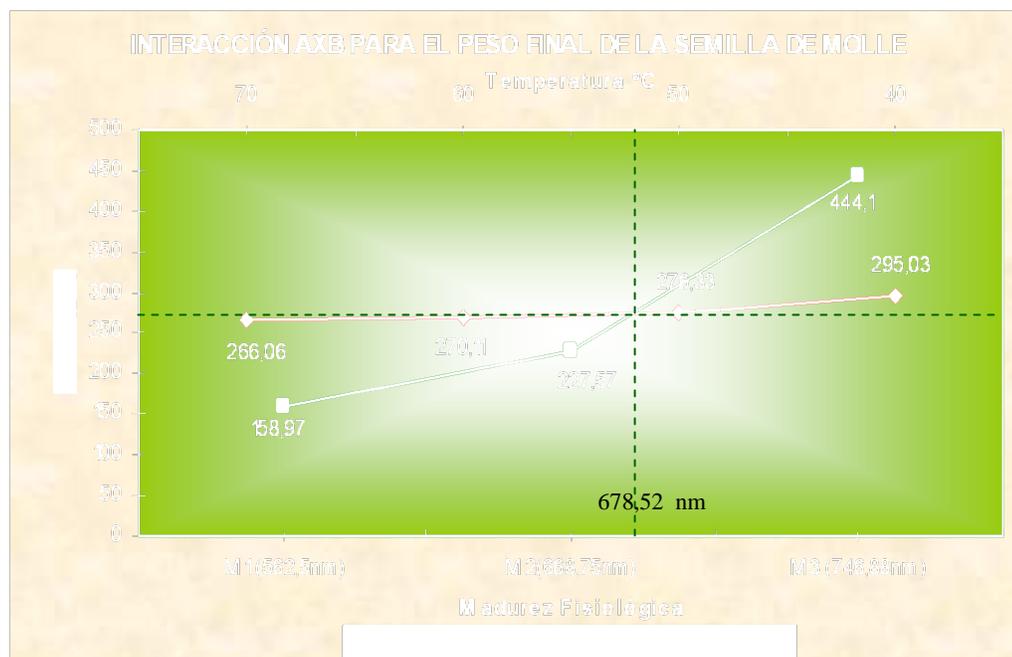
Cuadro 10. Prueba de significación D.M.S al 5% para el factor B: temperatura (°C)

NIVELES DEL FACTOR B		MEDIA	RANGO
40°C	t1	295,03	a
50°C	t2	276,33	b
60°C	t3	270,11	c
70°C	t4	266,06	c

Según los resultados estadísticos del cuadro 10, se establecen tres rangos para el factor temperatura de secado en función de la variable peso final de la semilla de molle. La temperatura que alcanzó un mayor peso (**295,03 g**) fue **t1** ya que esta temperatura 40°C tuvo menor incidencia en la pérdida de peso. La temperatura t2

(50°C) se ubicó en el rango “b”; mientras que las temperaturas t3 (60°C) y t4 (70°C) estadísticamente se comportan semejantes y se ubicaron en el rango “c”. Este resultado demuestra que a temperaturas de 40-50°C se elimina solo el agua; en cambio, que a 60-70°C se evapora agua y ciertos compuestos volátiles como: alcaloides, compuestos aromáticos y otros.

GRÁFICO 1. Interacción de los factores: Madurez fisiológica y temperatura, sobre la variable peso de la semilla de molle al final del secado



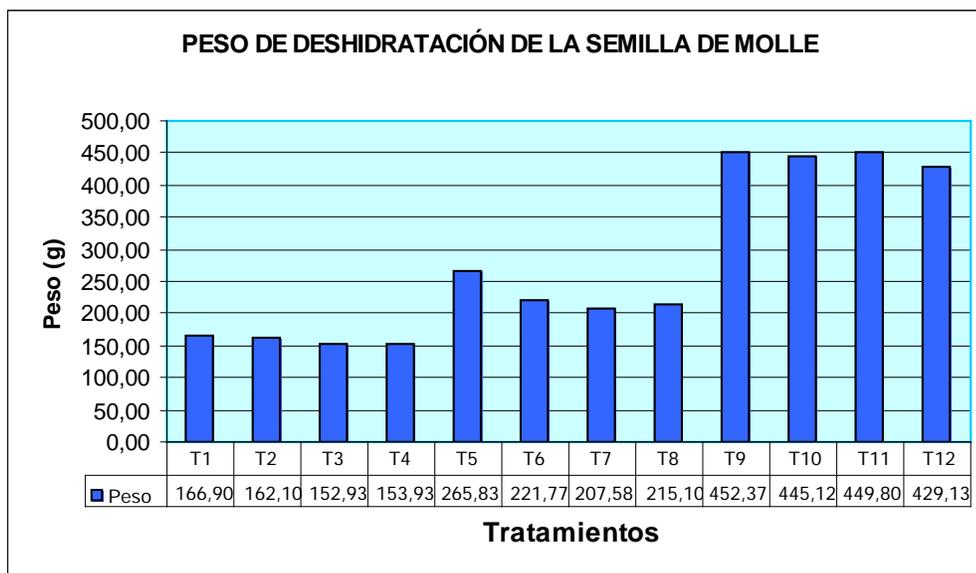
nm: nanómetros

El gráfico 1, muestra la interacción de los factores estudiados y se observa que la temperatura de secado con la que se logra una optimización en el proceso de deshidratación de la semilla de molle es 52°C, temperatura a la que se debe someter

la semilla de molle con un valor en la escala colorimétrica del espectro visible por el hombre (luz) 678,52 nanómetros correspondiente al rojo escarlata (Anexo 20), tendiendo al estado de madurez café con una valoración de 746,88nanómetros, en el estado rojo la semilla contiene una mayor cantidad de sustancias físicas y químicas como lo establece Bidwell en sus investigaciones, semilla que perdió un 55% del peso inicial (500g) y al final del secado obtuvo de 275g.

La temperatura de secado es inversamente proporcional al peso; en cambio, que el estado de madurez es directamente proporcional al peso de la semilla deshidratada de molle.

Gráfico 2. Comportamiento del peso (g) de la semilla de molle deshidratada para tratamientos.



Gráficamente se demuestra el comportamiento de la deshidratación de la semilla de molle en tres categorías o estados de madurez fisiológica: verde, roja y café con sus

temperaturas respectivas de secado de: 40, 50, 60 y 70°C. La composición estructural de la semilla y el contenido de agua en los diferentes estados de madurez de la semilla es determinante en el comportamiento de secado. La semilla con madurez verde que contiene mayor cantidad de agua en su estructura, alcanzó un peso final de 150g observándose que a 40°C y 50°C perdieron menos peso, en cambio a 60°C y 70°C obtuvieron pesos similares. La semilla roja estructuralmente formada por compuestos nutricionales que han reemplazado el agua de ésta, se ubica en un punto intermedio en función al peso entre las semillas verdes y cafés en el proceso de deshidratación, alcanzando la humedad requerida en un peso de 207g para T7 60°C y 266g para T5 40°C. La semilla café que se encuentra en su estado máximo de madurez contiene menor cantidad de agua y mayor cantidad de fibra en su estructura, ésta alcanzó la humedad requerida en un peso entre 430g y 453g para los tratamientos T9 40°C , T10 50°C , T11 60°C que fueron similares, T12 70°C tuvo una mayor pérdida de peso.

La temperatura de secado influyó inversamente en el peso final de deshidratación de la semilla de molle y la madurez fisiológica directamente en esta variable, entre los estados de madurez se estableció que la temperatura de 40°C es la que menos influyó en la pérdida de peso, en cambio que la temperatura de 70°C provocó una pérdida mayor de peso en este proceso, comportamiento influenciado por la composición de la semilla, dinámica de eliminación de agua y pérdida de algunos compuestos volátiles durante el proceso de secado.

Además, se aprecia en la gráfica un comportamiento uniforme para cada estado de madurez; los pesos medios fueron: para el estado de madurez verde 159g, para la madurez roja 228g y madurez café 444g, determinándose que la semilla café tuvo mayor peso al final del proceso de secado debido al contenido inicial de humedad en el producto.

4.1.2. TIEMPO DE SECADO DE LA SEMILLA DE MOLLE

CUADRO 11. Tiempo de secado en minutos de las semillas de molle de los diferentes tratamientos obtenido al final de la experimentación.

TRAT		REPETICIONES			Σ	\bar{X}
		I	II	III		
T1	M1t1	533,00	540,00	546,00	1619,00	539,67
T2	M1t2	270,00	274,00	273,00	817,00	272,33
T3	M1t3	177,00	180,00	185,00	542,00	180,67
T4	M1t4	118,00	120,00	124,00	362,00	120,67
T5	M2t1	416,00	425,00	420,00	1261,00	420,33
T6	M2t2	265,00	270,00	274,00	809,00	269,67
T7	M2t3	185,00	183,00	180,00	548,00	182,67
T8	M2t4	120,00	114,00	124,00	358,00	119,33
T9	M3t1	120,00	117,00	126,00	363,00	121,00
T10	M3t2	90,00	90,00	93,00	273,00	91,00
T11	M3t3	80,00	72,00	75,00	227,00	75,67
T12	M4t4	67,00	60,00	53,00	180,00	60,00
Σ		2441,00	2445,00	2473,00	7359,00	

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable tiempo de secado (min.) de las semillas de molle.

F. V	S. C	G. L	C. M	F. CALC	F. TAB	
					5%	1%
TOTAL	721750,75	35				
Tratamientos	721282,75	11	65571,16	3362,62**	2,23	3,13
Madurez Fisiol. M	254033,17	2	127016,58	6513,67**	3,42	5,67
Temperatura t	347668,75	3	115889,58	5943,06**	3,03	4,34
Interacción (M x t)	119580,83	6	19930,14	1022,06**	2,53	3,31
Error Experimental	468,00	24	19,50			

C. V = 2,16 %

** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

En el cuadro 12 del análisis de varianza se detecta alta significación estadística para tratamientos, factores e interacción en la variable tiempo de secado de la semilla de molle, por lo que se procedió a realizar las pruebas de significancia para tratamientos y factores. Tukey y D.M.S. respectivamente.

Cuadro 13. Prueba de TUKEY (5%) para tratamientos

TRATAMIENTOS		MEDIA	RANGO
T1	M1t1	539,67	a
T5	M2t1	420,33	b
T2	M1t2	272,33	c
T6	M2t2	269,67	c
T7	M2t3	182,67	d
T3	M1t3	180,67	d
T9	M3t1	121,00	e
T4	M1t4	120,67	e
T8	M2t4	119,33	e
T10	M3t2	91,00	f
T11	M3t3	75,67	g
T12	M3t4	60,00	h

En la prueba de Tukey para la variable tiempo de secado en la semilla de molle se observan ocho rangos. Esta investigación buscó establecer un proceso industrial que permita conocer parámetros técnicos, los resultados estadísticos definen a T1 (madurez verde, 40°C) en el rango “a” por tener mayor valor; sin embargo, el proceso de secado busca optimizar recursos; por lo tanto, se determinó a T12 (madurez café, 70°C) como el mejor, ubicado en el rango “h”, con un tiempo de 60 minutos y una humedad final promedio de 8-12% (Ver Anexo 18), siendo el menor tiempo de deshidratación permitiendo un ahorro energético.

Esta variable fue influenciada directamente por la temperatura y la madurez fisiológica de la semilla de molle, cada estado de madurez verde, roja y café contienen diferentes composiciones estructurales físicas y químicas que se comportan distintamente a diferentes temperaturas. Comportamiento que se aprecia para

T11(madurez café, 60°C) rango “g” y T10 (madurez café, 50°C) rango “f ” que se encuentran en el mismo estado de madurez. Para éstos, el tiempo promedio de secado fue 75,56 minutos.

Cuadro 14. Prueba de significación de D.M.S. al 5% para el factor A: Madurez Fisiológica en el tiempo (min.) de secado.

NIVELES DEL FACTOR A	MEDIA	RANGO
M1	278,33	a
M2	248,00	b
M3	86,92	c

En la prueba D.M.S. para el factor madurez fisiológica en función del tiempo de secado se observan tres rangos, estableciéndose como el mejor M3 (madurez café) en el rango “c”, con una media de 86,92 minutos. El contenido de la humedad inicial en los tres estados de madurez de la semilla de molle influyó directamente en el tiempo de secado, comportándose de diferente manera en la experimentación. Esto concuerda con los resultados obtenidos en diferentes procesos de deshidratación de productos alimenticios en los que se establece que, la cantidad de agua a eliminarse de las semillas sometidas al proceso es determinante para establecer un tiempo de secado. Además, influyen en el proceso la forma en que se desarrolla la circulación del líquido dentro del sólido y el efecto de las condiciones ambientales.

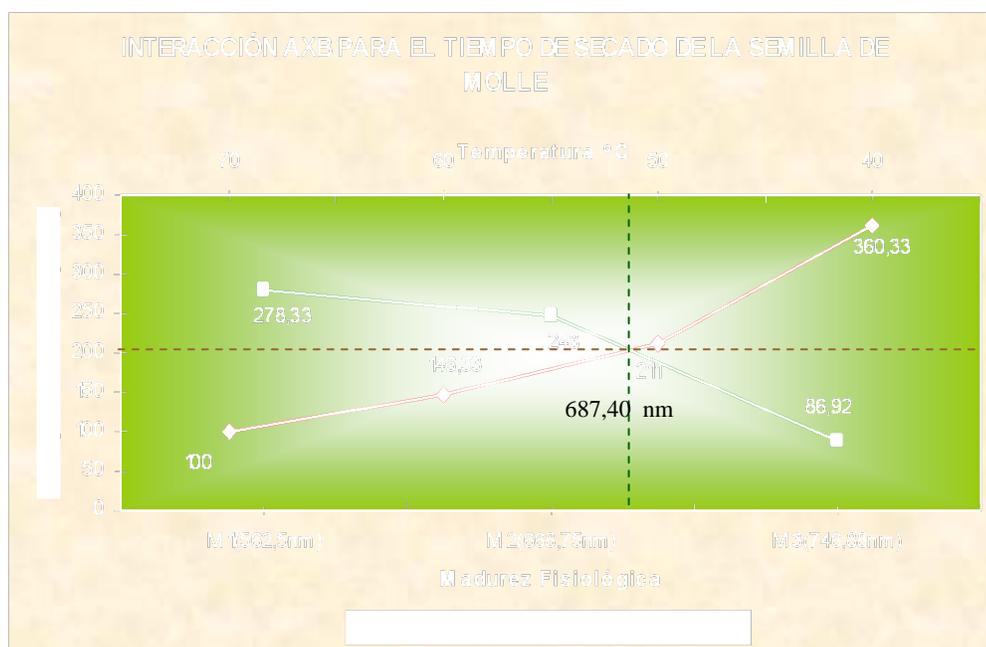
Cuadro 15. Prueba de significación de D.M.S al 5% para el factor B: temperatura °C en función al tiempo (min) de secado.

NIVELES DEL FACTOR B		MEDIA	RANGO
40°C	t1	360,33	a
50°C	t2	211,00	b
60°C	t3	146,33	c
70°C	t4	100,00	d

En la prueba de significación D.M.S. para el factor B temperatura en función al tiempo de secado se observa cuatro rangos. Para fines de la investigación se consideró mejor el menor tiempo de secado; por lo tanto, la temperatura t4 (70°C) ubicada en el rango “d” con una media de 100 minutos se consideró la mejor por tener menor tiempo en el proceso de deshidratación. Demostrándose que la temperatura de secado es inversamente proporcional al tiempo, a menor temperatura el tiempo de secado es mayor y viceversa.

A pesar que t3 60°C y t4 70°C se encuentran en rangos diferentes la diferencia numérica es mínima frente a las otras dos temperaturas propuestas en la investigación y tienen un promedio de 123,16 minutos que se lo consideró el tiempo óptimo del proceso.

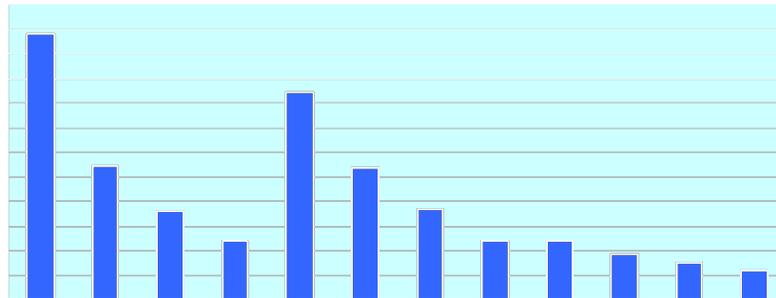
GRÁFICO 3. Interacción de factores: tiempo de secado (min.), madurez fisiológica y temperatura (°C), sobre la variable peso de la semilla de molle al final del secado.



nm: nanómetros

En el gráfico 3 de la interacción para los factores A x B, para el tiempo de secado se establece que la semilla con un estado de madurez roja requiere 200 minutos en el proceso de secado a una temperatura de 51,5°C y una madurez fisiológica de 687,40nanómetros correspondiente al rojo escarlata, con las que se obtuvo una humedad final entre 8-12% requerida para el proceso de molienda. También, se observa que existe una tendencia a la madurez fisiológica café con una valoración colorimétrica de 746,88 nanómetros (Anexo 20) demostrándose que la madurez fisiológica óptima se encuentra en la transición de la madurez roja escarlata a café, período en el que la semilla concentra la mayor cantidad de propiedades organolépticas requeridas para una especie.

Gráfico 4. Comportamiento de las medias del tiempo de secado en minutos de la semilla de molle, para tratamientos.



El gráfico 4, indica el comportamiento de los tratamientos de la experimentación sometidos al proceso de deshidratación, notándose que a menor temperatura de secado el tiempo necesario para alcanzar la humedad de equilibrio entre la semilla de molle y el ambiente es mayor. El estado de madurez de la semilla influyó directamente en esta variable debido a la composición estructural de la semilla y a los cambios que presenta durante su desarrollo fisiológico. La temperatura en el proceso de deshidratación es inversamente proporcional al tiempo requerido para alcanzar las condiciones de molienda necesarias en la elaboración de especias sin que estas pierdan sus propiedades organolépticas en la industrialización.

El tiempo mayor alcanzado en este proceso fue para la semilla verde sometida a 40°C con un tiempo de 550 minutos y el menor fue para el estado de madurez café sometido a 70°C. Además, se identifica que el comportamiento de deshidratación de la semilla verde y roja es similar. La semilla café alcanzó el menor tiempo de secado para los tratamientos T10, T11 y T12 con un promedio de 75,56 minutos.

4.1.3. GRANULOMETRÍA DEL POLVO DE LA SEMILLA DE MOLLE

Para evaluar esta variable se realizó el análisis granulométrico aplicando el método en seco en cinco tamices: > 1.0 mm, 1-0.5mm, 0.5-0.25mm, 0.25-0.2mm y < 0.1mm de la serie Retsch. Las partículas retenidas en cada uno de los tamices fueron en un rango de tamaño de 1.0 – 0.5mm. (Ver anexo 16) característica que se requiere para una especia condimenticia natural, con estos resultados se tomó el mayor porcentaje retenido en el tamiz y se aplicó el diseño experimental para establecer si existió diferencia entre tratamientos.

CUADRO 16. Porcentaje del polvo de la semilla de molle en el ensayo granulométrico para las partículas en tamaños de 1.0-0.5 mm.

TRAT	REPETICIONES			Σ	\bar{X}
	I	II	III		
T1 M1t1	42,67	38,33	37,67	118,67	39,56
T2 M1t2	55,00	58,33	55,00	168,33	56,11
T3 M1t3	49,33	51,67	46,33	147,33	49,11
T4 M1t4	57,00	58,33	55,33	170,66	56,89
T5 M2t1	45,00	47,67	44,33	137,00	45,67
T6 M2t2	56,83	56,33	57,00	170,16	56,72
T7 M2t3	56,67	55,00	50,67	162,34	54,11
T8 M2t4	59,33	60,67	59,67	179,67	59,89
T9 M3t1	62,67	64,00	57,33	184,00	61,33
T10 M3t2	48,00	51,67	46,33	146,00	48,67
T11 M3t3	47,33	48,67	45,00	141,00	47,00
T12 M4t4	55,00	54,00	50,33	159,33	53,11
Σ	634,83	644,67	604,99	1884,49	

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable granulometría de partículas del polvo de molle en tamaño de 1.0-0.5 mm.

F. V	S. C	G. L	C. M	F. CALC	F. TAB	
					5%	1%
TOTAL	1494,71	35				
Tratamientos	1368,23	11	124,38	23,60**	2,23	3,13
Madurez F. (F. A.)	81,91	2	40,96	7,77**	3,42	5,67
Temperatura (F. B.)	341,27	3	113,76	21,59**	3,03	4,34
Interacción (A x B)	945,05	6	157,51	29,89**	2,53	3,31
Error Experimental	126,48	24	5,27			

C. V = 4,39 %

** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

El cuadro 17 del análisis de varianza para la variable granulometría muestra alta significación estadística para tratamientos, factores e interacción para el polvo obtenido del procesamiento de la semilla de molle, por lo que se procedió a realizar las pruebas de significación, Tukey para tratamientos y D.M.S. para factores.

Cuadro 18. Prueba de TUKEY (5%) para tratamientos en partículas de tamaños de 1.0-0.5 mm. del polvo de molle (%).

TRATAMIENTOS		MEDIA	RANGO
T9	M3t1	61,33	a
T8	M2t4	59,89	a
T4	M1t4	56,89	a
T6	M2t2	56,72	a
T2	M1t2	56,11	b
T7	M2t3	54,11	b
T12	M3t4	53,11	c
T3	M1t3	49,11	c
T10	M3t2	48,67	d
T11	M3t3	47,00	d
T5	M2t1	45,67	e
T1	M1t1	39,56	e

Mediante la prueba de Tukey se establecieron 5 rangos para la variable granulometría, situándose en el rango “a” los tratamientos T9(madurez café, 40°C), T8(madurez roja, 70°C), T4(madurez verde, 70°C) y T6(madurez roja, 50°C) como los mejores, por presentar un porcentaje de retenidos mayor de las partículas en un tamaño comprendido entre 1.0-0.5mm las que cumplen con la reglamentación establecida para las especias de acuerdo a la Norma Técnica de Colombia (Anexo 17), el porcentaje de retención de partículas para estos tratamientos fue de 61.33, 59.89, 56.89, 56.72 % respectivamente; sin embargo, se puede anotar que los tratamientos T8 (madurez fisiológica roja, 70°C) y T9 (madurez fisiológica café, 40°C) presentan una media de 60.61% de partículas retenidas con una uniformidad superior al 50% que se obtuvo luego del proceso de molienda de la semilla deshidratada de molle.

Cuadro 19. Prueba de significación de D.M.S. al 5% para granulometría (%) para el factor A: Madurez Fisiológica

NIVELES DEL FACTOR A	MEDIA	RANGO
M2	54,10	a
M3	52,53	b
M1	50,42	c

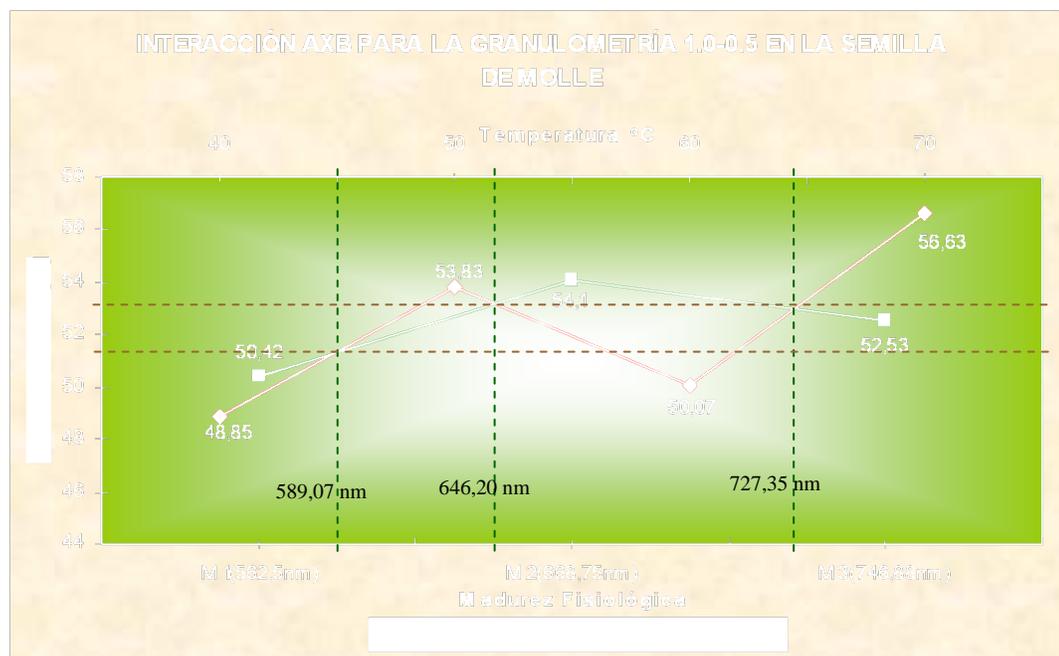
En la prueba de D.M.S. para la granulometría en función de madurez fisiológica se observan tres rangos, identificándose a M2 (madurez Fisiológica roja) como la mejor en el rango “a” por tener un mayor porcentaje de partículas entre 1.0-0.5mm., se puede establecer que M2 y M3 presentaron un porcentaje superior al 50% de retención de partículas con una media de 53.31%, en cambio que M1 correspondiente a la madurez fisiológica verde luego del proceso de molienda presentó partículas de menor tamaño. Esto indica que la madurez fisiológica influyó en el tamaño de las partículas obtenidas después del proceso de molienda de las semillas deshidratadas de molle.

Cuadro 20. Prueba de significación de D.M.S al 5% para granulometría (%) para el factor B: Temperatura (°C).

NIVELES DEL FACTOR B		MEDIA	RANGO
t4	70°C	56,63	a
t2	50°C	53,83	b
t3	60°C	50,07	b
t1	40°C	48,85	b

En la prueba de D.M.S. para el factor temperatura en relación a la variable estudiada, establece 2 rangos estadísticos y se aprecia que el nivel t4 (70°C) en el rango “a” es el mejor por tener un mayor porcentaje de partículas comprendidas entre 1.0-0.5mm, demostrándose que, la temperatura mayor de secado a la que fue sometida la semilla de molle influyó en el tamaño de las partículas, en cambio que estadísticamente se comportaron iguales t1(40°C), t2(50°C) y t3(60°C), sin embargo se aprecia que la temperatura de 60°C presentó un porcentaje de partículas superior al 50%, las temperaturas de proceso de 50°C y 40°C dieron como resultado un tamaño mayor del polvo resultante del procesamiento de la semilla de molle.

Gráfico 5. Interacción de factores: granulometría (%) de retenidos en tamaño de 1.0-0.5mm. de polvo de molle, madurez fisiológica y temperatura de secado (°C).

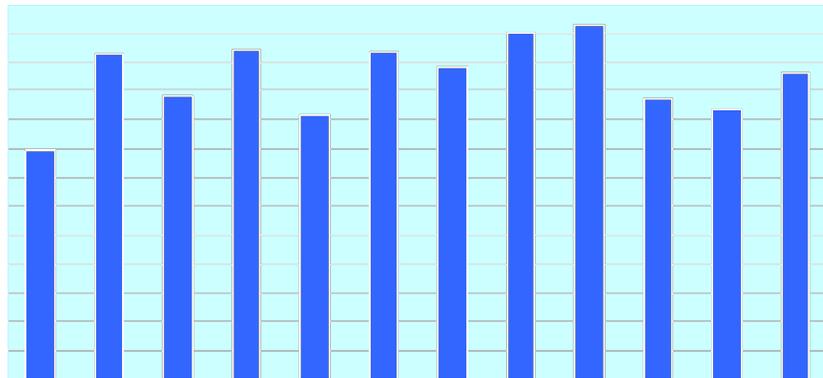


nm: nanómetros

El gráfico 5, muestra el comportamiento de los factores en estudio donde el estado de madurez verde de la semilla de molle (589,07nanómetros) con una temperatura de 45°C retuvo un 51,4% de partículas en un tamiz de luz de malla de 1.0 a 0.5 mm. La semilla café (727,35 nanómetros) sometida a 64°C contuvo 53% de partículas en esta misma criba. Sin embargo, el mayor porcentaje de partículas retenidas lo obtuvo la semilla del estado de madurez roja a una temperatura de 52°C con el 54% de retención, los estados de madurez roja y café son los que presentaron una mayor uniformidad del polvo obtenido del procesamiento de la semilla de molle y presentaron una media de 53.5%. Notándose que, las semillas que deben ser

sometidas al proceso para la obtención de una especie condimenticia natural deben tener un estado de madurez comprendido entre 646,20 y 727.35 nanómetros., y secarse a temperaturas comprendidas entre 52 y 64°C para tener un proceso óptimo de industrialización.

Gráfico 6. Comportamiento de las medias de los retenidos (%) en tamaños de 1.0- 0.5 mm. de polvo de molle, para tratamientos.



■

En el gráfico 6 se establece que los valores de los tratamientos T9(madurez café, 40°C) y T8(madurez roja, 70°C) son los mejores con un porcentaje de retención de partículas en una criba de luz de 1.0- 0.5 mm. del 61 y 60% respectivamente, la uniformidad de tamaño de las partículas de estos tratamientos se encuentran dentro del rango de los requerimientos establecidos para las especias alimenticias, se puede notar que la temperatura a la que se sometió la semilla de molle influyó en la

obtención de un polvo uniforme. Se identifica que los polvos muy finos no son los mas recomendados para la preparación de especia naturales ya que estas al ser muy pequeñas pierden las propiedades organolépticas caso que se observa en los resultados obtenidos en la investigación para el estado de madurez de la semilla verde, el estado de madurez fisiológico es determinante en la obtención de partículas de mayor tamaño en el proceso de industrialización del molle como se observa para los tratamientos T9(madurez fisiológica café) y T8(madurez fisiológica roja). Este comportamiento fue influenciado por la composición estructural de la semilla, por la humedad que esta contiene al inicio de proceso y por la pérdida de sustancias en el proceso de secado y molienda.

Fotografía 15. Determinación de granulometría



04/11/2008

4.1.4. RENTABILIDAD

Rentabilidad es un término general que mide la ganancia que puede obtenerse en una actividad productiva. Dentro del sistema industrial es importante considerar el margen de utilidad del proceso; para ello se tomaron en cuenta costos directos que intervinieron en el resultado del proceso productivo.

Para determinar los costos de industrialización de la semilla de molle, se fijaron valores unitarios establecidos para el año 2009 así tenemos que:

Cuadro 21. Costos unitarios de producción

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO UNIT (USD)
Materia prima		
- Semillas verdes	Kg.	1.27
- Semillas rojas	Kg.	1.60
- Semillas cafés	Kg.	1.93
Mano de obra directa	Hora	1.20
Energía Eléctrica	Kw.h	0.082
Envase	Unidad	0.25
Etiqueta	Unidad	0.01

Los costos antes mencionados permitieron determinar el costo de producción al procesar 1500gr. de semilla de molle en estado de madurez verde, roja y café. Ver anexo 22

Para determinar la rentabilidad de cada tratamiento de molle se investigó el precio de comercialización de la pimienta negra en diferentes puntos de venta en la ciudad de Ibarra como: mercados, comisariatos y centros comerciales. El precio promedio fue de 1,50 USD para presentaciones de 34 gramos; valor que se utilizó en el cálculo de la rentabilidad de la industrialización de la semilla de molle.

Cuadro 22. Rentabilidad del procesamiento de la semilla de molle

Tratamientos	Peso Final (g)	Nro. Unidades de 34(g)	Precio Venta Ref. USD	Precio Trat. USD	Costo Producción USD	Rentabilidad USD
T1	166,90	4,91	1,50	7,37	6,25	1,12
T2	162,10	4,77	1,50	7,16	5,81	1,35
T3	152,93	4,50	1,50	6,75	6,62	0,13
T4	153,93	4,53	1,50	6,80	6,53	0,27
T5	265,83	7,82	1,50	11,73	8,46	3,27
T6	221,77	6,52	1,50	9,78	7,89	1,89
T7	207,58	6,11	1,50	9,17	7,67	1,50
T8	215,10	6,33	1,50	9,50	7,69	1,81
T9	452,37	13,31	1,50	19,97	10,46	9,51
T10	445,12	13,09	1,50	19,64	10,56	9,08
T11	449,80	13,23	1,50	19,85	10,37	9,48
T12	429,13	12,62	1,50	18,93	10,19	8,74

Peso (g) final = Pesos obtenidos de cada tratamiento al final de la deshidratación.

Precio venta = Valor promedio referencial de pimienta negra

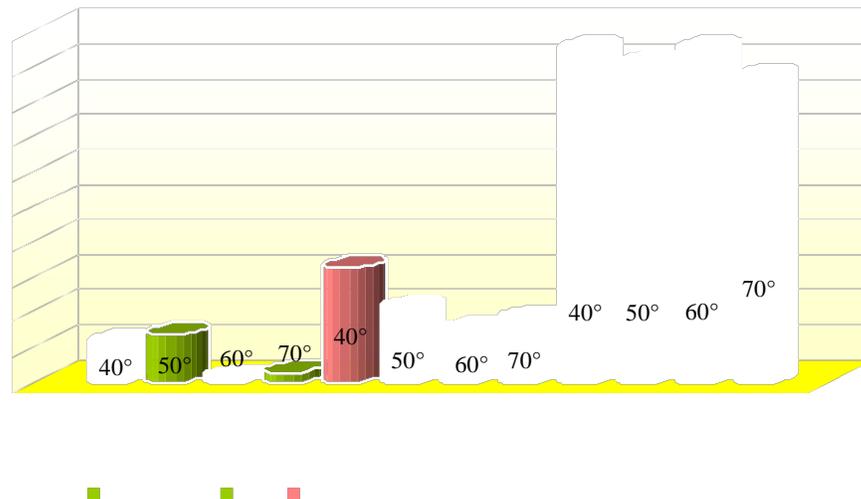
Precio Tratamiento= Nro. de unidades * Precio de venta referencial.

Costos de producción = Costos directos de elaboración. Anexo 22.

Rentabilidad = Precio de tratamiento – costo de producción

La rentabilidad calculada de los doce tratamientos permitió identificar los tratamientos que generaron mayor utilidad.

Gráfico 7. Rentabilidad de los tratamientos en el procesamiento de la semilla de molle en sus diferentes estados de madurez y temperatura de secado.



En el gráfico se aprecia que la rentabilidad estuvo influenciada por los factores que intervinieron en la investigación. Se observa que la semilla verde es la que menor rentabilidad generó debido a que tuvo mayor contenido de humedad inicial (72,10%), y al ser esta eliminada dio como resultado un menor peso. La semilla roja tuvo una rentabilidad superior a la semilla verde, esta contuvo al inicio del proceso una humedad de 60,97%. En cambio, la semilla café con una humedad inicial de 20,39 % generó mayor utilidad.

Los resultados de rentabilidad se obtuvieron al procesar 1500g de semilla de molle para cada tratamiento, el estado de madurez de molle verde generó una utilidad promedio para las temperaturas de 40 y 50°C de 1,240 USD, mientras que a 60 y 70°C generó 0,20USD efecto que fue causado por la dinámica de eliminación de agua

ligada y estructural respectivamente. De la misma manera el tratamiento T5(madurez roja, 40°C) eliminó agua ligada y obtuvo un mayor peso final generando una rentabilidad de 3,27 USD, los tratamientos T6, T7, T8, se comportaron de forma uniforme y alcanzaron una rentabilidad de 1,73UDS. La semilla café alcanzó una utilidad promedio de 9,20 USD.

Realizada la investigación se estableció que la semilla roja es más fácil de cosechar, éstas se identifican en el árbol con gran facilidad y tienen racimos resistentes; en cambio, los otros dos estados de madurez son difíciles de identificar en el árbol, las semillas verdes se confunden con las hojas y sus racimos presentan residuos florales y los racimos de la semilla café se confunden con las ramas secas del árbol, sus frutos se desprenden fácilmente en la cosecha.

Fotografía 16. Polvo de la semilla de molle

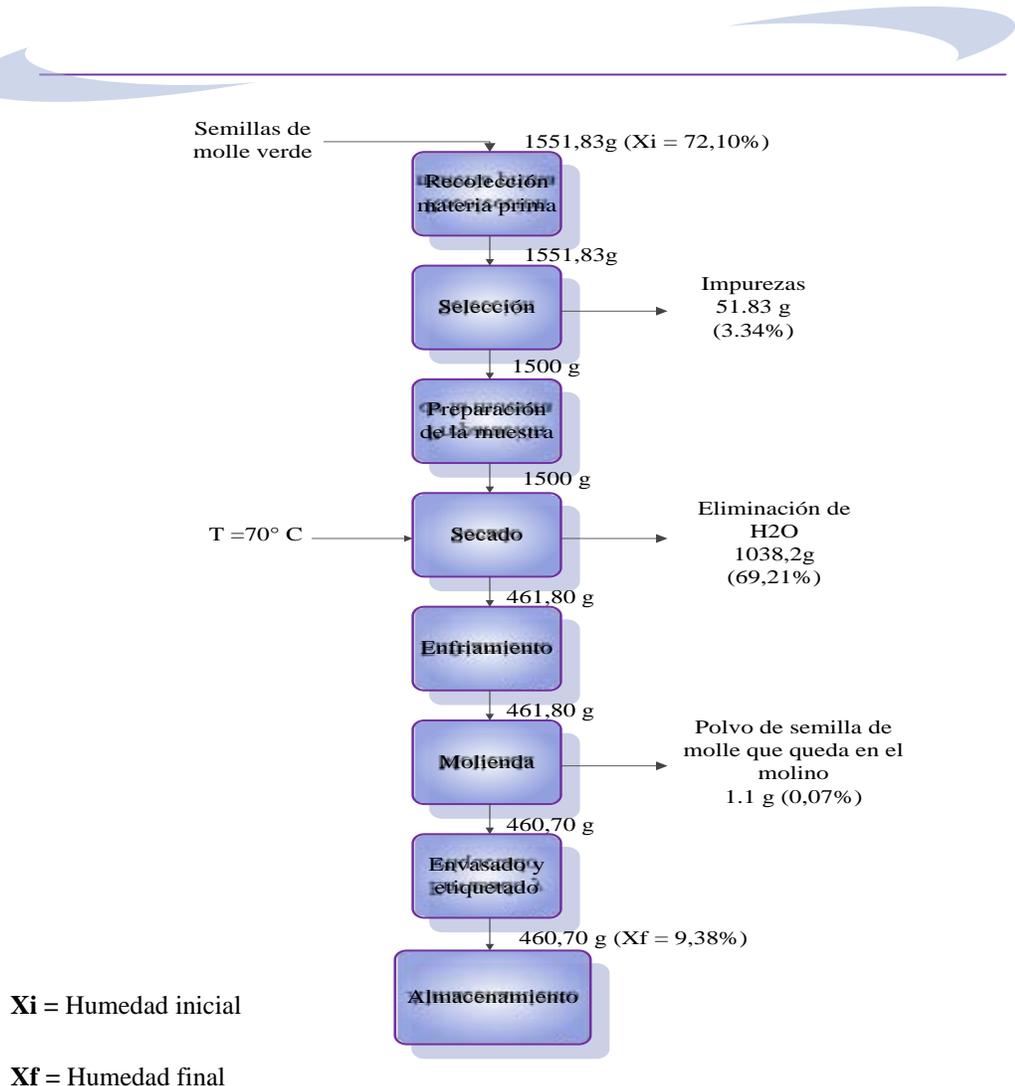


(12/10/2008)

4.1.5. BALANCE DE MATERIALES

Con el objeto de determinar el rendimiento de la obtención del polvo a partir de la semilla de molle, se hizo uso del diagrama de bloques y mediante un balance de materiales para los mejores tratamientos T4, T8 y T12 se obtuvieron los respectivos valores para cada estado de madurez.

Diagrama de bloques para la obtención de polvo a partir de la semilla de molle en estado de madurez verde.



RENDIMIENTO

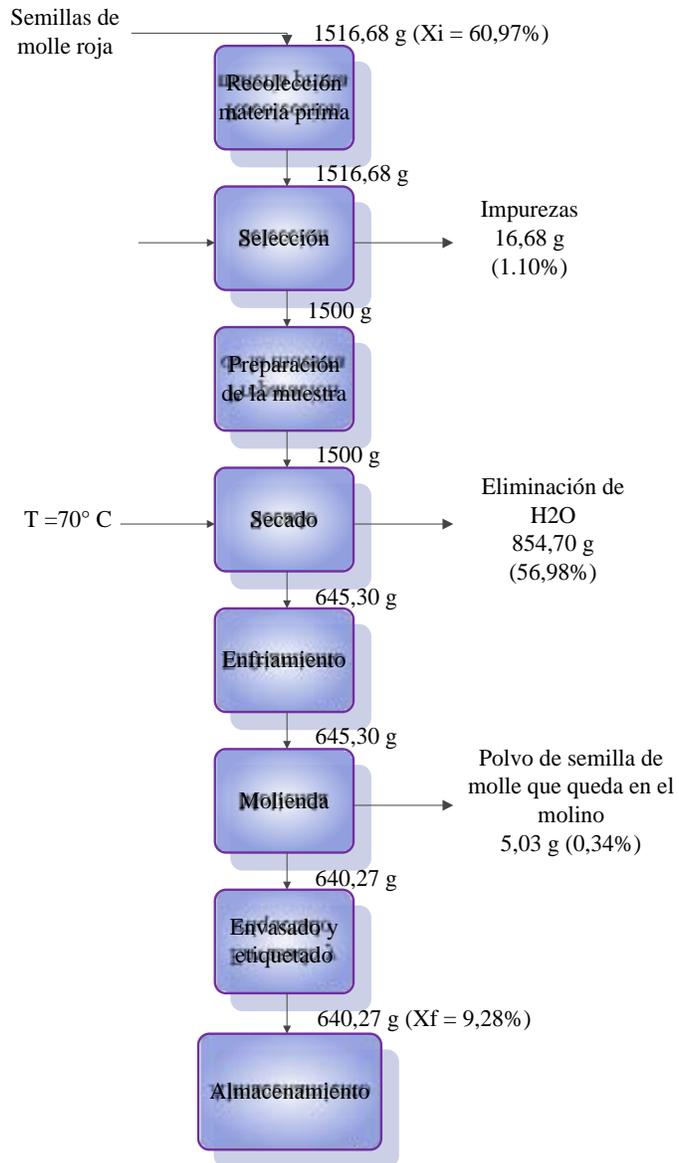
$$R = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

$$R = \frac{460,70}{1551,83 \text{ g}} \times 100$$

$$R = 29.69\%$$

De acuerdo al balance y el resultado obtenido se deduce que por cada 1551,83g de semilla de molle en estado de madurez verde se obtuvo 640,70g de polvo.

Diagrama de bloques para la obtención de polvo a partir de la semilla de molle en estado de madurez roja.



Xi = Humedad inicial

Xf = Humedad final

RENDIMIENTO

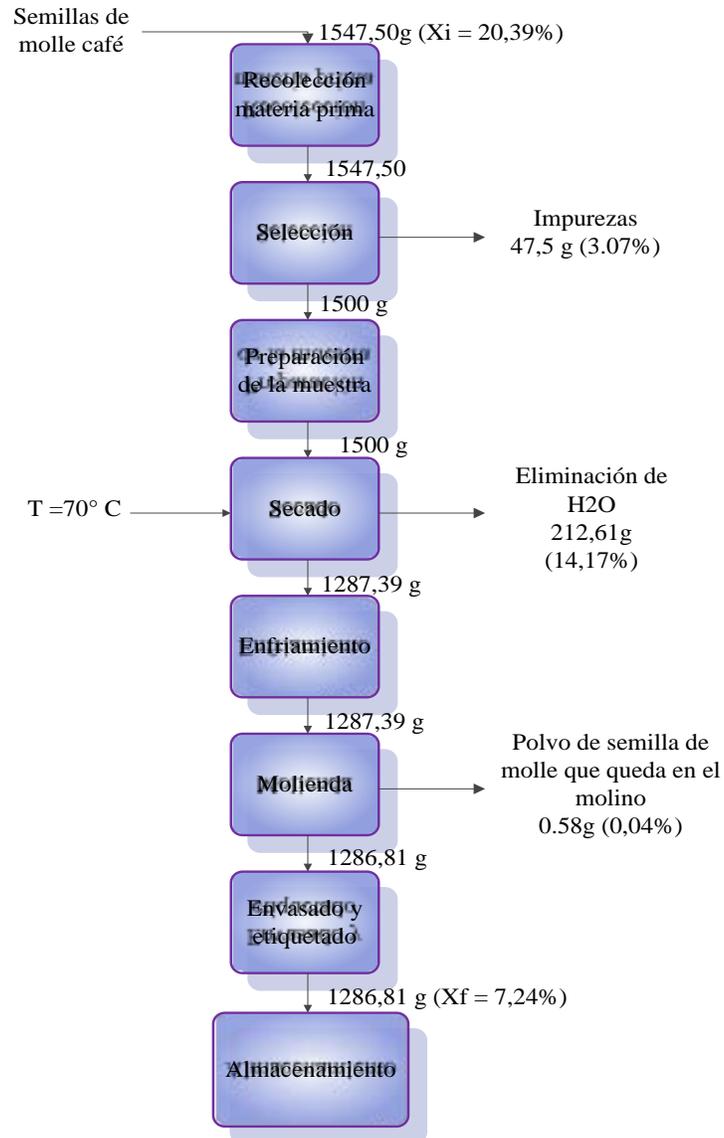
$$R = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

$$R = \frac{640,27\text{g}}{1516,68\text{ g}} \times 100$$

$$R = 42,68\%$$

De acuerdo al balance y el resultado obtenido se deduce que por cada 1516,68g de semilla de molle en estado de madurez roja se obtuvo 640,27g de polvo.

Diagrama de bloques para la obtención de polvo a partir de la semilla de molle en estado de madurez café.



X_i = Humedad inicial

X_f = Humedad final

RENDIMIENTO

$$R = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

$$R = \frac{1286,81 \text{ g}}{1547,50 \text{ g}} \times 100$$

$$R = 83,15\%$$

De acuerdo al balance y el resultado obtenido se deduce que por cada 1547,50g de semilla de molle en estado de madurez café se obtuvo 1286,81g de polvo.

4.2. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

La preferencia del consumidor para un producto está medida por el sabor, aroma y olor, sin que importe el conocimiento nutricional de éste. El gusto y el aroma contribuyen al sabor, cualidades que están relacionadas entre sí. Resulta difícil distinguir las o diferenciarlas, ya que tienen un origen químico dado por compuestos específicos.

La calidad sensorial está ligada a sustancias químicas responsables, así tenemos que la textura esta determinada por la fibra; el sabor y aroma por ésteres, cetonas, aldehídos, alcoholes, terpenos y compuestos azufrados; el color por clorofilas, carotenoides, antocianinas y betalaínas. La combinación ordenada de estas características da la calidad organoléptica a un producto.

Esta investigación evaluó las propiedades organolépticas en el polvo obtenido del procesamiento de la semilla de molle en tres estados de madurez verde, roja y café, sometidas a un proceso de deshidratación a temperaturas de 40, 50, 60 y 70°C. , considerándose como primera fase. Luego, seleccionados los tres mejores tratamientos se los utilizó en la preparación de dos productos alimenticios etapa considerada como segunda fase.

FASE I:

La evaluación organoléptica al polvo de molle se realizó mediante la prueba no paramétrica de Friedman método que mide, analiza e interpreta las reacciones

percibidas por los sentidos de las personas de acuerdo con las características del alimento. Las distintas sensaciones captadas e interpretadas fueron usadas para medir la calidad del polvo de molle en el color, sabor, aroma, soltura y aceptabilidad, identificando a los tres mejores tratamientos en la experimentación.

FASE II:

Esta prueba se utilizó para determinar la aceptabilidad del polvo de la semilla de molle de los consumidores utilizando dos productos: filetes de tilapia frita y chorizo ahumado. Para esto se utilizó recetas establecidas de forma artesanal y comercial respectivamente, en las que se sustituyó la pimienta negra por el polvo de molle en cinco porcentajes 0, 25, 50, 75 y 100% para los tres mejores tratamientos T4 (madurez fisiológica verde, 70°C), T8(madurez fisiológica roja, 70°C) y T12(madurez fisiológica café, 70°C) obtenidos en las pruebas de evaluación organolépticas del polvo.

Variables Cualitativas

FASE I:

En esta investigación, para la primera fase se determinaron atributos de color, olor, sabor, soltura y aceptabilidad del polvo obtenido del procesamiento de la semilla de molle.

FASE II:

Para esta fase, se determinaron cualidades de color, olor y sabor en la aplicación del polvo de los tratamientos T4, T8 y T12 en chorizo ahumado y tilapia frita.

Los resultados obtenidos se tabularon y se aplicó el método de Friedman para determinar su significancia en las dos fases.

Fórmula de Friedman:

$$X^2 = \frac{12}{b.t(t+1)} \sum R^2 - 3b(t+1)$$

Donde: X^2 = Chi – cuadrado
 R = rangos
 t = tratamientos
 b = degustadores

4.2.1. I FASE

4.2.1.1. EVALUACIÓN AL POLVO DE LA SEMILLA DE MOLLE

Obtenido el polvo de molle resultante del proceso de deshidratación y molienda de la semilla, cada uno de los tratamientos fueron sometidos a una evaluación sensorial, la que permitió determinar los tres mejores tratamientos, fijando parámetros organolépticos no paramétricos como: color, aroma, sabor, soltura y aceptabilidad, como se indica en el anexo 1.

La evaluación cualitativa del polvo de la semilla de molle en la aplicación a dos productos alimenticios, se llevó a cabo mediante un panel de 10 evaluadores, quienes llenaron las encuestas para el efecto, luego se tabularon y se aplicó la prueba de Friedman. (Ver Anexo 1).

Fotografía 17. Evaluador del polvo de la semilla de molle



(10/12/2008)

Resultados de la evaluación organoléptica “ color ” para el polvo de la semilla de molle. (Anexo 2).

Cuadro 23. Rangos para el “ color ” en el polvo de la semilla de molle.

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D1	7,0	2,5	2,5	11,0	2,5	11,0	7,0	7,0	11,0	2,5	7,0	7,0
D2	6,5	2,0	2,0	11,0	6,5	6,5	6,5	11,0	6,5	2,0	6,5	11,0
D3	11,0	11,0	6,0	6,0	1,5	6,0	6,0	6,0	11,0	1,5	6,0	6,0
D4	6,5	2,0	2,0	6,5	2,0	6,5	6,5	11,0	6,5	6,5	11,0	11,0
D5	11,0	2,5	2,5	11,0	2,5	7,0	7,0	11,0	7,0	2,5	7,0	7,0
D6	6,0	6,0	1,5	11,0	6,0	11,0	6,0	11,0	6,0	1,5	6,0	6,0
D7	6,0	1,5	6,0	6,0	1,5	6,0	11,0	6,0	6,0	11,0	11,0	6,0
D8	3,0	3,0	3,0	11,0	3,0	7,5	7,5	11,0	7,5	3,0	11,0	7,5
D9	6,0	6,0	1,5	6,0	6,0	6,0	11,0	6,0	11,0	1,5	6,0	11,0
D10	6,5	2,0	6,5	11,0	2,0	6,5	6,5	11,0	6,5	2,0	6,5	11,0
Σ	69,5	38,5	33,5	90,5	33,5	74,0	75,0	91,0	79,0	34,0	78,0	83,5
X²=45,25**					5% 19,07				1% 24,72			

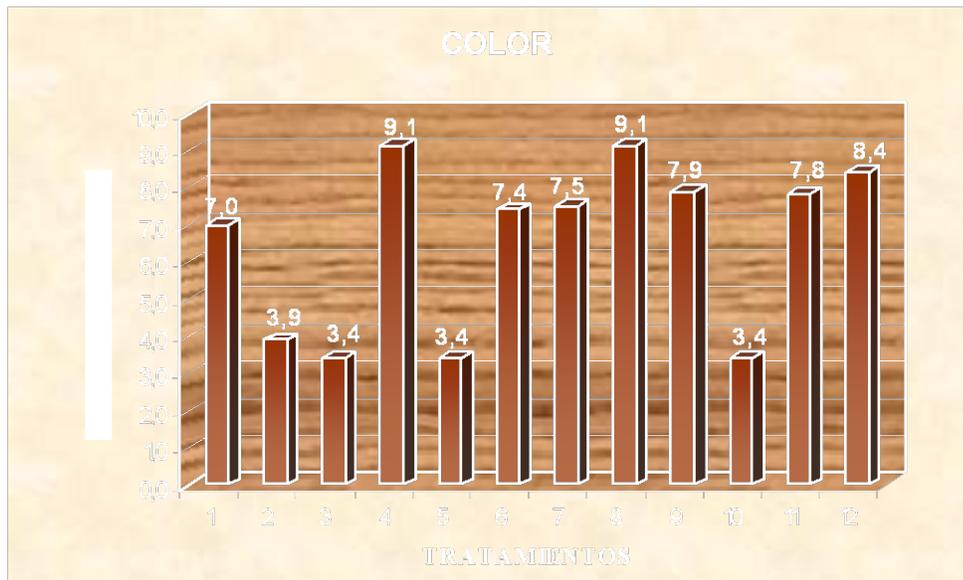
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

Realizada la prueba de Friedman para el atributo color a los 12 tratamientos de la experimentación, se determinó alta diferencia significativa al 5% y 1% con un valor Friedman de 45,25 mayor a los tabulares, mostrando que los tratamientos son diferentes. Los resultados obtenidos se expresan en el gráfico 8.

GRÁFICO 8. Evaluación organoléptica del “ color ” para el polvo de la semilla de molle.



En el gráfico 8, se muestra el comportamiento de la evaluación del atributo color del polvo de la semilla de molle, donde se identifica a T4(M1t4), T8(M2t4) y T12(M3t4) como los mejores; tratamientos que corresponden a los tres estados de madurez: verde, roja y café a 70°C respectivamente. Las especias pierden sus propiedades organolépticas cuando se calientan y su punto crítico se produce al alcanzar temperaturas de 90°C. Por lo tanto, el color estuvo influenciado directamente por la temperatura ya que las semillas verdes tienen alto contenido de clorofila (pigmento) y pierden su coloración debido al desplazamiento del átomo central de magnesio de la molécula. Las semillas rojas constituidas por antocianinas pigmentos que proporcionan colores rojos también perdieron su coloración efecto que se observó igualmente en la semilla café; estas pérdidas proporcionaron al producto una coloración que fue apreciada por el panel de evaluadores.

Además, se observa que los tratamientos T6(madurez roja, 50°C), T7(madurez roja, 60°C), T8(madurez roja,70°C) y T9(madurez café, 40°C) mantienen un comportamiento similar, demostrando que el estado madurez a la temperatura de 70°C de secado contribuyen a homogenizar la coloración del producto final.

Resultados de la evaluación organoléptica “aroma” para el polvo de la semilla de molle. (Anexo 3).

Cuadro 24. Rangos para el “aroma” en el polvo de la semilla de molle

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D1	2,5	10,0	6,0	6,0	2,5	10,0	10,0	10,0	2,5	2,5	6	10,0
D2	2,0	6,0	6,0	10,5	2,0	6,0	10,5	10,5	2,0	6,0	10,5	6,0
D3	2,0	6,5	11,0	6,5	11,0	6,5	6,5	6,5	2,0	2,0	6,5	11,0
D4	11,0	2,0	6,5	6,5	6,5	6,5	11,0	11,0	2,0	2,0	6,5	6,5
D5	2,5	11,0	2,5	7,0	2,5	7,0	7,0	7,0	11,0	2,5	7,0	11,0
D6	6,0	6,0	6,0	6,0	2,0	10,5	10,5	10,5	6,0	2,0	2,0	10,5
D7	2,5	6,5	6,5	10,5	2,5	2,5	6,5	10,5	2,5	10,5	6,5	10,5
D8	6,0	6,0	2,0	10,5	6,0	10,5	10,5	6,0	2,0	2,0	10,5	6,0
D9	2,0	10,5	6,0	6,0	2,0	6,0	10,5	10,5	2,0	6,0	6,0	10,5
D10	2,0	6,5	6,5	6,5	2,0	6,5	11,0	11,0	6,5	2,0	11,0	6,5
Σ	38,5	71	59	76	39	72	94	93,5	38,5	37,5	72,5	88,5
$X^2=41,08^{**}$					5% 19,07				1% 24,72			

** = Altamente significativo.

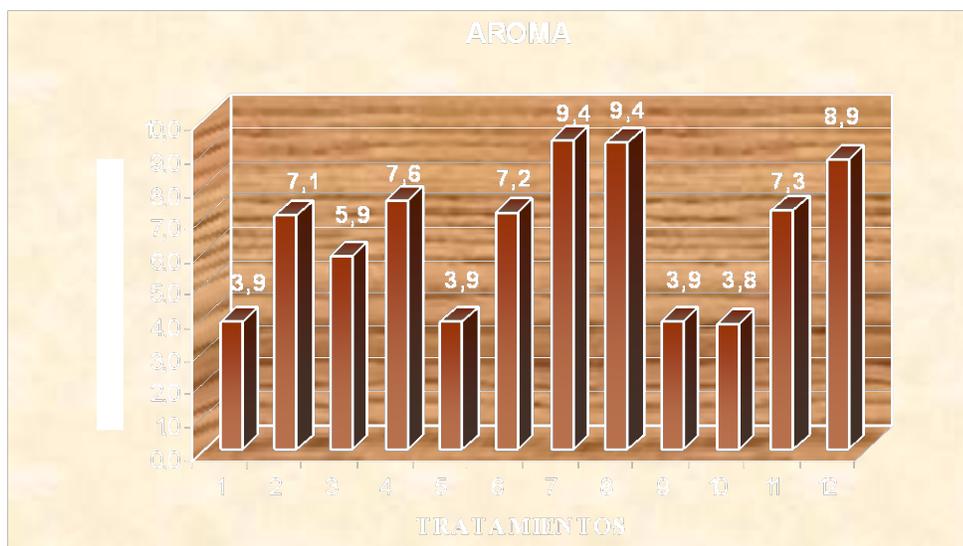
* = Significativo.

NS = No significativo

El resultado de la prueba de Friedman establece alta diferencia significativa para el aroma del polvo de semilla de molle, determinándose que los tratamientos evaluados

por los degustadores fueron diferentes. Los resultados obtenidos se expresan en el gráfico 9.

Gráfico 9. Evaluación organoléptica del “aroma” para el polvo de la semilla de molle.



En el gráfico 9, se observa que el mejor tratamiento de acuerdo a la valoración del panel de degustadores es T8 (madurez fisiológica roja a 70°C), seguido por T7 (madurez fisiológica Roja a 60°C) y T12 (madurez fisiológica café a 70°C), en esta cualidad se identificó a la semilla roja como la mejor, ratificando lo mencionado en el marco teórico por Azcón B. Joaquín y Manuel Talón manifiestan que las semillas y frutos en la tercera fase del ciclo biológico tienen una modificación del color, mayor concentración de azúcares y aromas, menor acides, etc. El aroma típico es atribuido a una mezcla de compuestos de carbonilo 32%, alcoholes 10% e hidrocarburos 58% según manifiesta Carrasco Dorrien en sus estudios; sin embargo, si se interrumpe la

biosíntesis del aromatizante de los frutos hecho que sucede cuando estos son triturados, se producen oxidaciones o hidrólisis controladas enzimáticamente que modifican los aromas ya formados. Cambio que fue apreciado por el panel degustador para dar su valoración.

Además, se identifica un comportamiento peculiar en los tratamientos T6, T7 y T8 correspondientes a la madurez fisiológica roja con temperaturas de 50, 60 70°C respectivamente, demostrando que los factores de la investigación (madurez y temperatura) influyen en los parámetros organolépticos del producto como el aroma.

Resultado de la evaluación organoléptica “sabor” para el polvo de la semilla de molle. (Anexos 4).

CUADRO 25. Rangos para el “sabor” polvo de la semilla de molle

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D1	2,0	6,5	6,5	11,0	11,0	2,0	2,0	6,5	2,0	6,5	6,5	11,0
D2	6,0	6,0	1,5	11,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	1,5	6,0	11,0
D3	6,5	6,5	6,5	2,0	6,5	11,0	11,0	11,0	11,0	6,5	2,0	6,5
D4	6,0	2,0	10,5	6,0	10,5	6,0	6,0	2,0	2,0	6,0	10,5	10,5
D5	6,5	6,5	11,0	6,5	2,0	11,0	11,0	11,0	2,0	2,0	6,5	6,5
D6	6,5	11,0	11,0	2,0	6,5	6,5	6,5	6,5	2,0	11,0	6,5	6,5
D7	2,0	6,5	6,5	6,5	6,5	2,0	2,0	6,5	2,0	11,0	11,0	11,0
D8	11,0	6,0	1,5	11,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	1,5	11,0
D9	11,0	2,0	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	2,0	2,0	6,5	6,5	11,0
D10	6,0	11,0	6,0	6,0	1,5	6,0	6,0	11,0	1,5	11,0	6,0	6,0
Σ	63,5	64	67,5	68,5	63	63	63	68,5	36,5	68	63	91
$\chi^2=11,89^{NS}$					5% 19,07				1% 24,72			

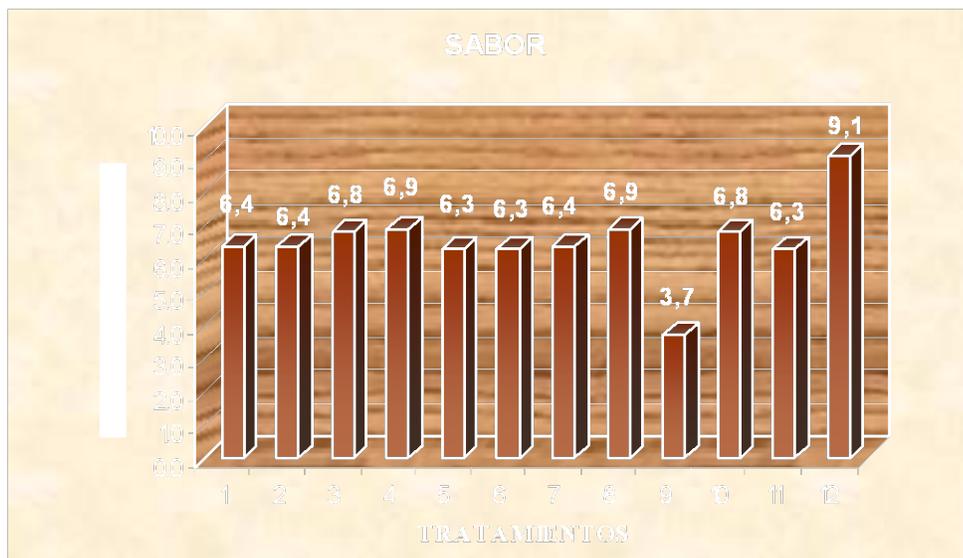
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

Obtenido el resultado de Friedman para la característica cualitativa sabor, indica que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre tratamientos. El resultado calculado es de 11,89 inferior a los tabulares. Los resultados obtenidos se expresan en la gráfico 10.

GRÁFICO 10. Evaluación organoléptica “sabor” para el polvo de la semilla de molle.



En el gráfico 10, se observa una tendencia uniforme para los tratamientos, demostrando que la palatabilidad de los evaluadores para los doce tratamientos son iguales, identificándose una aceptación del sabor del polvo de molle superior al 50% de la escala establecida. Siendo los tratamientos estadísticamente iguales se aprecia que T12(M3t4) tiene una mayor valoración.

Según T.P. Coultate (1998) en el Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos menciona que se han podido identificar siete sabores entre ellos el pungente o picante que se lo identifica en toda la cavidad bucal, siendo complejo diferenciar sabores diferentes en un mismo producto, comportamiento que se aprecia en la valoración dada para esta cualidad en el polvo de molle. Por lo tanto, no influye la madurez y la temperatura en esta característica.

Resultado de la evaluación organoléptica “soltura” para el polvo de la semilla de molle. (Anexo 5).

CUADRO 26. Rangos para la “soltura” del polvo de la semilla de molle

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D1	3,0	6,5	1,0	10,5	10,5	6,5	6,5	10,5	3,0	6,5	3,0	10,5
D2	7,5	3,5	3,5	12,0	12,0	3,5	3,5	10,0	7,5	10,0	3,5	10,0
D3	6,5	2,0	6,5	6,5	6,5	6,5	11,0	2,0	11,0	11,0	6,5	6,5
D4	6,0	10,0	3,5	6,0	6,0	6,0	1,5	10,0	10,0	3,5	10,0	10,0
D5	1,0	4,5	4,5	10,0	10,0	4,5	10,0	10,0	4,5	10,0	4,5	10,0
D6	4,0	4,0	9,0	4,0	4,0	9,0	9,0	9,0	1,0	2,0	9,0	9,0
D7	8,0	4,5	1,5	4,5	4,5	8,0	1,5	11,0	4,5	11,0	4,5	11,0
D8	4,5	4,5	4,5	10,5	10,5	4,5	4,5	10,5	10,5	4,5	4,5	10,5
D9	8,5	8,5	8,5	3,0	3,0	8,5	3,0	8,5	1,0	8,5	8,5	8,5
D10	5,5	5,5	1,5	9,5	9,5	11,5	5,5	9,5	5,5	5,5	1,5	11,5
Σ	54,5	53,5	44	76,5	76,5	68,5	56	91	58,5	72,5	55,5	97,5
$X^2 = 47,29^{**}$					5% 19,07				1% 24,72			

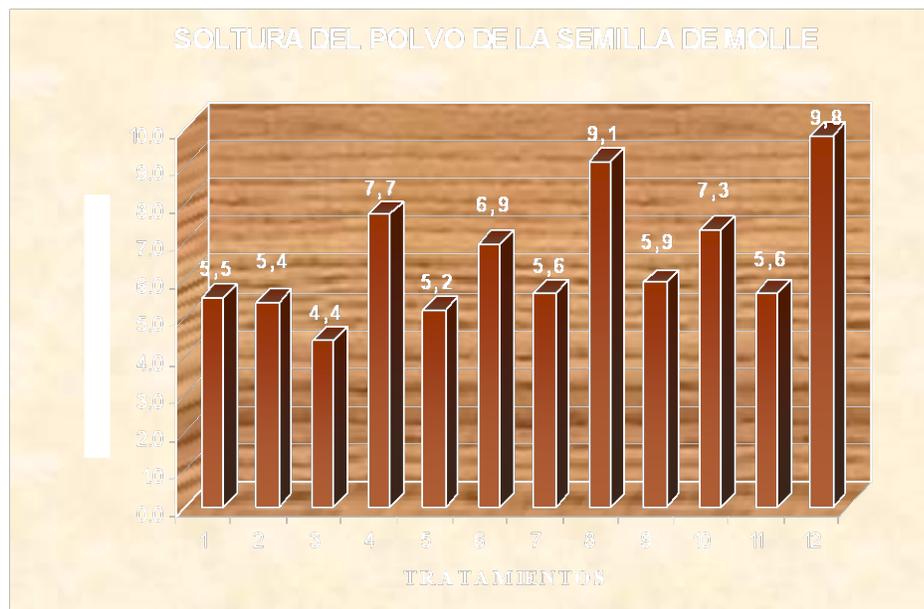
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

Los resultados obtenidos de la prueba de Friedman con un valor de 47,29 superior a los tabulares determina alta diferencia significativa al 5% y 1% entre tratamientos, demostrando que el atributo soltura del polvo de la semilla de molle de los doce tratamientos es diferente. Los resultados obtenidos se expresan en la gráfico 11.

GRÁFICO 11. Evaluación organoléptica “soltura” en el polvo de la semilla de molle.



En el gráfico 11, se observa que el mejor tratamiento para la propiedad de soltura en el producto molturado fue T12(Madurez café, 70°C), seguido por T8(Madurez roja, 70°C) y T4(Madurez verde, 70°C) . Mediante la vista los evaluadores analizaron la disgregación de las partículas del polvo de molle dentro del envase de vidrio y mediante el tacto se estableció la dispersión y compactación del polvo. Cualidad que fue influenciada por la composición estructural de la semilla la que varió de acuerdo a la madurez fisiológica y a la temperatura de secado a la que fue sometida, notándose

que a 70°C los tres estados de madurez tuvieron menor compactación de las partículas en el producto final. La pérdida de aceites etéreos y éteres en las especias se produce por la inestabilidad de los compuestos aromáticos a altas temperaturas. Efecto que proporcionó una separación de las partículas del polvo de la semilla de molle como se observa en los tres estados de madurez a 70°C. Además, se apreció un comportamiento similar en los estados de madurez roja y café a temperaturas de 40, 50 y 60°C en los que se retuvieron los aceites esenciales en el proceso y generaron una mayor compactación. Por lo tanto se puede anotar que la soltura del polvo de molle estuvo influenciada por la temperatura y la madurez de las semillas.

Resultado de la evaluación organoléptica “aceptabilidad” para el polvo de la semilla de molle. (Anexo 6).

CUADRO 27. Rangos para la “aceptabilidad” del polvo de la semilla de molle

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D1	9,5	4,0	9,5	9,5	4,0	4,0	9,5	4,0	4,0	4,0	4,0	12,0
D2	1,0	3,5	11,0	7,5	7,5	3,5	11,0	11,0	7,5	3,5	3,5	7,5
D3	7,0	7,0	2,0	7,0	7,0	11,5	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	11,5
D4	1,0	9,0	2,0	5,0	5,0	5,0	9,0	9,0	5,0	11,5	11,5	5,0
D5	6,5	11,0	6,5	11,5	2,0	11,0	6,5	6,5	6,5	2,0	6,5	2,0
D6	4,5	1,0	9,0	11,0	4,5	4,5	4,5	9,0	9,0	4,5	4,5	11,5
D7	1,5	11,0	1,5	5,0	8,5	5,0	5,0	8,5	5,0	11,0	11,0	5,0
D8	11,0	7,0	3,0	7,0	3,0	3,0	1,0	11,0	11,0	7,0	7,0	7,0
D9	11,5	4,0	4,0	9,0	4,0	4,0	9,0	4,0	4,0	9,0	4,0	11,5
D10	2,5	7,0	7,0	2,5	7,0	7,0	7,0	12,0	2,5	10,5	2,5	10,5
Σ	56	64,5	55,5	75	52,5	58,5	69,5	77	61,5	65	61,5	83,5
X²= 7,7^{NS}					5% 19,07				1% 24,72			

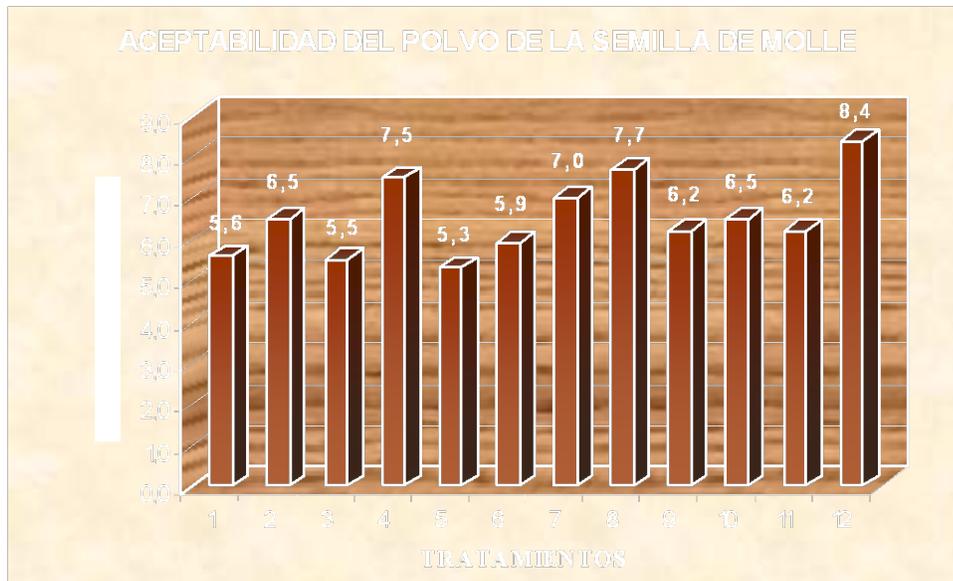
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

El cuadro 27, muestra los resultados de aceptabilidad del polvo de la semilla de molle donde se obtuvo un valor calculado de Friedman de 7.7; determinándose que no existe significación estadística al 5% y 1% entre los doce tratamientos.

GRÁFICO 12. Evaluación organoléptica “aceptabilidad” para el polvo de la semilla de molle.



El resultado obtenido de la prueba de Friedman indica que los doce tratamientos estadísticamente son iguales; sin embargo, en el gráfico 16 se observa que existe una valoración diferente para los doce tratamientos en los que T12(madurez café, 70°C) tiene una valoración superior, seguido de T8(madurez roja, 70°C) y T4(madurez verde, 70°C); la calificación dada para este atributo estuvo determinada por la temperatura ya que a 70°C, en las semillas se volatizaron parte de los aceites etéreos responsables de proporcionar el sabor picante, siendo aceptados por los evaluadores sin que ellos tengan una costumbre gastronómica de consumo del molle por ser un

producto nuevo. A pesar de ello, se identifica una aceptación mayor al 50% de la escala establecida, esto indicó que el producto fue aceptado por el panel degustador.

Además, se observa un comportamiento similar para los tratamientos T5, T6 y T7 correspondientes a la madurez roja, de igual manera para T9, T10 y T11 de la madurez café demostrándose que la aceptabilidad del producto fue influenciado por la madurez y la temperatura de secado.

Resumen de los resultados de las pruebas cualitativas del polvo de la semilla de molle.

Luego de obtenidos los resultados de las pruebas no paramétricas por el método de Friedman, se procedió a realizar una tabulación que permitió determinar los tres mejores tratamientos, los que fueron empleados para la segunda fase. Esta valoración se establece en el cuadro 28.

Cuadro 28. Resumen de valores cualitativos (color, sabor, aroma soltura y aceptabilidad) para el polvo de la semilla de molle.

		Variables Cualitativas para el polvo de la semilla de molle				
TRATAMIENTOS		Color	Sabor	Aroma	Soltura	Aceptab.
T1	M1t1	69,5	63,5	38,5	54,5	56
T2	M1t2	38,5	64	71	53,5	64,5
T3	M1t3	33,5	67,5	59	44	55,5
T4	M1t4	90,5	68,5	76	76,5	75
T5	M2t1	33,5	63	39	76,5	52,5
T6	M2t2	74	63	72	68,5	58,5
T7	M2t3	75	63	94	56	69,5
T8	M2t4	91	68,5	93,5	91	77
T9	M3t1	79	36,5	38,5	58,5	61,5
T10	M3t2	34	68	37,5	72,5	65
T11	M3t3	78	63	72,5	55,5	61,5
T12	M3t4	83,5	91	88,5	97,5	83,5

 TRATAMIENTOS MEJORES
 VALORES DE RANGOS MAYORES

En el cuadro resumen de los valores cualitativos se identifica alta valoración para los atributos de: color, sabor, olor, soltura y aceptabilidad para **T12 (madurez café, 70°C)** y **T8 (madurez roja, 70°C)**, en cambio para **T4 (madurez verde, 70°C)** se destaca los atributos de color, sabor y aceptabilidad siendo éstos los de mayor valoración y fueron empleados en la segunda fase de la experimentación.

4.2.2. FASE II

4.2.2.1. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA SUSTITUCIÓN DE LA PIMIENTA NEGRA POR EL POLVO DE LA SEMILLA DE MOLLE EN LA FORMULACIÓN PARA CHORIZO AHUMADO Y FILETES DE TILAPIA FRITA.

Para evaluar la aceptación y preferencia del consumidor para el polvo de la semilla de molle se consideraron los tres mejores tratamientos de la primera fase en dos productos cárnicos; chorizo ahumado y filetes de tilapia frita, permitiendo establecer las bondades del polvo de molle en estos productos mediante la prueba no paramétrica de Friedman. Se sustituyó la pimienta negra por el polvo de la semilla de molle de acuerdo a lo planteado en las tablas 8 y 9 para las formulaciones de los productos antes mencionados. (Ver Anexos 7 y 8).

Las especias aromatizantes resaltan o potencian el aroma e imparten un sabor cárnico característico, ejerciendo una actividad antioxidante, emulsificante y retención de la humedad en los embutidos.

Elaborado el chorizo ahumado y preparada la tilapia frita se evaluaron los atributos de color, sabor, olor con la finalidad de identificar la mejor sustitución del polvo de molle en los productos cárnicos chorizo ahumado y filetes de tilapia frita.

Fotografía 18. Chorizo ahumado



(28/11/2008)

4.2.2.1.1. Evaluación Organoléptica de la sustitución de la pimienta negra por el polvo de molle en la formulación de Chorizo ahumado.

Color

El color característico en el chorizo es rojo claro, el mismo que resulta de la mezcla de especias y aditivos que al combinarse reaccionan con la proteína de la carne. Esta característica fue evaluada como se indica en el anexo 7.

Los resultados se tabularon (Anexo 9) y se expresan en el cuadro 29.

CUADRO 29. Rangos para el atributo “color” para Chorizo Ahumado.

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D1	11,0	11,0	11,0	3,5	11,0	3,5	11,0	11,0	11,0	11,0	3,5	3,5	11,0	3,5	3,5
D2	8,5	14,0	2,5	8,5	2,5	8,5	8,5	2,5	8,5	8,5	8,5	8,5	14,0	2,5	14,0
D3	4,0	4,0	4,0	12,5	4,0	4,0	12,5	12,5	4,0	12,5	12,5	8,5	4,0	12,5	8,5
D4	9,0	9,0	1,5	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	1,5	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
D5	2,5	12,5	7,0	12,5	2,5	7,0	7,0	2,5	12,5	12,5	7,0	7,0	12,5	2,5	12,5
D6	5,5	2,5	12,5	12,5	2,5	8,0	12,5	12,5	8,0	8,0	12,5	5,5	2,5	12,5	2,5
D7	11,5	4,5	11,5	11,5	4,5	11,5	11,5	11,5	11,5	1,5	4,5	4,5	11,5	7,0	1,5
D8	13,0	2,5	7,5	13,0	2,5	2,5	13,0	13,0	7,5	7,5	13,0	7,5	2,5	7,5	7,5
D9	5,0	5,0	12,5	5,0	5,0	5,0	12,5	5,0	12,5	12,5	12,5	5,0	12,5	5,0	5,0
D10	11,0	2,0	11,0	2,0	11,0	11,0	11,0	11,0	15,0	5,5	5,5	5,5	11,0	2,0	5,5
Σ	81	67	81	90	54,5	70	108,5	90,5	99,5	81	88,5	64,5	90,5	64	69,5
X²= 15,57^{NS}						5% 23,68				1% 29,14					

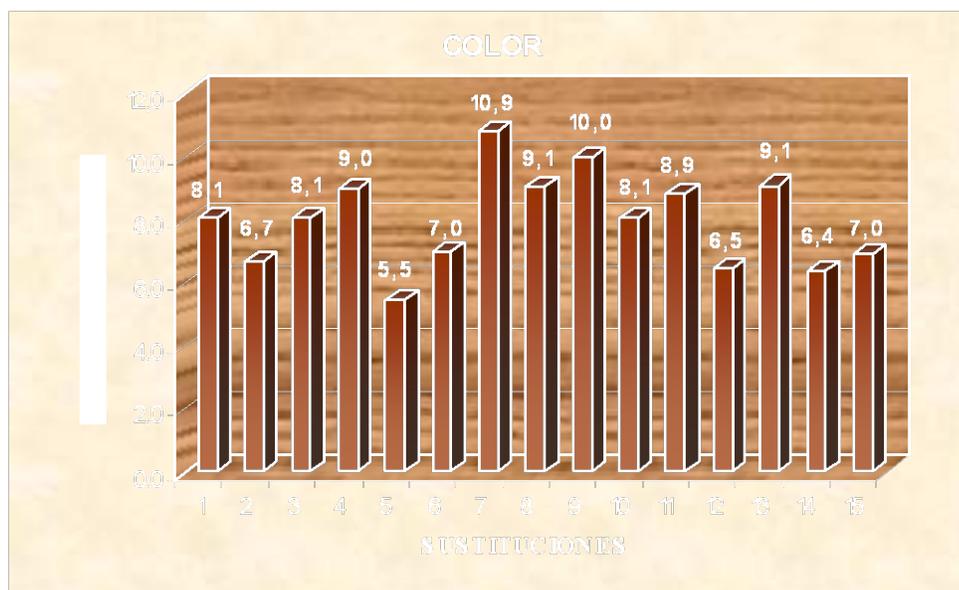
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

Los resultados obtenidos de la prueba de Friedman para el atributo color en la sustitución de la pimienta negra por el polvo de molle de los tratamientos (T4, T8, T12), en cinco dosis en la formulación de chorizo ahumado, indica que no existe una diferencia significativa para este atributo.

GRÁFICO 13. Evaluación organoléptica “color” para chorizo ahumado.



El gráfico 13, indica que la muestra M7 (75% pimienta, 25% molle) correspondiente al tratamiento T8 (madurez roja, 70°C), utilizado en la formulación de chorizo ahumado tuvo la mayor aceptación y preferencia para el atributo evaluado. Sin embargo, estadísticamente se establece que las quince muestras de chorizo ahumado mantuvieron un comportamiento similar, mostrando que el polvo de la semilla de molle no influye en la coloración del chorizo.

Sin embargo, las formulaciones sobresalientes entre las muestra de chorizo fueron M7, M8, M9 y M10, sustituidas por el polvo de la semilla de molle del tratamiento T8 madurez roja. Formulaciones que levemente cambiaron la coloración por el contenido de antocianinas pigmento contenido en las semillas rojas.

Sabor

El sabor es percibido por las papilas gustativas de la lengua. En el cuadro 30, se muestran los resultados del sabor en chorizo ahumado. Ver anexo 10.

CUADRO 30. Rangos para el atributo “sabor” para Chorizo ahumado

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D1	5,0	5,0	5,0	12,0	5,0	5,0	15,0	12,0	12,0	12,0	5,0	5,0	12,0	5,0	5,0
D2	2,5	8,5	2,5	8,5	8,5	2,5	8,5	8,5	14,0	8,5	2,5	8,5	14,0	14,0	8,5
D3	4,0	4,0	4,0	11,5	4,0	4,0	11,5	11,5	11,5	4,0	4,0	11,5	11,5	11,5	11,5
D4	1,0	4,5	4,5	4,5	4,5	9,0	13,0	9,0	13,0	4,5	4,5	13,0	13,0	9,0	13,0
D5	4,5	4,5	4,5	10,5	4,5	1,0	14,5	14,5	4,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	4,5
D6	2,5	9,0	2,5	9,0	9,0	9,0	14,5	9,0	9,0	14,5	2,5	9,0	9,0	9,0	2,5
D7	3,5	3,5	3,5	3,5	8,0	8,0	13,5	10,5	13,5	10,5	3,5	13,5	8,0	13,5	3,5
D8	5,0	5,0	5,0	5,0	12,0	5,0	5,0	5,0	12,0	5,0	5,0	12,0	12,0	15,0	12,0
D9	4,5	4,5	4,5	10,5	10,5	4,5	4,5	4,5	10,5	4,5	14,0	14,0	14,0	4,5	10,5
D10	1,5	8,5	4,0	13,5	4,0	4,0	13,5	8,5	8,5	8,5	1,5	8,5	8,5	13,5	13,5
Σ	34	57	40	88,5	70	52	113,5	93	108,5	82,5	53	105,5	112,5	105,5	84,5
X² = 52,09**						5% 23,68				1% 29,14					

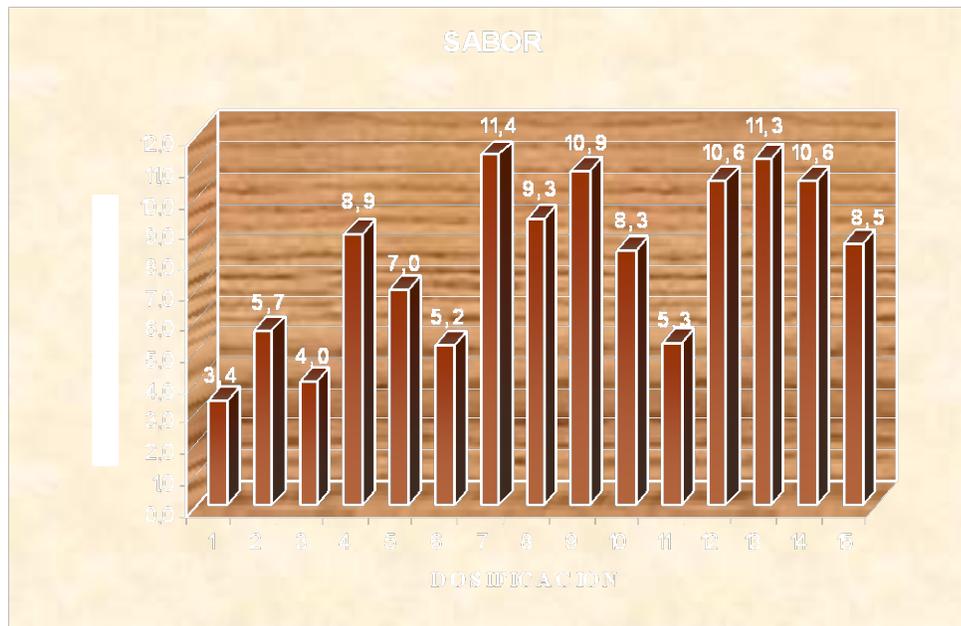
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

Evaluado el atributo sabor mediante la prueba de Friedman en la sustitución de la pimienta negra por el polvo de la semilla de molle de los tratamientos T4, T8 y T12 en las formulaciones de chorizo ahumado, se detectó que existe una alta significación estadística entre las quince muestras evaluadas.

Gráfico 14. Evaluación organoléptica “sabor” para chorizo ahumado.



Analizando el gráfico 14, se determina que la mayor calificación dada por el panel degustador fue para **M7** que corresponde al tratamiento T8 (madurez fisiológica roja, 70°C) con una sustitución del 25% de molle; seguidamente, se encuentra **M13** (madurez café, 70°C) con una dosificación de sustitución del 75% de molle. En la elaboración de chorizo ahumado de acuerdo a la formulación de la tabla 8 se establece un porcentaje del 0,10% en peso de pimienta, dando una relación de 7,8 g/12 lb.carne.

De acuerdo al grupo evaluador las sustituciones M12(75%), M13(50%) y M14 (25%) correspondiente al tratamiento T12 mejoraron la palatabilidad de chorizo ahumado, observándose un comportamiento uniforme para estas sustituciones.

Olor

El olor en un producto cárnico es muy importante para el consumidor el mismo que es impartido por diferentes sustancias volátiles presentes en los alimentos y determinan la calidad de los mismos, por lo que se planteó una encuesta para evaluar esta característica según el anexo 11.

En el cuadro 31, se establecen los resultados para el olor de las quince formulaciones (Anexo 11) en las que se adicionó el polvo de molle en chorizo ahumado.

CUADRO 31. Rangos para el atributo “olor” para Chorizo ahumado

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D1	6,0	6,0	6,0	1,0	6,0	13,0	13,0	6,0	6,0	6,0	13,0	13,0	13,0	6,0	6,0
D2	2,0	7,5	7,5	7,5	13,5	7,5	13,5	7,5	13,5	2,0	7,5	2,0	13,5	7,5	7,5
D3	3,0	10,5	10,5	10,5	10,5	3,0	3,0	10,5	3,0	10,5	10,5	3,0	10,5	10,5	10,5
D4	2,5	10,5	10,5	2,5	6,0	2,5	14,5	6,0	10,5	10,5	2,5	14,5	10,5	6,0	10,5
D5	5,5	5,5	12,0	5,5	12,0	1,0	15,0	5,5	5,5	12,0	5,5	5,5	12,0	12,0	5,5
D6	9,0	9,0	3,0	3,0	3,0	9,0	14,0	9,0	14,0	3,0	9,0	9,0	14,0	9,0	3,0
D7	4,0	10,5	10,5	14,5	14,5	4,0	4,0	4,0	10,5	10,5	4,0	10,5	4,0	10,5	4,0
D8	2,5	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	2,5	9,0	2,5	9,0	9,0	14,5	2,5	9,0	14,5
D9	3,5	11,0	11,0	11,0	3,5	3,5	11,0	11,0	3,5	11,0	3,5	11,0	11,0	11,0	3,5
D10	2,0	6,0	6,0	6,0	12,0	6,0	12,0	12,0	2,0	6,0	2,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Σ	40	85,5	86	70,5	90	58,5	102,5	80,5	71	80,5	66,5	95	103	93,5	77
X² = 20,17^{NS}						5% 23,68					1% 29,14				

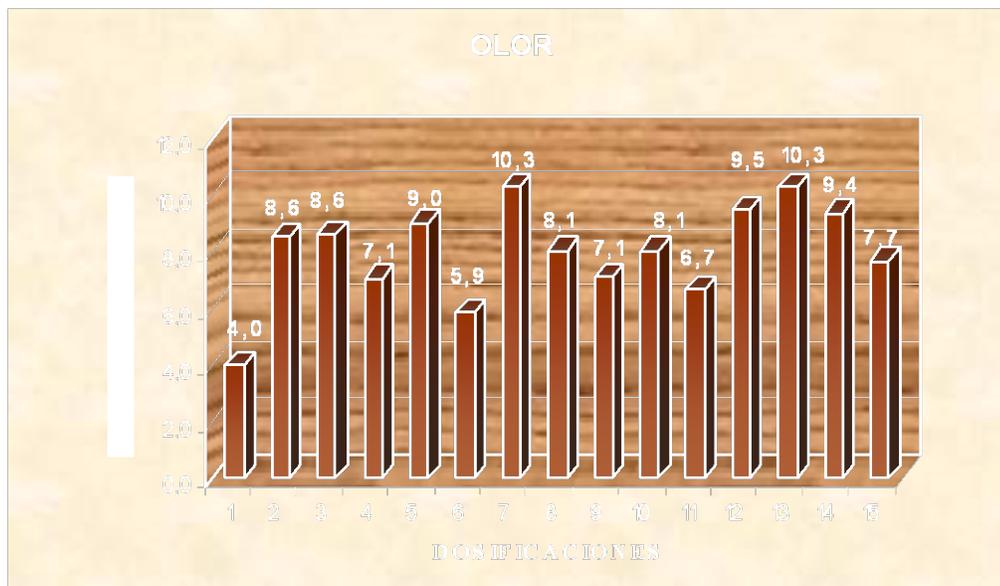
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

Luego de obtenidos los resultados de la prueba de Friedman se determina que no existe significancia estadística entre las muestras sometidas a la evaluación, mostrando que son estadísticamente iguales para esta propiedad.

Gráfico 15. Evaluación organoléptica “olor” para chorizo ahumado.



En el gráfico 15, se observa que la muestra M13 con una sustitución del 50% de molle del T12(madurez café, 70°C); y, M7 con un 25% de molle del T8(madurez roja, 70°C), obtuvieron la mayor aceptación por los evaluadores para este atributo en el chorizo ahumado. Además, se observa que las formulaciones de mayor agrado y que presentan una uniformidad son las sustituciones del polvo de la semilla de molle café M12(75% molle), M13(50% molle) y M14(25% molle). Se identificó que el producto de molle impartió su olor característico, el que agradó al panel de los degustadores.

4.2.2.1.2. Evaluación Organoléptica en Tilapia

La carne de tilapia es una de las más susceptibles en cambiar sus propiedades organolépticas, una leve variación de una especia, condimento o aditivo cambia la palatabilidad del producto.

Fotografía 19. Tilapia frita, plato típico de Yahuarcocha



(20/11/2008)

La tilapia forma parte de una gastronomía tradicional en la Laguna de Yahuarcocha, para preparar este plato se utiliza pimienta negra, la misma que ha contribuido en el sabor de este plato típico. El producto obtenido en esta investigación se utilizó para la preparación de tilapia frita de acuerdo a la formulación tradicional utilizada en el “Palacio de la Tilapia”. Se evaluaron las propiedades organolépticas de color, olor y sabor. (Anexo 8).

Fotografía 20. Preparación de filetes de tilapia



(16/11/2008)

Color

La carne de tilapia posee un color blanco característico, cualidad requerida por el consumidor para determinar la calidad del producto. Para evaluar esta característica y determinar si el polvo de molle cambió la tonalidad en el producto cárnico se lo sometió a una evaluación como se indica en el anexo 8.

En el cuadro 32, se muestran los resultados de la evaluación del color de la tilapia frita. (Anexo 12).

CUADRO 32. Rangos para el atributo “color” para Tilapia Frita

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D1	6,0	6,0	6,0	13,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	13,5	13,5	13,5	6,0	6,0	6,0
D2	10,5	10,5	10,5	10,5	3,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	3,0	3,0	3,0	3,0	10,5
D3	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	2,5	9,5	9,5	2,5	9,5	2,5	15,0	9,5	9,5	2,5
D4	2,0	7,5	7,5	2,0	13,5	7,5	7,5	7,5	13,5	7,5	13,5	13,5	7,5	7,5	2,0
D5	3,5	9,0	3,5	3,5	9,0	3,5	3,5	13,5	9,0	9,0	9,0	13,5	3,5	13,5	13,5
D6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
D7	8,5	13,0	3,5	3,5	8,5	13,0	13,0	13,0	13,0	8,5	3,5	8,5	3,5	3,5	3,5
D8	12,5	7,0	12,5	7,0	7,0	7,0	7,0	2,0	12,5	2,0	4,0	12,5	12,5	2,0	12,5
D9	12,0	12,0	7,0	12,0	5,0	2,5	2,5	12,0	2,5	7,0	2,5	12,0	12,0	7,0	12,0
D10	7,0	7,0	7,0	13,5	7,0	7,0	1,0	13,5	7,0	2,0	13,5	13,5	7,0	7,0	7,0
Σ	75	85	70,5	78,5	72,0	63	71,5	98,5	87,5	80,5	76	116	75,5	70	80,5
X² = 12^{NS}						5% 23,68					1% 29,14				

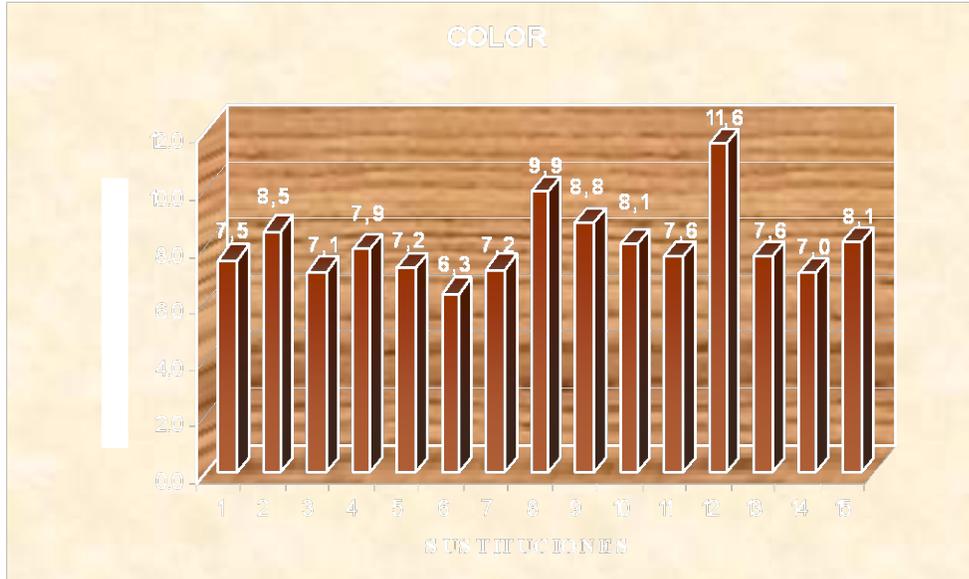
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

Los resultados obtenidos de la prueba de Friedman para el color en la aplicación de los mejores tratamientos del polvo de molle, en la formulación artesanal de tilapia frita, indican que no existe una diferencia significativa para éste atributo demostrándose que el color característico de la tilapia fue igual para las quince formulaciones.

Gráfico 16. Evaluación organoléptica “color” para tilapia frita.



A pesar de no existir una diferencia significativa para las muestras evaluadas, el gráfico 16 muestra la evaluación del atributo color de los filetes de tilapia frita en las quince formulaciones, se observa que la sustitución M12 con el polvo de molle madurez café y M8 con molle madurez roja son los de mayor agrado visual, con una sustitución del producto en un 75% a la pimienta negra para los dos estados de madurez de acuerdo a la fórmula establecida por el Palacio de la Tilapia ubicado en el sector de Yahuarcocha. Esta prueba demuestra que el polvo de molle no influye en la coloración de este producto cárnico, es decir que la coloración blanca característica de la tilapia no es afectada permitiendo una aceptación por los evaluadores.

Además, se aprecia un comportamiento uniforme para las formulaciones M8(50%), M9(25%) preparadas con el polvo de molle de la semilla roja y M10(100% pimienta),

demonstrando que las preparaciones de tilapia con el polvo de molle rojo fueron similares a la preparación tradicional con pimienta negra.

Sabor

El sabor en la tilapia se evaluó mediante una encuesta aplicada a un panel de diez evaluadores quienes emitieron su valoración de acuerdo al anexo 8.

En el cuadro 33, se muestran los resultados de evaluación para el sabor de la tilapia frita. (Anexo 13).

CUADRO 33. Rangos para el atributo “sabor” para Tilapia Frita.

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D1	6,0	12,5	14,0	12,5	1,5	6,0	12,5	6,0	6,0	12,5	6,0	6,0	12,5	1,5	6,0
D2	7,5	7,5	7,5	2,0	7,5	2,0	13,0	13,0	7,5	7,5	7,5	2,0	15,0	7,5	13,0
D3	2,0	6,0	10,5	6,0	2,0	2,0	10,5	6,0	10,5	14,0	10,5	6,0	14,0	14,0	6,0
D4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	14,0	10,5	10,5	4,5	4,5	14,0	4,5	10,5	14,0	10,5
D5	1,5	6,5	6,5	1,5	13,0	6,5	6,5	13,0	13,0	6,5	13,0	6,5	6,5	6,5	13,0
D6	3,5	9,5	14,0	3,5	3,5	9,5	3,5	9,5	9,5	3,5	3,5	9,5	14,0	14,0	9,5
D7	3,0	8,0	3,0	3,0	13,0	8,0	8,0	8,0	3,0	13,0	13,0	3,0	8,0	13,0	13,0
D8	4,0	9,5	9,5	12,0	4,0	4,0	14,0	4,0	4,0	4,0	14,0	9,5	9,5	14,0	4,0
D9	4,5	11,0	4,5	14,0	11,0	4,5	11,0	11,0	4,5	4,5	4,5	11,0	4,5	15,0	4,5
D10	2,5	6,5	14,0	2,5	2,5	10,5	14,0	10,5	6,5	2,5	6,5	10,5	14,0	10,5	6,5
Σ	39	81,5	88	61,5	62,5	67	103,5	91,5	69	72,5	92,5	68,5	108,5	110	86
$\chi^2 = 28,52^*$						5% 23,68					1% 29,14				

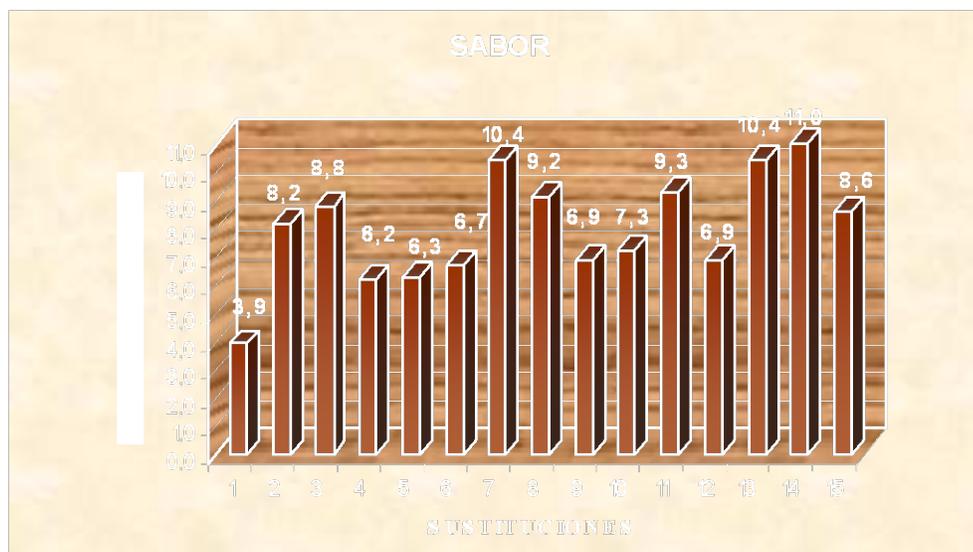
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

Al realizar la prueba de Friedman para el sabor en la dosificación del polvo de la semilla de molle de los mejores tratamientos T4, T8 y T12 en la formulación para la preparación de tilapia frita, se detectó que existe una significación estadística al 5% donde el sabor del filete frito de tilapia fue diferente.

Gráfico 17. Evaluación organoléptica “sabor” para tilapia frita.



Analizando el gráfico 17, se determina que la mayor aceptación por el panel degustador fue la formulación **M14** del tratamiento T8(madurez fisiológica café, 70°C) con una sustitución de un 75% de molle a la pimienta negra; seguidamente, se ubica la formulación de filete de tilapia **M13** (madurez fisiológica café, 70°C) con una sustitución del 50% de molle y **M7** con una dosificación de 25% de molle con madurez roja. De acuerdo a la formulación de la Tabla 9 se establece un porcentaje del 0,73% en peso de pimienta negra correspondiente a una relación de 13,3g

pimienta/3,68 lb. carne. Observándose que el sabor generado por el polvo de molle en la preparación de tilapia fue apreciado y aceptado por los degustadores.

El polvo de molle proporcionó a la tilapia un sabor agradable y diferente a la formulación condimentaria tradicional en la preparación de este plato típico, esto se aprecia en el gráfico en la que 95% de las formulaciones sobrepasan el 60% de la escala establecida de valoración para esta cualidad. Además, se identifica que la aplicación del polvo de la semilla roja y café con una sustitución de molle en un 75%, 50% en el primer caso; y, 50%, 25% en el segundo caso fueron los mejores por tener un comportamiento uniforme en la valoración dada por los degustadores.

Olor

La tilapia por ser un pez que se cultiva en agua dulce posee un olor menos fuerte que el pescado de mar. Por lo tanto, se evaluó esta característica con el fin de identificar el cambio que ocasionó la adición del polvo de molle en el producto, utilizando para ello una encuesta que se indica en el anexo 8.

En el cuadro 34, se muestran los resultados de la evaluación para el olor de la tilapia frita. (Anexo 14).

CUADRO 34. Rangos para el atributo “olor” para Tilapia Frita

RANG DEGUST.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D1	3,5	3,5	12,5	8,0	3,5	12,5	8,0	12,5	3,5	12,5	12,5	3,5	3,5	8,0	12,5
D2	5,0	5,0	1,5	15,0	5,0	5,0	11,0	5,0	11,0	11,0	11,0	1,5	11,0	11,0	11,0
D3	14,0	3,5	9,5	9,5	3,5	9,5	9,5	14,0	3,5	9,5	9,5	14,0	3,5	3,5	3,5
D4	7,5	7,5	2,0	7,5	7,5	7,5	13,0	13,0	2,0	7,5	15,0	2,0	7,5	7,5	13,0
D5	5,5	5,5	5,5	13,0	13,0	5,5	13,0	5,5	13,0	5,5	5,5	13,0	5,5	5,5	5,5
D6	3,5	10,0	10,0	3,5	3,5	14,5	10,0	10,0	3,5	3,5	10,0	10,0	14,5	10,0	3,5
D7	6,0	6,0	6,0	13,5	6,0	6,0	13,5	13,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	13,5	6,0
D8	3,5	11,0	3,5	11,0	3,5	11,0	11,0	11,0	3,5	11,0	11,0	3,5	11,0	11,0	3,5
D9	1,5	8,5	8,5	1,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	15,0	8,5
D10	9,5	9,5	3,0	9,5	3,0	3,0	3,0	14,5	3,0	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	14,5
Σ	59,5	70	62	92	57,0	83	100,5	107,5	57,5	84,5	98,5	71,5	80,5	94,5	81,5
X² = 19,28^{NS}							5% 23,68					1% 29,14			

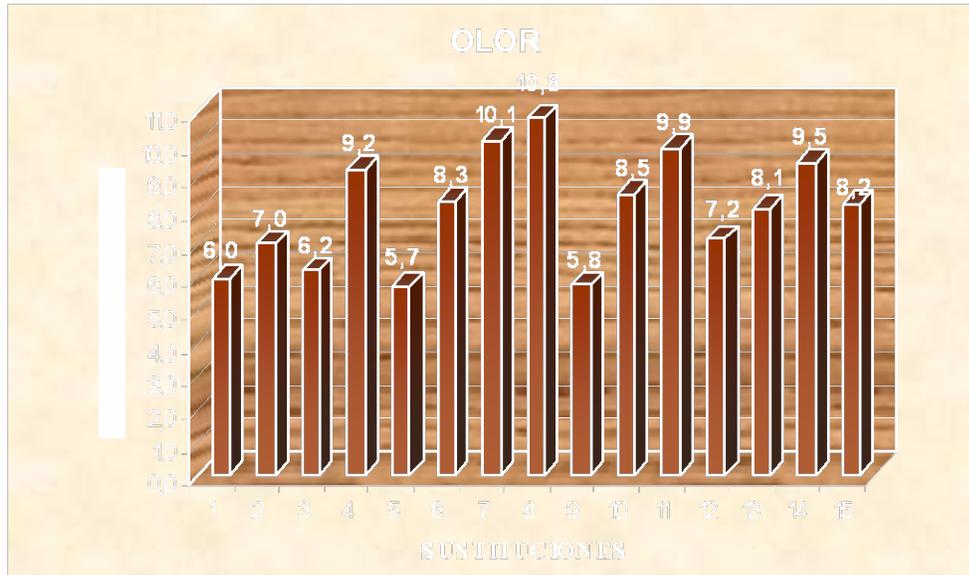
** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No significativo

En el cuadro 34, se muestran los resultados del atributo olor para la aplicación del polvo de la semilla de molle de los tratamientos T4, T8 y T12 en la tilapia frita, determinándose que no existe significación estadística en las quince formulaciones para la preparación de este plato típico.

Gráfico 18. Evaluación organoléptica “olor” para tilapia frita.



En el gráfico 18, se observa que la formulación M8 con sustitución del 50% de molle a la pimienta negra en la receta de la preparación de filetes de tilapia frita correspondiente al tratamiento T8 (madurez roja, 70°C) obtuvo la mayor aceptación por el panel de degustación, a pesar de no haber una diferencia estadística entre las quince muestras para esta cualidad. También, se observa un comportamiento uniforme para las formulaciones con polvo de molle madurez roja y madurez café; en el primer caso, las dosis de sustitución mayores con molle fueron mejor percibidas M6(100%), M7(75%) y M8(50%). En el segundo caso, las dosis menores M12(75%), M13(50%), M14(25%) con molle fueron mas aceptadas por los degustadores.

4.2.2.1.3. Resumen de los resultados de las pruebas cualitativas de sustitución de la pimienta negra por el polvo de molle en la formulación de Chorizo ahumado y Tilapia Frita.

Luego de obtenidos los resultados de las pruebas no paramétricas por el método de Friedman, se procedió a realizar una tabulación permitiendo determinar las mejores sustituciones de aplicación del polvo de molle en dos productos. Esta valoración se establece en el cuadro 35.

Cuadro 35. Resumen de valores cualitativos (color, sabor, aroma).en chorizo ahumado y tilapia frita.

DOSIS	CHORIZO AHUMADO			TILAPIA FRITA		
	Color	Aroma	Sabor	Color	Aroma	Sabor
D1/100	81	40	34	75	59,5	39
D2/75	67	85,5	57	85	70	81,5
D3/50	81	86	40	70,5	62	88
D4/25	90	70,5	88,5	78,5	92	61,5
D5/0	54,5	90	70	72	57	62,5
D6/100	70	58,5	52	63	83	67
D7/75	108,5	102,5	113,5	71,5	100,5	103,5
D8/50	90,5	80,5	93	98,5	107,5	91,5
D9/25	99,5	71	108,5	87,5	57,5	69
D10/0	81	80,5	82,5	80,5	84,5	72,5
D11/100	88,5	66,5	53	76	98,5	92,5
D12/75	64,5	95	105,5	116	71,5	68,5
D13/50	90,5	103	112,5	75,5	80,5	108,5
D14/25	64	93,5	105,5	70	94,5	110
D15/0	69,5	77	84,5	80,5	81,5	86

Para identificar la calidad de un producto alimenticio son importantes y determinantes los atributos organolépticos del aroma y sabor. Luego de la sistematización de los

resultados se determina que la dosificación D7/75 (Semilla roja; 75% molle y 25% pimienta) y D13/50 (Semilla café; 50% molle y 50% pimienta) fueron las mejores sustituciones para elaboración de chorizo ahumado mejorando el sabor y el aroma del producto respectivamente.

En la preparación de tilapia frita sobresalieron como las mejores sustituciones de D8/50 (Semilla roja; 50% molle y 50% pimienta) y D14/25 (Semilla café; 25% molle y 75pimienta), realzando la sazón de este plato típico en aroma y sabor respectivamente.

4.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Para la determinación de la estabilidad microbiológica del polvo obtenido de la semilla de molle en el almacenamiento se procedió realizar los siguientes análisis: recuento estándar en placa, recuento de coliformes totales, recuento de E. coli, recuento de mohos y levaduras, cuyos procedimientos se detallan en el anexo 15 al tratamiento T8 por ser calificado como el mejor en las pruebas de degustación. Análisis que tuvieron la finalidad de determinar la inocuidad del producto y observar el incremento de bacterias en el lapso de 0, 20 y 40 días de su almacenamiento a la temperatura ambiente de Ibarra (17°C) y a temperatura de incubación de 30°C. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en el cuadro 36.

Cuadro 36. Análisis microbiológico del polvo de molle a temperatura de 17°C y 30°C. a 0, 20 y 40 días de almacenamiento.

		Parámetro determinado	Metodología	Unidad	Resultado T8
Temp. (17°C)	0 días	Recuento estándar en placa	NTE INEN 1529	UFC/g	0
		Recuento coliformes totales	NTE INEN 765	UFC/g	0
		Recuento E. coli		UFC/g	0
		Recuento de mohos	NTE INEN 1529	UPC/g	20
		Recuento de levaduras		UPC/g	10
	20 días	Recuento estándar en placa	NTE INEN 1529	UFC/g	0
		Recuento coliformes totales	NTE INEN 765	UFC/g	0
		Recuento E. coli		UFC/g	0
		Recuento de mohos	NTE INEN 1529	UPC/g	20
		Recuento de levaduras		UPC/g	20
	40 días	Recuento estándar en placa	NTE INEN 1529	UFC/g	0
		Recuento coliformes totales	NTE INEN 765	UFC/g	0
		Recuento E. coli		UFC/g	0
		Recuento de mohos	NTE INEN 1529	UPC/g	60
		Recuento de levaduras		UPC/g	30
20	Recuento estándar en placa	NTE INEN 1529	UFC/g	0	
	Recuento coliformes totales	NTE INEN 765	UFC/g	0	

Temp. (30°C)	días	Recuento E. coli		UFC/g	0
		Recuento de mohos	NTE INEN 1529	UPC/g	60
		Recuento de levaduras		UPC/g	20
	40 días	Recuento estándar en placa	NTE INEN 1529	UFC/g	0
		Recuento coliformes totales	NTE INEN 765	UFC/g	0
		Recuento E. coli		UFC/g	0
		Recuento de mohos	NTE INEN 1529	UPC/g	100
Recuento de levaduras		UPC/g	40		

Fuente: Laboratorio de usos múltiples de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. (Anexo 19).

En el cuadro anterior se observa los resultados microbiológicos del tratamiento T8 (semilla roja, 70°C), a temperatura de 17°C (ambiente-Ibarra) y temperatura de incubación de 30°C a los 0, 20 y 40 días de su almacenamiento, donde se identifica un desarrollo mínimo de mohos, levaduras y E. coli en la muestra referente a los rangos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4423: 5.000 a 50.000 UPC/g para mohos - levaduras y coliformes fecales entre 11 a 90 UFC/g (Anexo 17), comportamiento dado por efecto de la deshidratación de la semilla que alcanzó el 9.28% de humedad donde la actividad de agua limitó el desarrollo de mohos, levaduras y bacterias, estableciéndose que el polvo de la semilla de molle cumple con los parámetros de calidad de una especia en estado puro o en polvo.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Realizadas las discusiones de las variables evaluadas de la investigación “Determinación de los parámetros de deshidratación de la semilla de molle para la obtención de un polvo como especia natural”, se ha llegado a las siguientes conclusiones.

1. La hipótesis planteada para la primera fase, “El tiempo y la temperatura de secado en la semilla de molle influye en las propiedades físico-químicas para obtener una especia natural”, se acepta por cuanto las condiciones de tiempo y temperatura son influyentes en la obtención de esta especia natural.
2. Con las interacciones realizadas tomando en consideración la madurez fisiológica, la temperatura y el tiempo de deshidratación, se concluye que la semilla óptima es la de coloración rojo escarlata equivalente a 687,40nm determinado según la escala colorimétrica del espectro visible por el hombre. El polvo de molle óptimo para utilizarlo como especia natural manteniendo

sus propiedades físico-químicas se obtendría una vez que se lo someta a un proceso de secado por un tiempo de 200 minutos a 52°C.

3. El tiempo de secado promedio para la obtención del polvo de molle varió de acuerdo a la madurez fisiológica de la semilla, es así que la semilla verde duró 278,33 minutos, la semilla roja 248,00 minutos y la semilla café 86,92 minutos, ésta última con un peso promedio de 444,10g y una humedad final promedio 8.56% obtuvo el menor tiempo y menor pérdida de peso al final del proceso.

4. Los análisis físico-químicos establecieron la composición nutricional de los doce tratamientos como proteína, extracto etéreo, fibra, materia seca, cenizas y humedad, identificándose que el estado de madurez rojo tuvo mayor cantidad de extracto etéreo, compuesto que proporciona al molle sus características similares a la pimienta negra. Además, se obtuvo mayor cantidad de partículas con un porcentaje de 54,1 comprendidas entre un tamaño de 1.0-0.5mm requeridos para una especia en polvo. Los análisis microbiológicos y fitoquímicos complementarios garantizaron la inocuidad y no toxicidad del polvo de la semilla de molle, siendo éste apto para el consumo humano.

5. Al evaluar el rendimiento en los tres estados de madurez en la semilla de molle se determinó que el mejor tratamiento fue T12(madurez fisiológica café, 70°C) por tener un beneficio del 85,79%; luego T8(madurez fisiológica roja, 70°C) con el 42,68%; finalmente, T4(madurez fisiológica verde, 70°C)

con una utilidad del 30,71%, este comportamiento se debe a que cada estado de madurez presenta diferentes porcentajes de humedad al inicio del proceso. La rentabilidad para estos tratamientos fue de 8.74, 1.81 y 0.27 USD respectivamente, costos obtenidos al procesar 1500g de semilla en los tres estados de madurez.

6. Con relación a la segunda hipótesis “El polvo de la semilla de molle es aceptado como especia natural en la elaboración de chorizo ahumado y preparación de tilapia frita”, se acepta por cuanto para la elaboración de chorizo, el grupo de panelistas degustadores, aprobaron que se sustituya la pimienta negra por el 75% de polvo de molle y el 50% en tilapia frita.

7. Los porcentajes para la obtención de la concentración del aroma y el sabor en el chorizo y la tilapia varían con relación a la madurez fisiológica del polvo de molle. Es así que con el 75% de molle de madurez roja aumentó el sabor y aroma en el chorizo y con el 50% del polvo de la semilla café se logró un mejor aroma en este producto alimenticio. En cambio, para la preparación de tilapia frita, los resultados variaron, con la adición del 50% de molle rojo se realzó el aroma y con el 25% del polvo de la semilla café se acentuó el sabor de éste plato típico de Yahuarcocha.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

De las conclusiones planteadas en base a las variables establecidas en la presente investigación sobre la obtención de polvo de molle como especia natural, se permite sugerir las siguientes recomendaciones:

1. Para industrializar las semillas de molle y obtener calidad nutricional, características organolépticas óptimas, se recomienda un tiempo de secado de 200min. a una temperatura de 52°C para la semilla en estado de madurez roja escarlata equivalente a 687,40nanómetros determinado según la escala colorimétrica del espectro visible por el hombre para evitar la pérdida de aceites etéreos responsables del sabor picante del molle con las que se logrará obtener una especia natural de optima calidad.
2. Pese a que la semilla café obtuvo menor tiempo de secado para la obtención del polvo de molle, ésta no es recomendable para ser industrializada por cuanto en este estado se producen cambios degenerativos por la muerte del tejido tisular y sus componentes van perdiendo su calidad nutricional.

3. Se recomienda la utilización de la madurez roja en la industrialización del molle porque tiene concentrado sus azúcares, extracto etéreo, ceras, características organolépticas como color, olor y sabor las cuales permitirán remplazar a la pimienta negra en formulaciones cárnicas o condimenticias, además con ésta se obtiene la mayor cantidad de partículas con tamaños inferiores a 1 mm requeridas según la norma técnica colombiana.

4. El mayor rendimiento y rentabilidad que se obtuvo fue con la semilla en estado de madurez café debido a su contenido de humedad inicial y costos de producción. Pero por ser una semilla que no tiene las características físicas y organolépticas necesarias para ser industrializada se recomienda utilizar la semilla roja que obtuvo un rendimiento de 42,21% y una rentabilidad de 1,81 dólares.

5. La cantidad de polvo de molle recomendada para sustituir a la pimienta negra en la formulación de chorizo ahumado es de 75% y para preparar tilapia frita 50%. Se debe realizar un estudio de las dosis de reemplazo de la pimienta negra por el polvo de molle en porcentajes comprendidos del 50 a 75% en la elaboración de chorizo ahumado y 25 a 50% de sustitución en la preparación de tilapia frita con la finalidad de establecer una formulación técnica en la preparación de estos alimentos.

6. Realizar una campaña de difusión que resalten las bondades de la semilla de molle para lograr introducirla en la dieta alimenticia como un sustituto de la pimienta negra ya que al momento es un producto nuevo en la gastronomía actual.

CAPÍTULO VII: RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de determinar parámetros de deshidratación de la semilla de molle para la obtención de un polvo como especia natural la que será industrializada y se utilizará en reemplazo de la pimienta negra como ingrediente de formulaciones cárnicas y en especial en la preparación de la tilapia frita y asada plato típico de Yahuarcocha.

Este experimento se realizó en el laboratorio de FONSAI (Fondo de Salvamento del Cantón de Ibarra) ubicado en la ciudad de Ibarra en el sector de Yahuarcocha (muelle bar) como parte del proyecto de recuperación de la laguna.

Para la obtención del polvo de la semilla de molle se siguió el siguiente proceso: recolección de la materia prima, selección, preparación de la muestra, secado, enfriamiento, molienda, tamizado, envasado – etiquetado y almacenamiento; para los tres estados de madurez fisiológica de la semilla de molle verde, roja y café.

En el proceso de experimentación se requirió un diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B con tres repeticiones por tratamiento dando como resultado 12 tratamientos: factor A) madurez fisiológica y B) temperatura de secado. La investigación se dividió en dos fases:

Primera fase.- Se obtuvo el polvo de la semilla de molle.

Segunda fase.- Se aplicó los tres mejores tratamientos obtenidos en la primera fase en chorizo ahumado y tilapia frita.

Se aplicó un análisis bromatológico y granulométrico a los doce tratamientos. Además al mejor tratamiento obtenido se realizó un análisis microbiológico. Al mismo tiempo se definió costos de producción y rentabilidad a los tres mejores tratamientos obtenidos en la primera fase.

De acuerdo a los resultados obtenidos el tiempo y temperatura de secado influyen en la industrialización del polvo de molle. Siendo la semilla de coloración rojo escarlata la óptima y se la obtendría al ser sometida por un tiempo de 200 minutos a 52°C de temperatura.

En las pruebas de degustación se evaluó el color, sabor y olor donde se substituyó a la pimienta negra por el polvo de molle en un porcentaje de 75% para el chorizo ahumado y un 50% para tilapia frita.

CAPÍTULO VIII: SUMMARY

This investigation was made with the purpose of determining parameters of getting dry the seeds of molle to obtain its powder as a natural spice to be industrialized and used instead of the black pepper as an ingredient of mutton formula and especially in the preparation of fried and roasted tilapia typical dish of Yahuarcocha.

This experiment was realized in the laboratory of FONSALCI (Salvation Found of Cantón Ibarra) place in Ibarra city in Yahuarcocha (wharf bar) as part of the recovering project of the lagoon.

To obtain the powder of the seed of molle, we follow the following process: collecting the raw material, selection, preparation of the pattern, getting dry, cold, grinding, packing – etiquette and storage for the three physiological maturity states of the seeds of green, red, and brown molle.

In the experimental process was required a complete at hazard design through arrangement with factor A x B with three repetitions for each treatment giving as a result 12 treatments: factor A physiological maturity and drying temperature. The investigation was divided in two phases:

First phase: We got the powder of the seed of molle.

Second phase: We applied the three best treatments obtained of the first phase in smoky chorizo and fried tilapia.

We applied an analysis to its nutritional composition and the size of grains. Besides to the best obtained treatment we realized a bacterium analysis. At the same time we define cost in production and rent to the three best treatments obtained in the first phase.

According to the results obtained the time and drying temperature influence a way in the industrialization of the powder of molle. Being the seed of dark red color the best of all, it would be gotten when this is submitted to a time of 200 minutes to 52°C of temperature.

In the test of tasting we evaluate the color, flavor and odor where we substitute to the black pepper for the powder of molle in a percentage of 75% for the smoky sausage and a 50% for the fried tilapia.