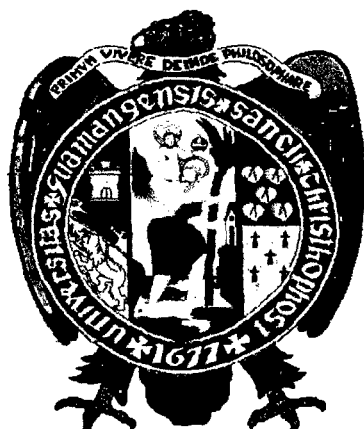


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



TESIS

**“OBTENCIÓN DE UN POLVO INSTANTÁNEO POR
ATOMIZACIÓN A PARTIR DEL EXTRACTO DE LA CÁSCARA
DE LA HABA (*Vicia faba*) TOSTADA”**

PRESENTADO POR:

Bach. MILTHON MORALES MIRANDA

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL EN:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AYACUCHO – PERÚ

2014

Tesis
AI 141
Mor

“Emprende todo lo que puedes hacer
o hayas soñado que puedas hacer.

El arrojo lleva consigo genio, fuerza y magia”.

Goethe

A mis padres y hermanos
Gracias, simplemente gracias
hoy, mañana y siempre
por apoyarme en la lucha
para alcanzar mis ideales.

AGRADECIMIENTO

A mí Alma Mater “Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga”, por haberme brindado la oportunidad de lograr mi profesión. A los docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia y en especial a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial, que me brindaron sus enseñanzas, sugerencias y su apoyo en mi paso por esta institución y un agradecimiento loable a mi asesor Ing. Velázquez Ccosi, Percy, que aparte de ser uno de los mejores docentes que he conocido, es un amigo en el cual se puede confiar.

A Dios por ser mi guía y permitirme culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres, con su tenacidad pudieron sacar a la familia adelante, a mis hermanos, a mis tíos y a su familia, que siempre se preocuparon desinteresadamente por mí en los momentos más difíciles de mi vida, siempre están ahí para recomendarnos y apoyarnos cuando más lo necesitamos.

A mis compañeros, amigos de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial que junto con ellos estamos creciendo en esta institución para poder ejercer profesionalmente de la mejor manera posible, y a todas las personas quienes contribuyeron en mi desarrollo personal y profesional.

Milthon Morales Miranda

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Pág.

1.1	Haba (<i>vicia faba</i>)	1
1.1.1	Origen e historia	1
1.1.2	Clasificación botánica	4
1.1.3	Morfología	4
1.1.4	Variedades de haba (<i>Vicia faba</i>) en la región de Ayacucho	13
1.2	Usos	13
1.3	Contenido nutricional	13
1.3.1	Factores no nutritivos	15
1.4	Taninos	17
1.4.1	Clasificación y estructura química	17
1.5	Polvo instantáneo	19
1.5.1	Humectabilidad	20
1.5.1	Dispersabilidad	21
1.5.1	Solubilidad	22
1.6	Secado por atomización	22
1.6.1	Ventajas del uso del secador	23
1.6.2	Ventajas de obtener un producto en polvo	24
1.6.3	Operaciones de secado por atomización	24

1.7	Análisis sensorial	25
1.7.1	Tipos de análisis sensorial	26
1.7.2	Atributos del producto a analizar	27

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1	Lugar de ejecución	29
2.1	Materia prima	29
2.3	Materiales	30
2.4	Métodos de análisis para caracterizar la materia prima	31
2.4.1	Determinación de la humedad	32
2.4.2	Determinación de la densidad aparente	32
2.5	Metodología para la obtención de polvo instantáneo	33
2.5.1	Operaciones para la obtención de polvo instantáneo	33
2.5.2	Descripción del proceso productivo	34
2.5.2.1	Selección y limpieza	34
2.5.2.2	Tostado	34
2.5.2.3	Enfriado	37
2.5.2.4	Molienda	38
2.5.2.5	Extracción	38
2.5.2.6	Filtración	40
2.5.2.7	Concentración	40
2.5.2.8	Secado por atomización	40

2.5.2.9 Caraterización del polvo instantáneo	42
2.6 Diseño estadístico	47

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 De la materia prima	49
3.2 Tostado	50
3.2.1 Cambio de color	55
3.2.2 Resultados del color por efecto de la temperatura	56
3.3 Molienda	59
3.4 Extracción líquido - sólido	61
3.5 Concentración	64
3.6 Atomización	64
3.7 Caracterización del polvo instantaneo	67
3.7.1 Dispersabilidad	67
3.7.2 Humectabilidad	68
3.7.3 Solubilidad	69
3.8 Análisis sensorial	70
3.8.1 Atributo sabor	70
3.8.2 Atributo color	72
3.8.3 Atributo olor	74
3.8.4 Atributo acidez	75
3.8.5 Atributo cuerpo	77
3.8.6 Atributo apariencia general	79

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Crecimiento y desarrollo de la planta de haba	3
Figura 02: Germinación del haba	4
Figura 03: Planta en estado inicial mostrando un vigoroso sistema radical	6
Figura 04: La planta presenta dos ramas basales con un crecimiento similar al del tallo principal	7
Figura 05: Planta con dos hojas en posición alterna	8
Figura 06: Componentes de una flor de haba	9
Figura 07: Vainas con una longitud de 30 y 25 cm de largo	10
Figura 08: La elongación de las vainas y el crecimiento de los granos ocurren en forma simultánea	11
Figura 09: Partes de la semilla del haba	12
Figura 10: Estructura química de las proantocianinas	18
Figura 11: Proceso de secado por atomización	23
Figura 12: Diagrama de bloques para el proceso de obtención de un producto instantáneo de la cubierta del haba tostada	33
Figura 13: Selección y limpieza de la cáscara de haba	34
Figura 14: Proceso de tostado de la cáscara de haba	35
Figura 15: Enfriado de la materia prima a T° ambiente	37
Figura 16: Equipo Ro – Tap vibratorio con una serie de 7 mallas	38
Figura 17: Equipo automatizada de extracción sólido – líquido	39
Figura 18: Extracción de los sólidos solubles de la cáscara de haba	40

Figura 19: Atomizador de discos de flujo continuo	41
Figura 20: Comportamiento del % de la pérdida de peso de la cáscara del haba con el tiempo de tostado	51
Figura 21: Cambio de volumen con el tiempo de calentamiento T°:160° C	52
Figura 22: Comportamiento de la densidad aparente de la cáscara del haba con el tiempo de tostado a una temperatura de 160°C	53
Figura 23: Cambio de volumen con el tiempo de calentamiento (10, 15, 20 minutos respectivamente) T°:170° C	53
Figura 24: Comportamiento de la densidad aparente de la cáscara del haba con el tiempo de tostado a una temperatura de 170°C	54
Figura 25: Cambio de volumen con el tiempo de calentamiento (10, 15, 20 minutos respectivamente) T°:180° C	54
Figura 26: Comportamiento de la densidad aparente de la cáscara del haba con el tiempo de tostado a una temperatura de 180°C	55
Figura 27: Color de la cáscara de haba con diferentes temperaturas de tostado (160, 170 y 180°C respectivamente)	56
Figura 28: Colorímetro Lovibond RT con las muestras previamente acondicionadas	57
Figura 29: Lectura del diagrama del colorímetro con el software Lovibond RT Colour v3, 0 de la cáscara de haba tostada y molida a diferentes temperaturas	58
Figura 30: Distribución granulométrica de partículas	61
Figura 31: Diagrama triangular – rectangular para el cálculo de una etapa de la extracción sólido – líquido	62

Figura 32: Porcentaje de producto extraído a diferentes tiempos de extracción	63
Figura 33: Polvo obtenido durante el proceso de atomización	65
Figura 34: Figura 34: Polvo instantáneo obtenido a partir de la cáscara de haba, tratamiento 160 °C	66
Figura 35: Figura 34: Polvo instantáneo obtenido a partir de la cáscara de haba, tratamiento 170 °C	66
Figura 36: Figura 34: Polvo instantáneo obtenido a partir de la cáscara de haba, tratamiento 180 °C	66
Figura 37: Diagrama validado para el proceso de obtención de un producto instantáneo de la cáscara de haba tostada.	81

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Composición química de la cáscara del haba (<i>Vicia faba</i>)	14
Tabla N° 2: Composición fisicoquímica del haba (<i>Vicia faba</i>) seca	15
Tabla N° 3: Grado de tostado	37
Tabla N°4: Determinación de la humedad	49
Tabla N° 5: Determinación de la densidad aparente	50
Tabla N° 6: Resultado del colorímetro Lovibond RT	58
Tabla N° 7: Análisis granulométrico de distribución de partículas por tamaño mediante el uso de tamiz Tyler estándar	60
Tabla N° 8: Resultado de los cálculos de la extracción sólido – líquido	61
Tabla N° 9: Resultado del secado por atomización	65
Tabla N° 10: Resultado del % dispersabilidad	67
Tabla N° 11: Resultado de la Humectabilidad	68
Tabla N° 12: Resultado de la solubilidad	69
Tabla N° 13: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo sabor	71
Tabla N° 14: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo sabor	71
Tabla N° 15: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo color	73
Tabla N° 16: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo color	73

Tabla N° 17: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo olor	74
Tabla N0 18: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo olor	75
Tabla N° 19: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo acidez	76
Tabla N° 20: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo color	77
Tabla N° 21: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo cuerpo	78
Tabla N° 22: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo cuerpo	78
Tabla N° 23: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo apariencia general	80
Tabla N° 24: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo apariencia general	80

INTRODUCCIÓN

La cáscara de haba (*Vicia faba*), es un subproducto de la semilla del haba que no tiene valor agregado, y que es un recurso natural que lo utilizan en nuestra región (zonas alto andinas) desde muchos años atrás para su consumo en una bebida conocida como el café del haba.

Actualmente este subproducto “cáscara” del haba lo encontramos en las molineras de granos en nuestra ciudad, lo utilizan para el consumo del ganado así como para animales menores (cuy, conejo, etc.). Sin embargo ciertas bondades y características de la cáscara de haba tostada hacen que los pobladores de las zonas rurales de nuestra región la puedan consumir en bebidas calientes.

El presente trabajo de investigación busca el método más adecuado para obtener un polvo instantáneo por atomización a partir de la cáscara de haba tostada, posteriormente aplicar en la industria alimentaria como un sucedáneo del café, lo que permite suponer con una orientación conveniente de su industrialización abriría un horizonte amplio y promisorio.

La importancia económica y social del haba (grano) se basa en el consumo humano. En la región de Ayacucho en el 2 012 se cosecho 4 740 hectáreas con una producción de 3 748 toneladas con un rendimiento de 791 kg/ha (ministerio de agricultura de Ayacucho). Cabe recalcar que la importancia de las cualidades del haba tostada con el objetivo de captar otros segmentos de mercado.

La composición química del haba ha sido analizada tanto en la semilla completa, como en cada una de sus partes constituyentes. El par de cotiledones posee más del 90% de las proteínas, carbohidratos, lípidos y minerales, mientras que la cáscara contiene la mayoría de la fibra (9%) glutelinas 13%, prolaminas 5% y de los taninos (73%).

RESUMEN

El haba (***Vicia faba***) es una leguminosa introducida al Perú por los colonizadores, para esta investigación se utilizó como materia prima la cáscara de haba (variedad pacay verde) para el proceso de obtención del polvo instantáneo; debido a que es una de las variedades más comerciable en la región de Ayacucho y con más porcentaje de valor nutritivo.

Para la obtención del polvo instantáneo de la cáscara de haba se siguió las siguientes operaciones unitarias: tostado (tres temperaturas de tostado: 160°C, 170°C y con 180°C con un tiempo de tostado de 20 minutos para cada uno), molienda (tamaño de partícula: 700µm), extracción sólido líquido (relación 1: 5, T_{H2O}: 90°C con un tiempo de extracción de 10, 15 y 20 minutos), concentración (10 – 12% de sólidos solubles) y el secado por atomización (temperatura del aire = 200°C, temperatura del extracto = 20°C, Presión aire = 4 kg/cm²).

Los resultados del análisis de la materia prima (la cáscara de ***Vicia faba***) tienen una humedad entre el 9,58% y el 11,68%, una densidad aparente el promedio de 159,0753g/L.

En el tostado se determinaron el % pérdida de peso final con resultados: 12,68% con una T°= 160°C de tostación, 12,95 % con una T°= 170°C de tostación, 13,19% con una T°= 180°C en 20 minutos de tostación para los tres tratamientos; el grado de tueste se midió según las unidades de L* (claridad psicométrica). Los ensayos de tostado a una temperatura de 160C° durante 20 minutos adquiere un color medio con una lectura

promedio de $L^* = 17,30$; los ensayos tostados a una temperatura de 170°C adquieren un color medio alto con una lectura promedio de $L^* = 15,00$ y las muestras tostadas a una temperatura de 180°C toman un color de oscuro con una lectura promedio de $L^* = 14,36$.

En la molienda se obtuvo el tamaño de partícula con mayor porcentaje en peso fue entre: $1000 - 1500\mu\text{m}$ que corresponde según la norma aplicada a un grado de molienda gruesa.

En la de extracción de sólidos solubles de la cáscara de haba se determinó que el tiempo óptimo de extracción (tiempo de contacto sólido – disolvente) se encuentra entre los tiempos de 20 minutos con un porcentaje promedio de producto extraído de $59,38\%$, y del tiempo de extracción de 15 minutos que obtuvo un $59,26\%$, y con el tiempo de contacto de 10 minutos con un promedio de porcentaje de producto extraído $58,60\%$.

En la concentración del extracto los resultados se encuentran entre un nivel de $10 - 12\%$ de sólidos solubles, a una temperatura entre $80 - 92^{\circ}\text{C}$ evaporándose $40 - 45\%$ de agua.

En el secado por atomización el polvo deseado con una porcentaje de humedad entre $5 - 6\%$. Se obtuvo el polvo instantáneo de la cáscara de haba tostada; de las pruebas de secado realizado se tiene un mayor rendimiento de $7,74\%$ y un mínimo de $4,30\%$.

En la caracterización del polvo instantáneo tuvieron resultados de: dispersabilidad: $72,85\%$, humectabilidad: $10 - 15$ segundos, y el índice de

insolubilidad: 0,20mL. Luego se realizaron el análisis sensorial con 20 panelistas, 3 tratamientos y 6 atributos sensoriales. Siendo el tratamiento B ($T^{\circ}= 160^{\circ}\text{C}$ de tostado, con un tiempo de 20 minutos), con mejores resultados presenta un excelente sabor, olor, acidez, cuerpo y una apariencia general; según los resultados estadísticos refleja el 95% de confiabilidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el secado adecuado por atomización del extracto de la cáscara del haba (*Vicia faba*) tostada, para la obtención de un polvo instantáneo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el tiempo y la temperatura de tostado de la cáscara del haba (*Vicia faba*).
- Evaluar el tiempo de extracción en el agotamiento de la cáscara tostada del haba.
- Determinar el tiempo de solubilización, dispersabilidad, humectabilidad que caracterizan al polvo de la cáscara de haba tostada atomizado.

CAPÍTULO I

REVISION DE LITERATURA

1.1. HABA (*Vicia faba*)

1.1.1. ORIGEN E HISTORIA

El centro originario exacto del haba (*Vicia faba*) se desconoce. Según algunos autores, es una especie nativa del Suroeste de Asia, aunque otros piensan que es del Nordeste de África, por lo que en definitiva podría decirse que procede de Oriente próximo (Goyoaga, 2 005).

El cultivo del haba es uno de los más antiguos, pues su domesticación habría ocurrido en el período Neolítico, 6 000 años a.C. Esta especie, conocida por los antiguos egipcios, griegos y romanos, era consumida seca, como grano verde y como vaina verde. Los sacerdotes tenían prohibido comerlas, e incluso mencionar su nombre.

En general, la historia de *Vicia faba* ha estado relacionada con supersticiones, prohibiciones, magia y temor. La causa, tal vez haya que

buscarla en los trastornos que puede provocar su ingestión en individuos con una alteración enzimática genética (Meletis, 2 004).

En Egipto, se había conseguido hacer germinar unas semillas del haba, procedentes de los años 2 200 a 2 400 A.C. “En Egipto y Grecia esta legumbre sufrió algunas veces fuertes aversiones debido a motivos religiosos”. Fue considerada como un alimento indigno y de ahí que no aparezca en las tumbas y frescos. Los sacerdotes no la comían y la dejaban desdeñosamente para la plebe.

Cabe pensar que esta actitud estaba relacionada con el hecho de que dicha leguminosa pueda causar la enfermedad llamada favismo. (Orellana, 1 985)

“En la época relativamente moderna los descubridores y colonizadores extendieron al nuevo Continente su cultivo. Así se cree fue introducida en América poco tiempo después del descubrimiento y se tiene la certeza que en 1 602 fue cultivada por primera vez en la costa atlántica de los Estados Unidos. ”. Los españoles introdujeron el haba al Perú durante la conquista y desde ese tiempo se cultiva en nuestro país. (Anangón, 2 006)

✓ ASPECTOS BOTÁNICOS DE INTERÉS

El Haba (*Vicia faba*) es una planta anual, de raíces profundas, penetrantes, más o menos erguida, no trepadora, a menudo sin rizomas y sin yemas de renuevos; cumple con su ciclo de vida en 6 y 12 meses y

fructificada en un solo período, pero en tres etapas continuas perfectamente diferenciadas y de acuerdo a los segmentos de la planta.

Primero florece y fructifica el primer tercio inferior, conocido como flores y vainas, seguidamente florecen y fructifica el segundo tercio, que es el más importante y significativo para la producción; en este segundo se encuentran las vainas más grandes, finalmente lo hace el tercio superior y las vainas generalmente quedan pequeñas. A veces las que florecen al último, en algunos casos son vainas.

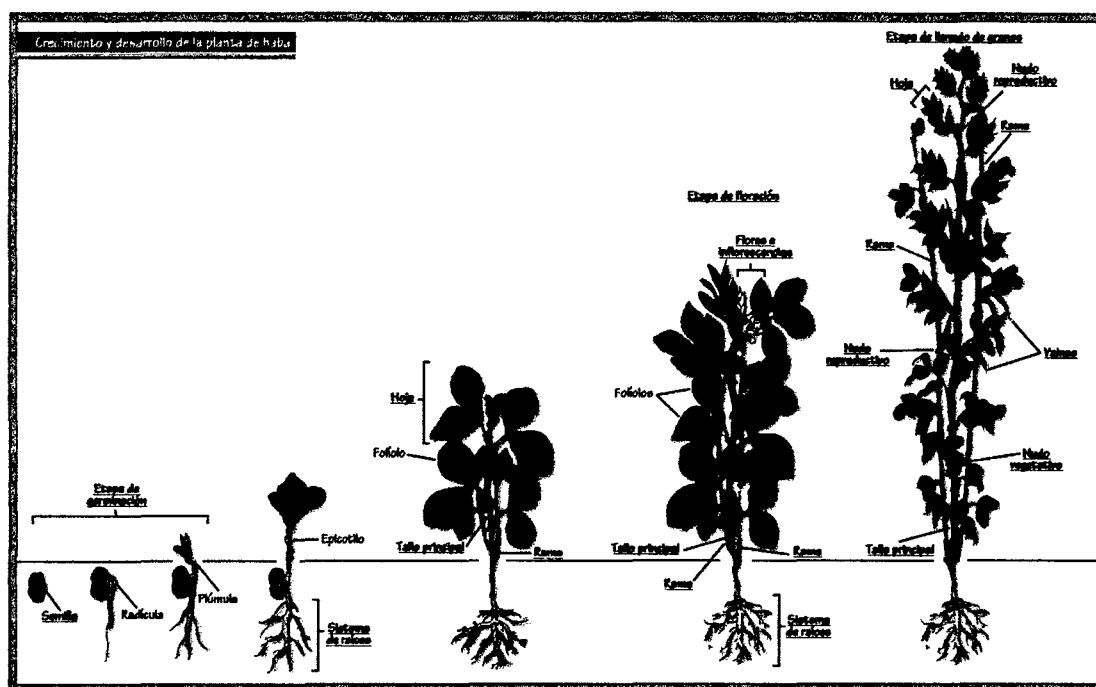


Figura 01: Crecimiento y desarrollo de la planta de haba

El Haba se adapta a climas de regiones frías, templadas y semi templadas con pluviosidad elevada, pudiendo también adaptarse a climas tropicales y subtropicales con pluviosidad elevada o limitada. (Anangonó, 2 006).

1.1.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

La clasificación botánica de la planta es la siguiente:

Reino : Vegetal

División : Fanerógamas

Subdivisión : Angiospermas

Clase : Dicotiledóneas

Orden : Rosales

Familia : Leguminosas

Género : *Vicia*

Especie : ***Vicia faba***

Nombre común: Haba

Fuente: Cerrate, 1 981

1.1.3. MORFOLOGÍA

✓ ETAPA DE GERMINACIÓN

La etapa de germinación se inicia con la imbibición de la semilla y continúa luego de unos pocos días con la aparición de la radícula.

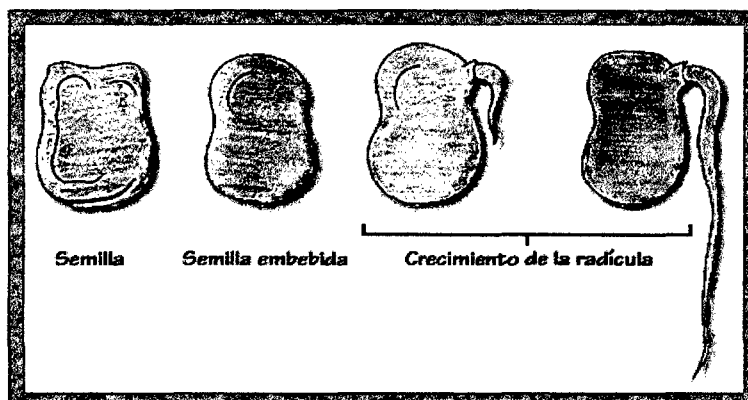


Figura 02: germinación del haba

Posteriormente, aparece la plúmula y simultáneamente se van desarrollando las primeras raíces secundarias a partir de la radícula. La germinación es hipogea, siendo la plúmula la estructura que conduce al primer par de hojas y que emerge sobre el suelo. Una vez lograda la emergencia, la plúmula da paso al primer par de hojas verdaderas; bajo ellas se ubica el epicotilo, estructura que corresponde a la porción del tallo que se desarrolla entre la semilla y la primera hoja verdadera.

Los cotiledones, en tanto, permanecen bajo el nivel del suelo, a la misma profundidad en que fue sembrada la semilla. La plántula recién emergida tiene una radícula vigorosa y presenta sus dos primeras hojas unidas en posición vertical sin desplegarse. (Anangonó, 2 006).

✓ **RAÍZ**

La radícula, desde que inicia su crecimiento, es muy vigorosa, y prontamente luego de ocurrida la emergencia de la plántula emite una gran cantidad de raíces secundarias.

El sistema radical es en definitiva bastante vigoroso, generándose largas raíces laterales muy desarrolladas, abundante y fuerte su número en función de la variedad, del tipo del suelo y de la fertilización del mismo, como en todas las leguminosas; ésta puede alcanzar hasta 1m de profundidad, pero lo normal es que su crecimiento se produzca en los primeros 50 a 60 cm del suelo. Poseen también nódulos nitrificantes se encuentran tanto en las raíces principales como en las raíces laterales. Los

nódulos son acumulaciones de nitrógeno que la planta toma del suelo y del aire. (Anangonó, 2 006).

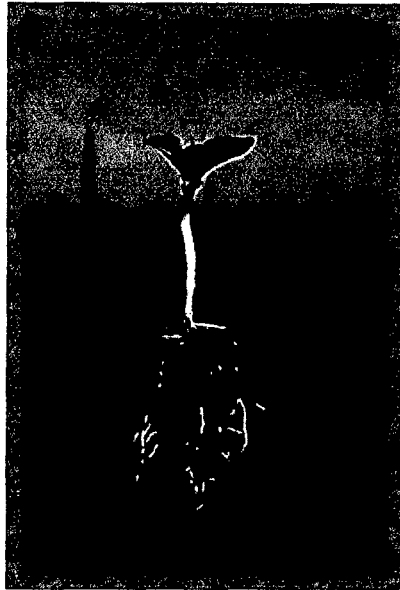


Figura 03: Planta en estado inicial mostrando un vigoroso sistema radical

✓ **TALLO**

Los tallos son erectos, robustos, huecos sin vellosidades y de sección cuadrangular; El tallo varía del color verde a color rojizo. Y pueden alcanzar hasta 2 m de altura, aunque la altura es variable, pudiendo alcanzar hasta los 180 centímetros.

La mayor parte de las ramas comienza su desarrollo tempranamente luego de ocurrida la emergencia, haciéndose visibles cuando el tallo principal presenta aproximadamente tres hojas como promedio. Las ramas basales, que son en general bastante vigorosas, alcanzan un crecimiento que en

muchos casos se asemeja al del tallo principal; las ramas básales aportan, en promedio, entre 50 y 70% del total de las vainas producidas por una planta.

Las ramas al ir adquiriendo peso, en la medida que ocurre el llenado de granos, se van apartando del eje central, hasta llegar incluso a quebrarse. Esta situación dificulta, en mayor o menor medida, la labor de cosecha de las vainas. (Anangonó, 2 006).

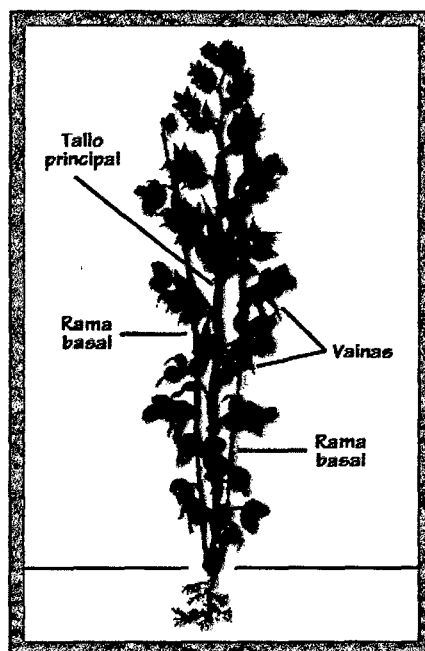


Figura 04: La planta presenta dos ramas básales con un crecimiento similar al del tallo principal.

✓ **HOJAS**

Las hojas son de color verde, lisas y cerosas, alternas, presentan en su base un par de estipulas de escaso tamaño, generalmente dentadas y

están compuestas por dos a seis folíolos ovales. Generalmente son anchas, elípticas o lineales.

Durante la etapa de llenado de granos se inicia el proceso de senescencia en las hojas básales. A partir de ese estado la senescencia de hojas continúa ocurriendo gradualmente en forma ascendente; esta situación debe atribuirse principalmente al sombreamiento que van sufriendo las hojas y en segundo término a una declinación en la actividad de las raíces, a incrementos en la temperatura. (Anangonó, 2 006).



Figura 05: Planta con dos hojas en posición alterna.

✓ FLORES

Las flores se originan en las axilas de las hojas y son de color blanco ligeramente violáceo, con manchitas negras sobre las alas, está conformada por cinco pétalos, se agrupan en racimos cortos de 2 a 12 flores. La corola es dialipétala, con cinco pétalos desiguales. La quilla ligeramente coloreada, el cáliz glabro, de color pálido en forma de tubo y

con cinco dientes. Aunque la mayor parte de los racimos produce entre tres y cinco flores, lo común es que se obtenga entre una y dos vainas por nudo. Cada planta puede llegar a producir más de 300 flores. (Anangonó, 2 006).

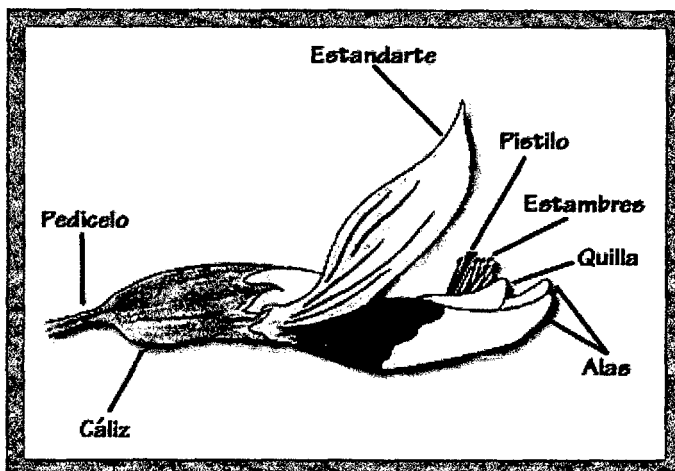


Figura 06: Componentes de una flor de haba.

✓ **VAINAS**

Las vainas son alargadas, rectas, carnosas, presentan un interior esponjoso, felpudo y de color blanco que se encuentra en disposición muy diversa y en número de uno acinco por nudo. Además es carnoso, de color verde en estado tierno. Las vainas cuando están verdes, se las encuentran tapizadas interiormente de un tejido blando de color blanquecino y de consistencia aterciopelada. No es otra cosa que un tejido esponjoso, parenquimático que encierra de dos a seis semillas grandes o comprimidas de color y tamaño diferente, de acuerdo a la variedad. La longitud de las vainas puede ir desde cinco hasta treinta centímetros; son rectas o algo curvadas, erguidas o pendientes, según la variedad. (Anangonó, 2 006).

El número de semillas por vaina, varía considerablemente según la posición que presenten las vainas en los tallos. Así, las de los nudos inferiores logran producir un mayor número de semillas que las de los nudos superiores.

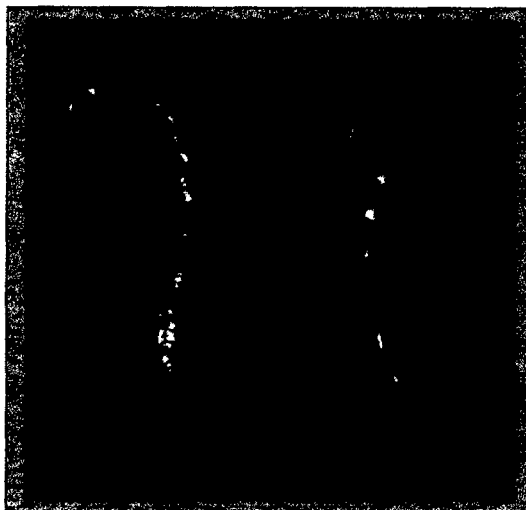


Figura 07: Vainas con una longitud de 30 y 25 cm de largo.

✓ **ETAPA DE LLENADO DE GRANOS**

En haba, a diferencia de otras leguminosas de grano, la elongación de las vainas y el crecimiento de los granos se producen en forma simultánea; los granos inmaduros van incrementando su tamaño hasta alcanzar su madurez óptima para consumo en verde con una humedad de 72 a 74% como promedio. Los granos, una vez que pasan el estado óptimo de madurez para consumo en verde, junto con comenzar un rápido descenso en su contenido de humedad, van tomando un color cada vez más opaco y menos verdoso.

El hilum, por su parte, pierde gradualmente su color verde, adquiriendo un color beige; éste se va convirtiendo en un color café cada vez más oscuro, hasta transformarse definitivamente en negro. Los granos con color café oscuro ya han perdido su calidad para ser consumidos en verde, presentándose escasamente acuosos, almidonosos y carentes de todo dulzor. (Anangonó, 2 006).

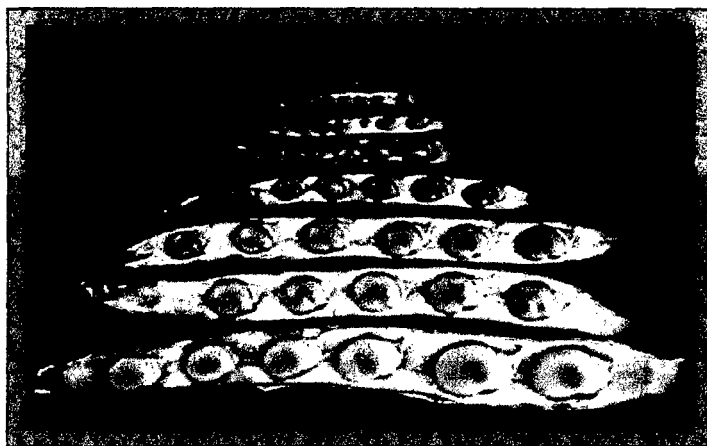


Figura 08: La elongación de las vainas y el crecimiento de los granos ocurren en forma simultánea.

✓ **SEMILLAS**

Las semillas son de forma diferente, según el grupo botánico al cual pertenecen. Así tenemos que las pequeñas son cilíndricas, las grandes son aplastadas, ovales, de superficie lisa. El grosor y longitud varía desde 0,9 a 0,2 centímetros, su longitud mayor puede llegar a cuatro centímetros. Su color varía desde los tonos oscuros hasta los claros, como el verde, rojo, pardo, amarillo – crema, blanco y grisáceo. Las envueltas seminales, que se encuentran formando la cascarilla, son capas que rodean

completamente a la semilla, la protegen de posibles agresiones del medio ambiente. El embrión consta de un eje embrionario unido a dos cotiledones. El eje embrionario está formado por dos partes íntimamente unidas entre sí: la parte que está por encima del par de cotiledones es el epicotilo y dará lugar al brote terminal de la planta formadora de las hojas, y la parte que está por debajo de los cotiledones es el hipocotilo, que al crecer por su extremo libre, denominado radícula, formará la raíz principal y creciendo por la parte que se continúa con el epicotilo desarrollará el tallo.

La proporción de cada una de las partes de la semilla de ***Vicia faba*** es la siguiente: el par de cotiledones representa el 86% del peso total de la semilla, la testa constituye el 13% y el eje embrionario el 1%. Al momento de la recolección los colores son más claros, pero, con el tiempo se vuelven parduscos, negruzcos, verdes o violetas. El número de semillas por vaina varía de 2 a 10 unidades de acuerdo a la variedad. Es muy difícil clasificar el haba por el color y tamaño. (Goyoaga, 2 005).

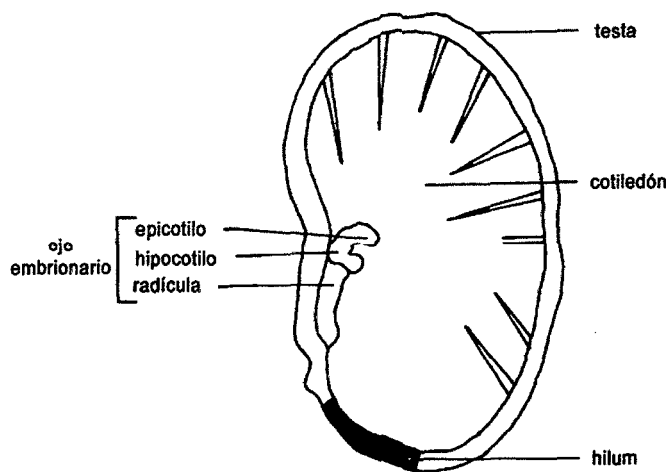


Figura 09: Partes de la semilla del haba.

✓ **FECUNDACIÓN**

La floración empieza muy pronto y solamente cuando las flores han sido todas fecundadas la planta alcanza su pleno desarrollo. Una variedad será tanto más, productiva cuando más largo sea el período de floración. La fecundación es predominante autógama, aunque hay cierto porcentaje de alogamia; este porcentaje depende del medio ambiente. (Goyoaga, 2 005).

1.1.4 VARIEDADES DE HABA (*Vicia faba*) EN LA REGIÓN DE AYACUCHO

Según la Dirección nacional de investigación de recursos genéticos – INIA, las variedades más comerciales del haba es el Pacae verde, Munay Angélica y Peruanita, siendo el pacay verde como el de mayor rendimiento (1 000 – 1 500 kg/ha, haba grano seco) y de mayor producción en la región de Ayacucho. En la última campaña agrícola (2 012 – 2 013) la producción de haba grano seco fue de 492 toneladas en la provincia de Huamanga. Y en la región Ayacucho en la campaña 2 011 – 2 012 fue de 3 748 toneladas. (DRAA, 2 013)

1.2. USOS

Una de las formas de consumirse el haba, es en estado fresco cuando el grano es inmaduro. La forma de consumirse, varia de un lugar a otro, se puede consumir la vaina completa, otros lo utilizan únicamente los granos o incluso prefieren desprender la testa de los granos inmaduros.

Otra de las formas de consumo del haba es la semilla o grano seco; se separan las cáscaras y se vende como haba descascarada o elaborar harinas. Actualmente las habas se las consume fritas, tostadas, en sopas, en confitadas, en harina, en ensaladas y en las zonas alto andinas de la sierra peruana lo preparan en una bebida especial a partir de su cáscara que es el café de haba. (Goyoaga, 2 005).

1.3. CONTENIDO NUTRICIONAL

El haba posee nutrientes que no pueden ser útiles, si antes no tienen un tratamiento térmico previo. Al preparar las habas no solo mejora el sabor sino también aumentan los nutrientes disponibles.

El haba, así como las leguminosas comprenden una buena fuente de minerales como el calcio y hierro. El aumento del consumo de legumbres en la alimentación reduce en contenido de grasa y aumenta el índice de fibras alimentarias. (Goyoaga, 2 005).

Tabla N° 1: Composición química de la cáscara del haba (*Vicia faba*).

Componente (100g)	Cáscara deshidratada	
Fibra	9	%
Glutelinas	13	%
Prolaminas	5	%
Taninos	73	%

Fuente: Goyoaga, 2 005

Tabla N° 2: Composición química del haba (*Vicia faba*) seca.

Componente (100g)	Haba seca	
	2,70	%
Ceniza	12,30	%
Humedad	27,00	%
Proteína	2,40	%
Grasas	58,50	%
Carbohidratos	1397,00	mg
potasio	88,00	mg
Calcio	447,00	mg
Fosforo	447,00	mg
Sodio	56,00	mg
Azufre	96,00	mg
Cobre	1,20	mg
Hierro	5,80	mg
Manganeso	0,24	mg
zinc	0,01	mg
Yodo	0,0016	mg
Axeroftol (vitamina A)	89,00	U.I
Riboflavina (Vitamina B1)	0,35	mg
Tianina (Vitamina B2)	0,62	mg
Acido ascórbico (vitamina c)	12,00	mg

Fuente: FAO, 2 002

1.3.1. FACTORES NO NUTRITIVOS

Dentro de las plantas destinadas a la alimentación, las leguminosas son unas de las más interesantes por su gran potencial nutritivo. Sin embargo, la utilización de sus nutrientes (proteínas, carbohidratos, minerales) se ve limitada por la presencia de una serie de compuestos de carácter no

nutritivo que obstaculizan su aprovechamiento y que producen efectos fisiológicos y bioquímicos adversos en humanos y animales, pudiendo llegar a presentar toxicidad en algunos casos. Es por ello, que a estos compuestos se les ha designado en los últimos tiempos como "factores no-nutritivos". (Bartholomai, 2 000).

Hasta ahora, se había pensado que para lograr una mejor utilización de las leguminosas, era necesario eliminar estos factores. Sin embargo, datos recientes apoyan la idea de que en la proporción adecuada pueden tener un papel beneficioso para la salud. Introducción lo que empiezan a considerarse compuestos activos capaces de ejercer un efecto biológico, ya sea en el propio intestino o fuera de él, una vez absorbidos. De hecho, se les reconoce como: prebióticos, protectores del sistema circulatorio, reductores de la presión sanguínea, reguladores de la glucemia y la colesterolemia, anti cancerígenos, mejoradores de la respuesta inmune, etc., y por ello, actualmente se les denomina "factores nutricionalmente activos". (Muzquiz, 2 004).

Estos compuestos, que no tienen una función nutricional clásicamente definida o no son considerados esenciales para la salud, pero que pueden tener un impacto significativo en el curso de alguna enfermedad, se les identifica como fotoquímicas, y las leguminosas que los contienen son consideradas alimentos funcionales, ya que proporcionan un beneficio para la salud incrementando el bienestar o disminuyendo el riesgo de enfermar (Goyoaga, 2 005).



Pueden ser proteínas (inhibidores de proteasas, inhibidores de α -amilasas, lectinas), glúcidos (α -galactósidos, vicina, convicina, saponinas), aminoácidos no proteicos (L-DOPA, β -ODAP), polifenoles (taninos condensados), alcaloides, etc., por lo que su metodología de extracción y cuantificación es muy específica.

1.4. TANINOS

Los taninos son compuestos fenólicos solubles en agua, que contienen un gran número de grupos hidroxilo y otros grupos funcionales con los que se unen a proteínas y otras macromoléculas de manera inespecífica. Los taninos condensados están presentes en las habas, y los primeros investigadores que los detectaron en estas semillas fueron Barker y Morris (1968). Posteriormente, Marquart y col. (1977) lograron su aislamiento y purificación. (Goyoaga, 2005).

Los taninos condensados son polímeros de flavan-3-oles y/o flavan-3,4-dioles y su naturaleza polimérica les hace únicos dentro de los polifenoles. En presencia de calor y medio ácido liberan antocianidinas, de ahí que también se les denomine proantocianidinas.

1.4.1. Clasificación y estructura química

Los taninos pueden clasificarse en dos categorías:

✓ Taninos hidrolizables

Son ésteres de un poliol, generalmente glucosa, y un ácido fenólico como el ácido gálico (galotaninos) o un ácido fenólico más complejo como el

ácido hexahidroxidifénico (elagitaninos). Los galotaninos se hidrolizan en presencia de ácidos, bases o enzimas, y liberan glucosa y ácido gálico, mientras que los elagitaninos liberan glucosa, ácido elágico y ácido gálico. El ácido hexahidroxidifénico de los elagitaninos sufre una lactonización para formar ácido elágico. Estos taninos se encuentran en escasa proporción en los alimentos de origen vegetal, aunque suelen estar en bayas como fresas, frambuesas o moras. (Goyoaga, 2 005).



✓ **Taninos no hidrolizables o condensados**

Los taninos condensados son polímeros de flavan-3-oles y/o flavan-3,4-dioles y su naturaleza polimérica les hace únicos dentro de los polifenoles (Figura 10). En presencia de calor y medio ácido liberan antocianidinas, de ahí que también se les denomine proantocianidinas. (Goyoaga, 2 005).

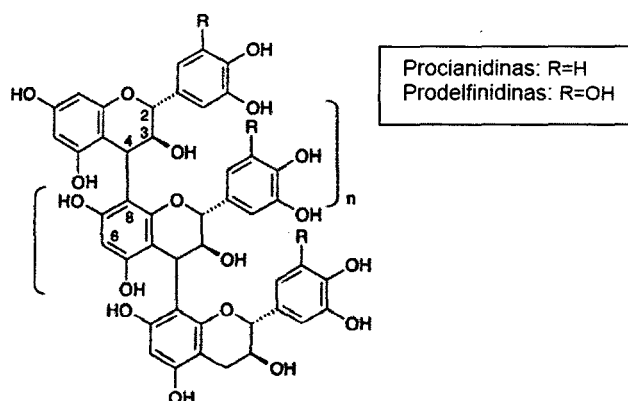
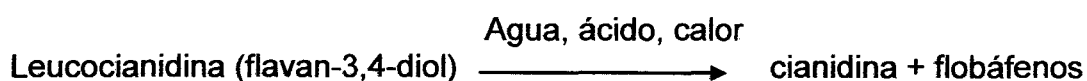


Figura10: Estructura química de las proantocianinas.

Los flavan-3-oles son conocidos como catequinas y dentro de este grupo está la catequina y la galocatequina. Los flavan-3,4-dioles pertenecen a la clase de compuestos denominados leucoantocianidinas, entre los que encontramos leucocianidina y leucodelphinidina. Mediante calentamiento en solución ácida, se libera la correspondiente antocianidina junto a unos compuestos poliméricos amorfos e insolubles denominados flobáfenos (Goyoaga, 2005).



Los taninos condensados se encuentran ampliamente distribuidos en vegetales y son más abundantes en nuestra dieta que los taninos hidrolizables. Las principales fuentes son semillas de leguminosas, frutas, té, vino tinto, cacao, cerveza, etc. (Goyoaga, 2005).

Como se menciona en el problema de investigación los taninos condensados se localizan en esta cáscara en gran proporción.

1.5. POLVO INSTANTÁNEO

Los polvos finos de muchos productos alimenticios como productos instantáneos como la leche en polvo, café instantáneo, pigmentos en polvo, etc.; son procesos que se inicia con las primeras investigaciones en las décadas 60 y 70, en la actualidad los productos en polvo instantáneo tratan de sustituir al polvo seco pulverizado obtenido mediante la deshidratación.

Los primeros trabajos de investigación para mejorar la calidad del producto referente a sus propiedades instantáneas, el resultado de estas investigaciones se ha resuelto en parte incrementar el tamaño de las partículas de café y leche en polvo (cerca de 100 micrones) mediante la recirculación de polvo fino, pero no con eficiencia deseada debido a que no se puede recircular totalmente el polvo seco a la zona de atomización. (Mendoza, 2 007)

El grado de instantaneidad de un producto en polvo, es decir su capacidad de reconstituirse casi inmediato en producto líquido cuando se le agrega agua, depende de diversas propiedades, tales como: humectabilidad (tiempo de humectación), solubilidad y dispersabilidad. Las dos primeras propiedades influyen en esta última, por lo que la dispersabilidad como se define y se determina posiblemente sea el mejor criterio para evaluar en forma global las características de instantaneidad de un producto en polvo. (INN, 2 008)

1.5.1. HUMECTABILIDAD

Esta es la capacidad de la partícula del polvo para adsorber agua en su superficie. Es una propiedad funcional en los polvos y se ve afectada en el proceso secado, la cantidad de humectable disponible o la superficie de las partículas. El tiempo, expresado en segundos, que se requiere para que todas las partículas de una porción de un polvo instantánea se humedezcan cuando se colocan sobre la superficie del agua.

La humectabilidad se determina, en forma aproximada, inversamente proporcional a la dispersabilidad, estas relaciones son aproximadas ya que es difícil medir la humectabilidad con exactitud, y otras propiedades pueden tener un efecto significativo en el tiempo de humectación y en la dispersabilidad. Sin embargo, la determinación de la humectabilidad se realiza de manera rápida, y proporciona una indicación útil del grado de instantaneidad de un en polvo.

1.5.2. DISPERSABILIDAD

Otra propiedad importante del polvo instantáneo es la capacidad de dispersar en agua con una agitación suave. Esto significa que el polvo debe reducirse a aglomerados los cuales, a su vez, se reducirán a partículas primarias sueltas.

Esta es la capacidad de un polvo de ser distribuido a lo largo de agua sin formación de grumos. Es una propiedad funcional de los polvos, los factores que afectan a esta propiedad son la ausencia razonable de partículas con un tamaño superior a 250 micrones. La cantidad de muestra que puede ser dispersada en agua, es expresada como porcentaje en masa.

Para obtener una buena dispersibilidad de un polvo es necesario que el polvo sea humectable y que la aglomeración sea óptima, es decir no deben existir partículas finas de polvo.

1.5.3. SOLUBILIDAD

Esta es la velocidad de disolución o la solubilidad total. La ausencia de lunares y rápido hinchamiento de las partículas son factores que afectan a la solubilidad. El índice de insolubilidad nos indica el volumen en mililitros de sedimento (residuo insoluble) que se obtiene cuando un producto sólido es reconstituido con agua. Los productos en polvos son reconstituidos de acuerdo a su contenido de agua original en base a los sólidos totales contenidos en el extracto.

Los polvos con bajos contenidos de humedad presentaron menores índices de partículas insolubles, así mismo las muestras con altos contenidos de humedad presentaron mayores índices de insolubilidad.

1.6. SECADO POR ATOMIZACIÓN

El secado por atomización es una de las técnicas ampliamente utilizadas para secar soluciones, suspensiones o pasta con el objeto de eliminar el contenido de agua y obtener un polvo seco con humedades que varían entre 3 a 5 % según las normas técnicas para cada tipo de polvo seco.

Los sectores que más utilizan son esta técnica son: industria de alimentos, farmacéutica, química y otros sectores. El secado por atomización se caracteriza por el cambio de propiedades de las gotas durante el proceso de secado. Hasta la actualidad, el secado por atomización por lo general se maneja como un proceso de “caja negra” en razón a que los fenómenos que se lleva a cabo a micro escala no se toman en cuenta debido al

fenómeno complejo que se presenta durante la interacción entre la gota y la agente secante, lo significa que la relación que existe entre las condiciones de procesos, propiedades de los fluidos y las características del producto final (polvo), muy raramente se puede predecir. Esto conduce a una prueba de error de manejo empírico o semiempírico para cada tipo de secador, para cada producto a secar y para cada distribución del equipo. (Mendoza, 2 007).

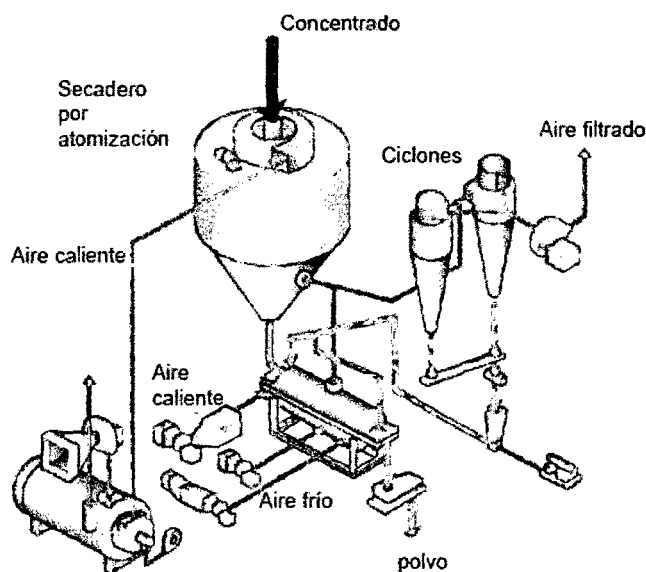


Figura 11: Proceso de secado por atomización.

1.6.1. VENTAJAS DEL USO DEL SECADOR:

A pesar de ciertos problemas que puede ofrecer esta técnica de secado, sin embargo, podemos señalar algunas ventajas comparativas frente a otras técnicas de secado como es secado por tambor.

- Tiempo de secado muy breve de un par segundo (3 a 6 segundos) según sea el caso.

- No degrada las propiedades físicas y lábiles de la solución a secar debido al tiempo de exposición al calor muy breve.
- El secador de acuerdo a modo de operación puede tratar la alimentación en forma continua.
- La operación del equipo es sencilla y lo que único se requiere es controlar la temperatura de salida del producto que no debe estar por debajo de los 90 ° C, de lo contrario el producto sale con humedad y por encima de los límites permisibles, lo que puede casar la impregnación del polvo húmedo en las paredes del secador.

1.6.2. VENTAJA DE OBTENER PRODUCTO EN POLVO

- Facilidad de manipuleo
- El producto seco se preserva por tiempo prolongado por la poca actividad del agua.
- Facilidad del empaque
- Facilidad de otros procesos

1.6.3. OPERACIONES DE SECADO POR ATOMIZACIÓN

En el secador por atomización fundamentalmente se involucra tres procesos unitarios:

- Atomización del líquido a través de los dispositivos llamados toberas.
- Mezclado de gas – gotas.
- Secado de gotas de líquido.

La atomización se lleva a cabo por uno de los tres dispositivos que se enumera a continuación:

1. Tobera de alta presión
2. Tobera de dos fluidos y
3. Discos centrífugos de alta velocidad

Con esos atomizadores, las soluciones diluidas pueden dispersar en gotas tan pequeñas como de 2 μm . las gotas más grandes raramente exceden en tamaño los 500 μm (malla 35). Debido a la superficie total de secado muy grande y la formación de gotas tan pequeñas hace que el tiempo de secado actual de secador por atomización se mide en pocos segundos.

1.7. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial es una disciplina científica usada para describir, medir, analizar e interpretar aquellas características de los alimentos, que son percibidas por los sentidos como son: vista, olfato, gusto, tacto y oído.

La mayoría de empresas lo utilizan como una herramienta clave para: el control y aseguramiento de la calidad, el desarrollo de nuevos productos o marcas, el mejoramiento de productos o marcas ya existentes, clasificación, entrenamiento de paneles, estudios de mercado. Este es un proceso integrado del sistema sensorial del cuerpo (cerebro y sistema nervioso) para medir y evaluar los atributos del producto. (Cañas, 2 008).

1.7.1. TIPOS DE ANÁLISIS SENSORIAL

✓ ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). Es el más completo. Para la primera etapa tratamos de describir cada olor y sabor. Es un proceso mental de estímulos- respuesta. Mientras que la segunda se refiere en la medición de cada atributo. Para este caso debemos hacerlo de manera consiente utilizando escalas determinadas. (Cañas, 2 008).

✓ ANÁLISIS DISCRIMINATIVO

Es utilizado para comprobar si existen diferencias entre productos y la interrogante para evaluador es cuanto difiere el producto con relación a un control, pero no sus propiedades o atributos. Se hace un juicio global. Por ejemplo, ante una muestra A Y una B, se pregunta cuál es la más dulce, o ante A, B y C, donde dos son iguales y una tercera es diferente, cual es distinta. (Cañas, 2 008).

✓ TEST DEL CONSUMIDOR

También llamado test hedónico (placentero), en este caso se hace la pregunta si le agrada o no el producto. El consumidor debe actuar como tal, lo que se requiere, según la circunstancia, es que sea consumidor habitual del producto que esta evaluando. Tienen que decir si son distintos, si no difieren, si son dulces, si son amargos. (Cañas, 2 008).

1.7.2. ATRIBUTOS DEL PRODUCTO A ANALIZAR

✓ OLOR

A través del sentido del olfato, se identifica cada característica distintiva en los componentes del olor del café. Durante la respiración normal, el aire no alcanza a los receptores olfativos ubicados dentro de la memoria nasal, es por ello que se debe aspirar profundamente y sorber vigorosamente para permitir que la mayor cantidad de aire sea introducida en el área olfativa. (Café Perú, 2 008).

✓ SABOR

Se refiere al gusto y está compuesto por los elementos del producto molido disuelto en agua que han sido extraídos durante el proceso de preparación de la bebida; estos componentes incluyen minerales, aceites y ácidos comúnmente encontrados en vegetales, frutas y semillas secas. Estos componentes junto con las sensaciones básicas de sabor: ácido, dulce, salado y amargo, forman el sabor. Es necesario que el catador desarrolle agudeza en la identificación y descripción del sabor de la bebida tanto en sus componentes positivos como negativos. (Café Perú, 2 008).

✓ LA ACIDEZ

La Acidez a menudo se describe como brillante cuando es favorable o "agria" cuando es desfavorable. En su mejor forma, la acidez contribuye a una vivacidad, al dulzor, y al carácter de fruta fresca y casi es experimentado inmediatamente y es evaluado cuando apenas el café es

sorbido en la boca. La cuenta final marcada en la escala horizontal debe reflejar la preferencia esperada del sabor ácido basada en características de origen y/o otros factores (el grado de tostado, el destino final, etc.). (Café Perú, 2 008).

✓ **EL CUERPO**

La calidad del Cuerpo se basa sobre la sensación táctil del líquido en la boca, especialmente como es percibido entre la lengua y el paladar. La mayoría de las muestras con cuerpo pesado pueden recibir una cuenta alta en términos de la calidad debido a la presencia de coloides (de infusión). Sin embargo; algunas muestras con el cuerpo más ligero pueden dar también una sensación agradable en la boca. (Café Perú, 2 008).

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La obtención del polvo instantáneo a partir de cáscara de haba tostada, se desarrolló en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, entre los meses de abril a agosto del 2 014.

2.2 MATERIA PRIMA

En esta investigación se utilizó el haba (***vicia faba***) de variedad Pacae verde. Debido a que es una de las variedades más comerciable en la región de Ayacucho y con más porcentaje de valor nutritivo y no nutritivo. La materia prima que se usó para el proceso de obtención del polvo instantáneo, fue la cáscara de haba. Este subproducto se obtuvo de la molinera (EMPA S.R.L) de granos andinos en la ciudad de Ayacucho.

2.3 MATERIALES Y EQUIPOS

En el proceso de obtención del polvo instantáneo se utilizaron los siguientes materiales:

MATERIALES

- 01 probeta graduada de 250mL.
- 02 vasos de precipitado de 500mL y un vaso de 100mL.
- 01 matraz de 500 mL.
- 01 recipiente de plástico de 1L y dos recipientes de 2,5L.
- 01 embudo de vidrio.
- 01 soporte universal.
- 01 agitador de vidrio.
- 01 luna de reloj de vidrio.
- 01 termómetro 0-100°C.
- 01 medio filtrante (filtro tela).
- 02 Piscetas con agua destilada
- 02 cronómetros al 0.1s.
- 02 espátulas.
- 10 tubos de ensayos.
- 01 gradilla para tubo de ensayo.
- 01 juego de coladores
- 01 mortero.
- 03 placas petri.

EQUIPOS

- 01 tostador cilíndrico (capacidad 3L).
- 01 equipo automatizado de extracción líquido sólido
- 01 cámara de secado por atomización.
- 01 Molino de discos.
- 01 juego de tamices estandarizados.
- 01 espectrofotómetro
- 01 refractómetro.
- 01 tanque con sistema de agitación.
- 01 agitador magnético
- 01 balanza analítica (sensibilidad +/- 0.1g).
- 01 compresora de aire.
- 01 cocina eléctrica.
- 01 estufa.
- 01 cocina eléctrica.
- 01 centrifuga.
- 01 colorímetro Lovibond RT Colour v3, 0.
- 01 calentador – agitador (thermolyne).

2.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA CARACTERIZAR LA MATERIA PRIMA

Se realiza los siguientes análisis:

2.4.1 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

PROCEDIMIENTO

- Preparamos las muestras para el análisis por reducción de tamaño haciendo uso de un mortero.
- Se Pesa entre 2,5 a 3,0 gramos de muestra en placas petri completamente limpias y secas. Masa inicial: Peso de la muestra.
- Introducimos el conjunto en la estufa y regular la temperatura de 90 °C a 105 °C por un tiempo de 3 horas, hasta obtener peso constante.
- Retiramos las placas con las muestra secas, colocarlas en el desecador para que se enfríe.

CÁLCULOS

$$\%Humedad = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{peso}_{\text{inicial}}} \times 100$$

2.4.2 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE

PROCEDIMIENTO

- Preparamos las muestras tomando en cuenta el aspecto físico, ya que la cáscara de haba deshidratada tiene una forma irregular.
- Se Pesa 50 gramos de muestra y lo introducimos en probetas de 100mL completamente limpias y secas.
- Seguidamente se verifico el volumen ocupado por la materia en las probetas.

CÁLCULOS

$$Densidad_{\text{aparente}}(g / L) = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \times 100$$

2.5 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL POLVO INSTANTÁNEO

2.5.1 OPERACIONES PARA LA OBTENCIÓN DEL POLVO INSTANTÁNEO POR ATOMIZACIÓN A PARTIR DEL EXTRACTO DE LA CÁSCARA DE HABA

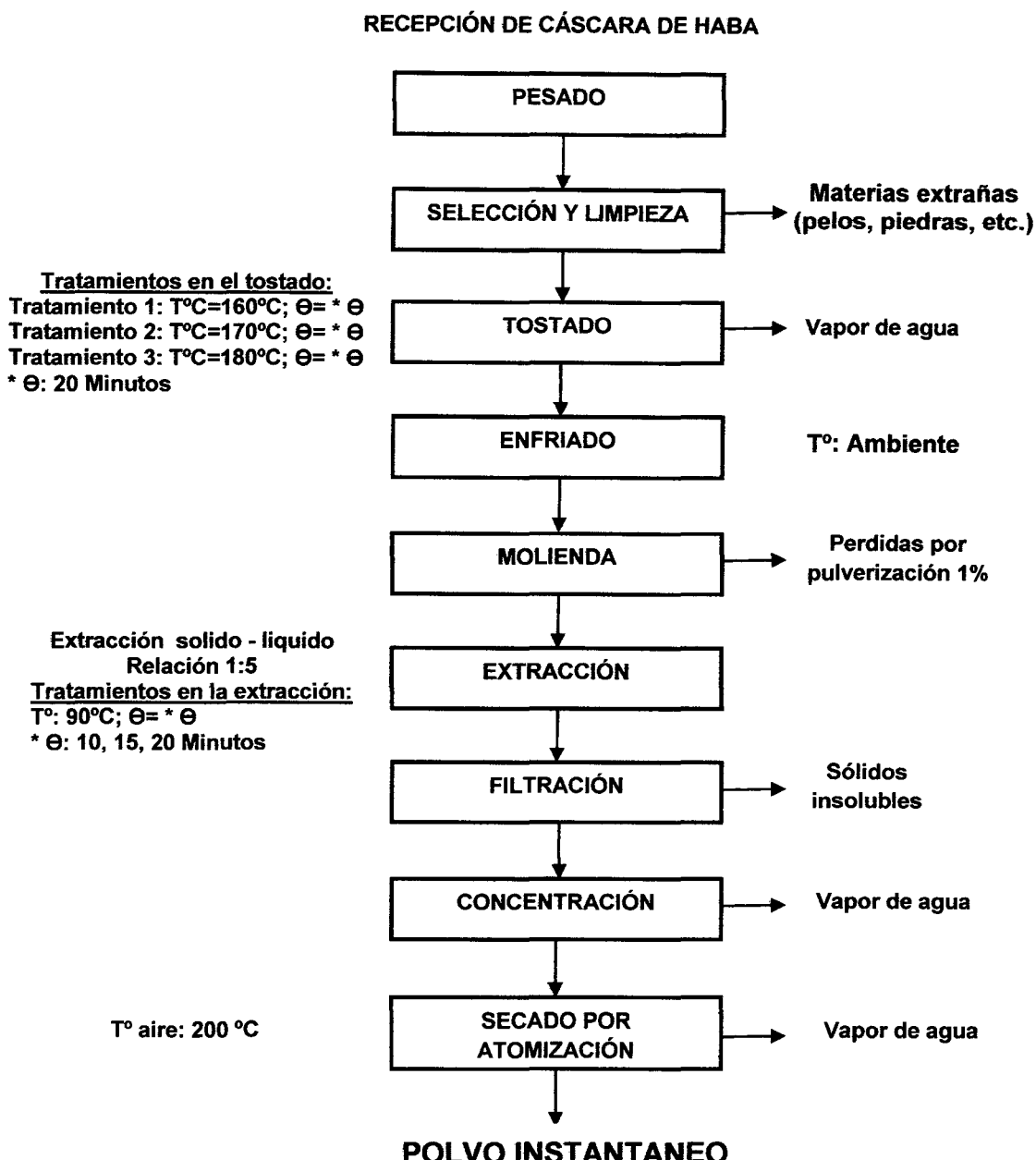


Figura 12: Diagrama de bloques para la obtención del polvo instantáneo del extracto de la cascara del haba tostada.

2.5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

2.5.2.1 SELECCIÓN Y LIMPIEZA

En este proceso se eliminó materia extrañas como el polvo, pelos piedras, pluma, pajas, etc. Esta operación se realizó de forma mecánica, se elimina materia extraña según su densidad.



Figura 13: Selección y limpieza de la cáscara de haba.

2.5.2.2 TOSTADO

En esta operación se realizaron ensayos preliminares con el objetivo de verificar los tiempos de tostado. Para ello las temperaturas fueron 160, 170 y 180°C y tiempos de 10, 15 y 20 minutos, el criterio de selección del tiempo adecuado fue la humedad final alcanzada. Que nos permite desarrollar el aroma de la cáscara por efecto de la temperatura, para el control efectivo de la operación se realizó en el tostador rotatorio diseñado y construido para la presente investigación.

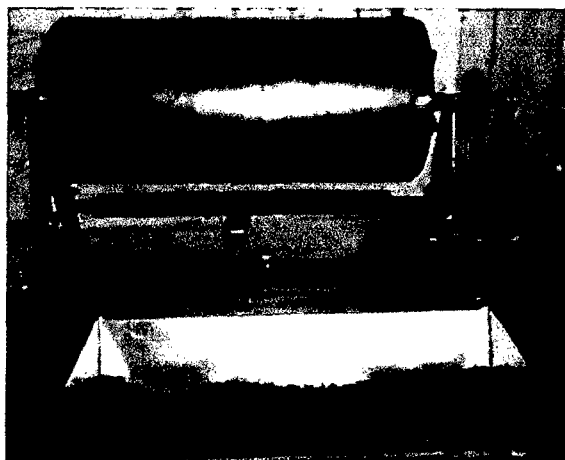


Figura 14: Equipo tostador rotatorio.

✓ **Determinación del grado de tueste**

La medición del color es un indicador del grado de tostado de la muestra y permite establecer cualitativa y cuantitativamente, las características de la cáscara de haba tostada analizada. Para la medición de color se utiliza un equipo denominado colorímetro que hace incidir un rayo de luz sobre una muestra de la cáscara de haba tostada y mide un parámetro físico que en la mayoría de los casos es el porcentaje de luz reflejado, denominado reflectancia espectral relativa. Utilizando las muestras previamente molidas y después de realizar la correspondiente reducción de tamaño.

El ensayo se realizó tomando como referencia la NTC 2 442: Café tostado y/o molido. Este ensayo tiene como fin determinar el grado de tueste en café tostado y/o molido mediante mediciones colorimétricas.

El principio consiste en incidir un rayo de luz sobre la muestra (en el rango de luz visible o infrarrojo cercano). En estas condiciones la muestra

absorbe cierta cantidad de energía y la cantidad de energía reflejada se cuantifica. Colorímetro con capacidad de medir directamente la componente L^* (coordenada de luminosidad de la escala CIELuv), el espacio CIELuv viene determinado por la respuesta tridimensional en coordenadas rectangulares de las cantidades de claridad psicométrica " L^* " y cromaticidad u^* , v^* ; con configuración geométrica $0^\circ/45^\circ$ e iluminante/observador C/2° y área de medición de 5,08 cm de diámetro.

En la actualidad dos espacios cromáticos completan la serie de recomendaciones de la CIE (Comisión Internacional de Iluminación), 1978: el espacio CIELAB y el espacio CIELUV donde las diferencias no son significativas en orden a la caracterización cromática de los objetos. (Universidad de Sevilla. 2 012.)

✓ **Preparación de la muestra de ensayo especificado por la NTC 2442**

Para el café tostado en grano se toman aproximadamente 150 g, se purga el molino y se muele la muestra en un grado de molienda medio con un diámetro promedio de partícula alrededor de 600 μm . Si es café tostado y molido se pesa directamente los 150 g.

✓ **Procedimiento especificado por la NTC 2442**

La fracción de muestra tamizada bajo el tamiz estándar US N° 20 (850 μm) se distribuye uniformemente en el portamuestras del equipo, se enrasa sin compactar y se toma la lectura según las instrucciones de manejo del

fabricante del colorímetro. El resultado se expresa en unidades de L* (claridad psicométrica).

Tabla N° 3: Grado de tostado

Color	L*
Muy oscuro	13,00
Oscuro	14,43
Medio alto	15,83
Medio	17,22
Medio ligero	18,66
Ligero (claro)	21,24
Muy ligero	29,32

Fuente: NTC, 2004

2.5.2.3 ENFRIADO

El enfriado fue rápido con la finalidad de detener rápidamente la pirolisis evitar pérdidas de calidad sensorial de las cáscaras. Se realizara al aire libre hasta alcanzar la temperatura del ambiente.



Figura 15: Enfriado de la materia prima a T° ambiente.

2.5.2.4 MOLIENDA

Se realizo con un molino de discos, hasta una reducción de partículas de 1 - 1,5 mm de diámetro y se cuidó que los finos estén presentes en menor proporción, porque los finos en la extracción forman un lodo y dificultan la separación de los sólidos solubles.

Después realizado la molienda se procedió al análisis granulométrico de distribución de partículas por tamaño mediante el uso de tamiz Tyler estándar. En el análisis granulométrico se utilizó un Ro – Tap vibratorio con una serie de 7 mallas. La apertura del tamaño de las mallas son 4 000, 2 500, 1 500, 1 000, 250 y 125 μm .



Figura 16: Equipo Ro – Tap vibratorio con una serie de 7 mallas.

2.5.2.5 EXTRACCIÓN

Extracción de los sólidos solubles de la cubierta del haba tostada molida, se realizó en el equipo automatizada de extracción sólido - líquido, donde se cargara la cáscara del haba tostada y molida graduando la alimentación,

se inyectara agua a un caudal constante y a T° de ebullición durante 10, 15 y 20 minutos (tiempo de contacto entre el sólido y el solvente en una relación de 1: 5 respectivamente). A continuación se indican los servicios necesarios para el funcionamiento de la planta piloto automatizada de extracción sólido/líquido SLA/EV en versión manual:

Alimentación del tornillo sin fin (T2)	: 10% (1,5 rpm)
Velocidad de rotación del tornillo sin fin (T1)	: 10% (1,0rpm)
Caudal del solvente (G1)	: 35% (3L/h)
Presión de aire comprimido	: 6 bares.

La evaluación de la planta piloto automatizada de extracción sólido/líquido SLA/EV en versión manual se muestra en el anexo 07. Se evaluaron parámetros como la alimentación del tornillo sin fin (T2), velocidad de rotación (T1), tal como se muestra en la figura 17.

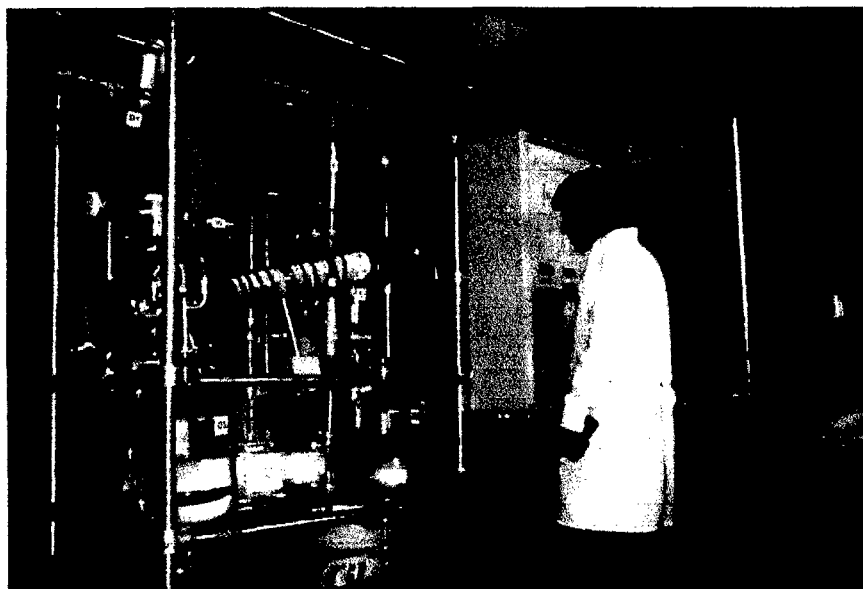


Figura 17: Equipo automatizado de extracción sólido – líquido.

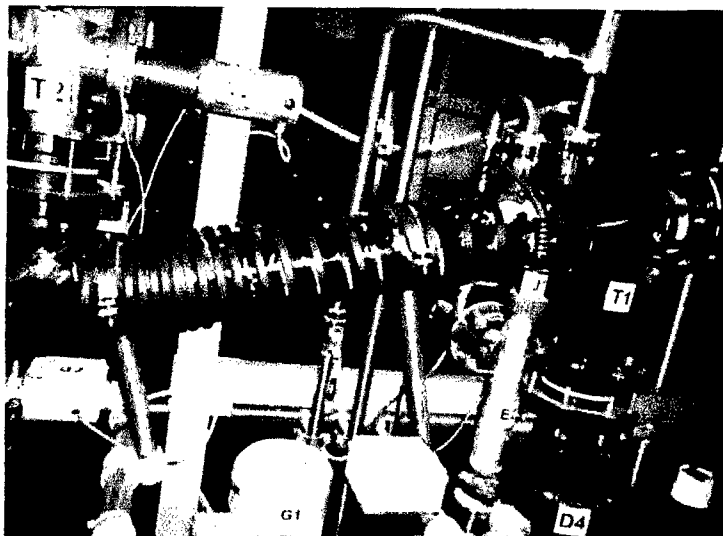


Figura 18: Extracción de los sólidos solubles de la cáscara de haba.

2.5.2.6 FILTRACIÓN

La filtración se realiza con la finalidad de separar partículas insolubles que pueda contener el extracto, el equipo a utilizar será un filtro por gravedad.

2.5.2.7 CONCENTRACIÓN

La concentración del extracto acuoso extraído se realizó en un tanque concentrador hasta llegar a un 10 – 12% de sólidos solubles, controlando una temperatura entre 80 – 95°C; evaporándose 40 – 45% de agua.

2.5.2.8 SECADO POR ATOMIZACIÓN

Se utilizó un equipo de secado por atomización para secar el extracto acuoso de la cáscara del haba tostada. El secado por atomización se realizó con aire caliente. Con el objetivo de eliminar el contenido de agua y obtener un polvo seco con humedades que varían entre 5 - 8 % según las normas técnicas para cada tipo de polvo seco.

La temperatura de salida del aire se ajusta a la temperatura de 100°C que se puede mantener constante por medio de la velocidad de alimentación. El atomizador se colocó en posición de operación, introduciendo en el cilindro hueco en la parte superior de la cámara donde se debe descansar en una empaquetadura de jebes. Luego se conectó la manguera al niple de aire comprimido que viene de la parte posterior del instrumento; y en la parte superior del atomizador y la alimentación se conectó el tubo de alimentación.

Los parámetros de secado en el atomizador fueron:

- Temperatura del extracto : 20°C.
- Temperatura inicial de secado : 200°C.
- Temperatura final de secado : 100°C
- Presión aire : 4 kg/cm²
- Caudal del extracto : 25 mL/min.

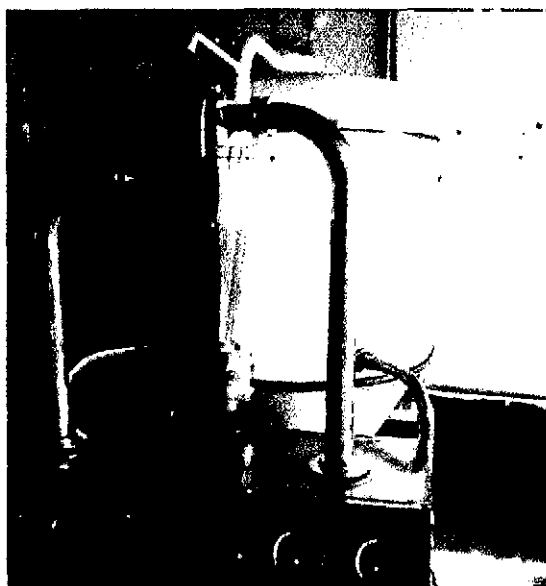


Figura 19: Atomizador de discos de flujo continuo.

2.5.2.9 CARACTERIZACIÓN DEL POLVO INSTANTÁNEO

Al polvo obtenido se realizaron las siguientes caracterizaciones:

A) DETERMINACIÓN DE LA DISPERSABILIDAD.

Se tomo una porción de ensayo de contenido de humedad conocido, se esparció uniformemente sobre la superficie del agua a 25°C; la mezcla se agito manualmente durante un tiempo corto, se filtra en un tamiz y se determinó el contenido de sólidos totales del líquido recolectado. La dispersabilidad se calculó a partir de la masa de la porción de ensayo y de los valores del contenido de humedad y de sólidos totales.

Contenido de humedad de la muestra

Se determinó, el contenido de humedad de la muestra, con una precisión en fracción de masa de 0,01%, los valores individuales obtenidos con una precisión en fracción de masa como contenido de humedad (H).

Método:

Acondicionamiento: Antes de efectuar los ensayos de humectabilidad se acondiciono la muestra para ensayo, durante 48 h, a la temperatura del laboratorio, 20°C a 25°C.

Reactivos:

Agua destilada o de pureza equivalente.

Materiales:

- Envase de cierre hermético
- Balanza con sensibilidad mayor o igual que 0,1 g.

- Termómetro
- Vaso de precipitado con pico de 600 ml.
- Pincel.
- Espátula.
- Cronómetro
- Tamiz para ensayo, de abertura nominal de 150 μm , provisto de un Receptáculo.
- Matraz cónico con tapón, con capacidad de 250 ml.
- Embudo de vidrio.

Procedimiento

- Se mezcla la muestra previamente acondicionada, mediante inversión y rotación muy suave del envase, repetidas veces, y pesar la porción indicada.
- Se peso 26 g de muestra.
- Pesamos 250 g de agua a 25°C en el vaso de precipitado limpio y seco.
- Se vació toda la porción de ensayo en el vaso.
- Se puso en marcha el cronómetro y luego de transcurridos exactamente 60 segundos, sostenemos inmediatamente el vaso desde que el cronómetro indico 75 segundos, introducimos la espátula a lo largo de la pared interna del vaso hasta que toque el fondo. Durante los próximos 5 segundos se agito el contenido del vaso con la espátula,

haciendo un movimiento completo de agitación por segundo. Se agito de la misma forma sin interrupción durante 15 segundos adicionales.

- Después de completar la agitación, dejamos en reposo el contenido del vaso durante 30 segundos, y luego, sin agitar el sedimento, vaciamos rápidamente el líquido hasta la marca de 150 ml, distribuyéndolo, uniformemente sobre el tamiz bajo el cual se ha colocado el receptáculo limpio y seco.
- Exactamente después de 30 s de haber comenzado el tamizado, transferimos el contenido del receptáculo al matraz cónico mediante el embudo, y tapamos el matraz.
- Se mezcla cuidadosamente el líquido en el matraz, invirtiéndolo repetidas veces. Obtuvimos los valores individuales del contenido de sólidos totales del líquido.

Cálculo de la dispersabilidad

$$D = \frac{S \times 962}{100 - (H + S)}$$

Donde:

D = Valor de la dispersabilidad, expresado en porcentaje (%)

S = Contenido de sólidos totales del líquido, expresado en porcentaje (%) en fracción de masa.

H = Contenido de humedad de la muestra ensayo acondicionada expresado en % e n fracción de masa.

B) DETERMINACIÓN HUMECTABILIDAD

Se esparció uniformemente una porción de muestra para ensayo sobre la superficie del agua a 25°C usando los mismos materiales y técnica que se indicó en la determinación de la dispersabilidad. Se mide el tiempo que se requiere para que todas las partículas de la muestra se humedezcan y cualquier residuo sobre la superficie del agua tome una apariencia típicamente húmeda.

Procedimiento

- Se mezcló la muestra para ensayo mediante inversión y rotación cuidadosa del envase, varias veces, y se peso en la balanza de 0,1 g de polvo instantáneo.
- Se peso 100 g de agua a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en un vaso de precipitado limpio y seco, teniendo cuidado de que las paredes internas del vaso sobre el nivel de agua permanezcan secas.
- Se colocó el vaso sobre la base del soporte.
- Se vació toda la porción de ensayo en el vaso.
- Se pone en marcha el cronómetro.
- Inmediatamente, pero con suavidad, se dejó en reposo. Tan pronto como se humedecieron todas las partículas de la porción de ensayo, hasta que cualquier residuo sobre la superficie del agua tome una apariencia típicamente húmeda, se detuvo el cronómetro y registramos el tiempo, en segundos.

Cálculo de la humectabilidad

$$t_h = t$$

Donde:

t_h = Valor individual para el tiempo de humectación, expresado en segundos.

t = tiempo registrado, expresado en segundos (s).

C) DETERMINACIÓN DE LA SOLUBILIDAD.

Es evidente que no todos los componentes de un polvo son solubles al reconstituirse en agua. Con los secadores modernos la cantidad es muy pequeña, y se aproxima a una solubilidad del 100%. No obstante, todavía se producen polvos de baja solubilidad, y cualquier secador manejado incorrectamente puede producir así un polvo de baja solubilidad.

El método para medir la solubilidad es bien definido:

Procedimiento

Se mezclaron 10 g de polvo (o una cantidad equivalente de concentrado dependiendo del contenido en sólidos) con 100 ml de agua de aprox. 24°C en un vaso mezcladora alta velocidad durante 90 segundos.

- El polvo se dejó durante 15 min. después de lo cual se agitó con una espátula.
- Se transfiere 50 ml de la solución en un vaso centrífugo de 50 ml con fondo cónico calibrado. El vaso se coloca en una centrífuga durante 5

minutos, el líquido libre de sedimento es extraído, se nivela con agua (para facilitar la lectura) y se agita el contenido.

- El vaso se coloca nuevamente en la centrifuga durante 5 minutos, y finalmente se registra el volumen de sedimento.

El volumen del sedimento es expresado en ml y se llama el Índice de Insolubilidad. Normalmente es inferior a 0,2 ml para un polvo producido partiendo de un polvo de buena calidad y secado en modernos evaporadores y secadores del más reciente diseño.

2.6 DISEÑO ESTADÍSTICO

Se empleo un diseño bloque completo al azar; con 20 panelistas, 3 muestras y 6 atributos para análisis sensorial.

El diseño bloque completo al azar conocido como diseño de doble vía, se aplica cuando el material es heterogéneo. Las unidades experimentales homogéneas se agrupan formando grupos homogéneos llamados bloques.

Las fuentes de variación para el análisis estadístico son:

Fuentes Grados de libertad

Tratamiento $(t-1) = 4$

Bloques $(r-1) = 3$

Error $(t-1) (r-1)=12$

MODELO

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño de bloques completos al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i=1, 2, \dots, t \\ j=1, 2, \dots, r \end{array}$$

μ = Parámetro, efecto medio.

τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento i .

β_j = Parámetro, efecto del bloque j .

ε_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. i, j .

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima (cáscara de haba deshidratada) que se utilizó proviene de los molineras de la localidad de Huamanga, en primer término se determinó la densidad aparente para fines de diseño y construcción de un tostador cilíndrico en el taller Mecánico Holger K. Hansen de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia.

Tabla N° 4: Determinación de la humedad.

Ensayos	Masa inicial (g)	Masa final (g)	%H
1	3,1620	2,8790	9,58
2	2,5340	2,2710	10,65
3	2,9590	2,6460	10,57
4	3,1800	2,8420	9,89
5	2,8870	2,5660	11,68
PROMEDIO	2,9444	2,6408	10,47

Durante el tostado se produce la remoción de gran parte de la humedad presente en la cáscara de haba que está entre el 9,58% y el 11,68%. Esta disminución de humedad puede alcanzar valores entre 0,4% y 5,0%, dependiendo del grado de tostado.

En el proceso de tostado, aproximadamente la mitad de la pérdida de peso es debida a la cantidad de agua evaporada.

Tabla N° 5: Determinación de la densidad aparente de la cáscara del haba

Ensayos	Masa (g)	Volumen (L)	Densidad aparente g/L (ρ)
1	50,0150	0,3101	161,2867
2	50,0100	0,3255	153,6406
3	50,4200	0,3056	165,0139
4	50,1200	0,3106	161,3911
5	50,2200	0,3260	154,0444
PROMEDIO	50,1570	0,3155	159,0753

De los ensayos realizados de la densidad aparente se tomo como resultado el promedio de 159,0753g/L; este dato se utiliza para el diseño del tostador cilíndrico que se muestra en el anexo 08.

3.2 TOSTADO

El tostado se realizo en un tostador tambor giratorio horizontal. Para el control del tostado se utilizaron temperaturas entre 160, 170 y 180 °C por 10, 15 y 20 minutos alcanzando una humedad final de 12 - 13%, los resultados se muestran en el anexo 01.

Antes de analizar los datos, es importante tener en cuenta que la transferencia de calor se da desde las paredes del cilindro tostador hacia la cáscara de haba, por lo que la temperatura medida será superior que la del interior de la cáscara de haba.

En la figura 20, se muestra gráficamente los resultados de la pérdida de peso a medida que se da el proceso. Los datos son concordantes, ya que siguen una marcada tendencia, en la cual, a medida que transcurre los tiempos se aprecia un aumento alto de la pérdida de peso y luego, este aumento no es tan marcado, ya que a estos tiempos (20 min. a mas), se dan reacciones endotérmicas que hacen más difícil el aumento de la humedad; llegando a una pérdida máxima de 12.68% a una temperatura de 160°C.

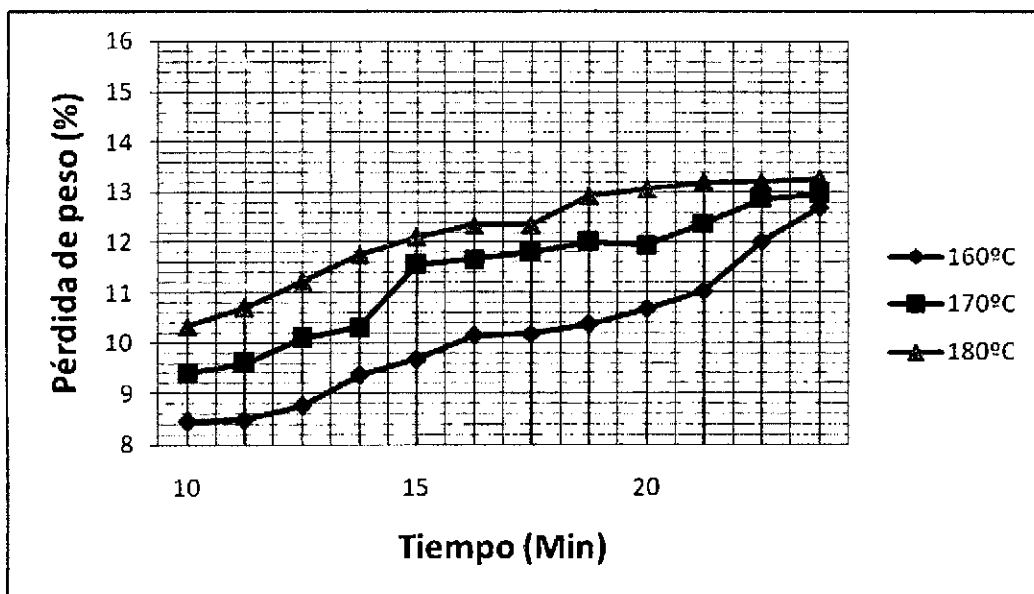
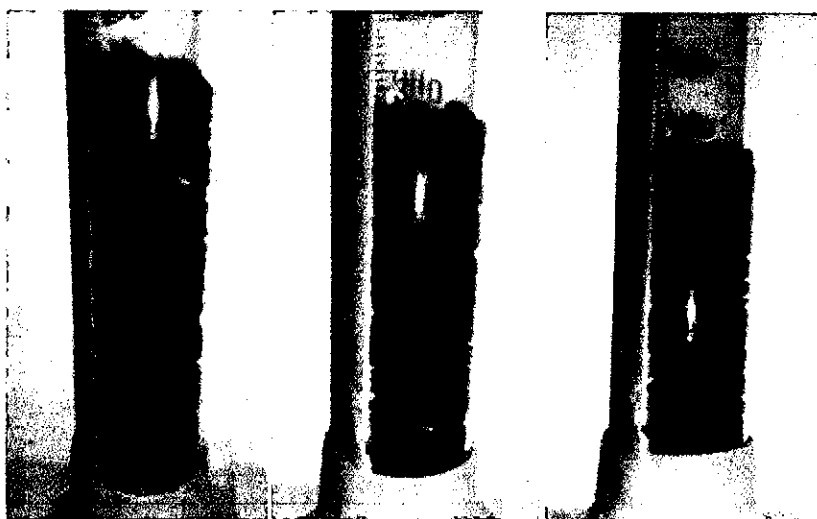


Figura N° 20: Comportamiento del % de la pérdida de peso de la cáscara del haba con el tiempo de tostado.

El % pérdida de peso para el ensayo con la temperatura de 170°C es muy evidente a medida que se da el proceso del tostado. Los datos siguen una marcada tendencia, en la cual a medida que transcurre los tiempos se aprecia un aumento alto de la pérdida de peso llegando hasta un porcentaje final de 12,95% después que haya transcurrido los 20 minutos.

El incremento del % pérdida de peso se evidencia a partir de los 15 minutos la cual a medida que transcurre el tiempo se aprecia que la pérdida de peso se hace constante llegando hasta un porcentaje de 13,19% después que haya transcurrido los 20 minutos.

En la figura 21, se presenta la imagen que evidencia el cambio de volumen, a medida que aumenta el tiempo de tostado a una temperatura de 160°C, el volumen va disminuyendo y por ende la densidad aparente va en aumento; en la figura 21 se presenta el cambio de densidad.



**Figura 21: Cambio de volumen con el tiempo de calentamiento
(10, 15, 20 minutos respectivamente), T°:160°C.**

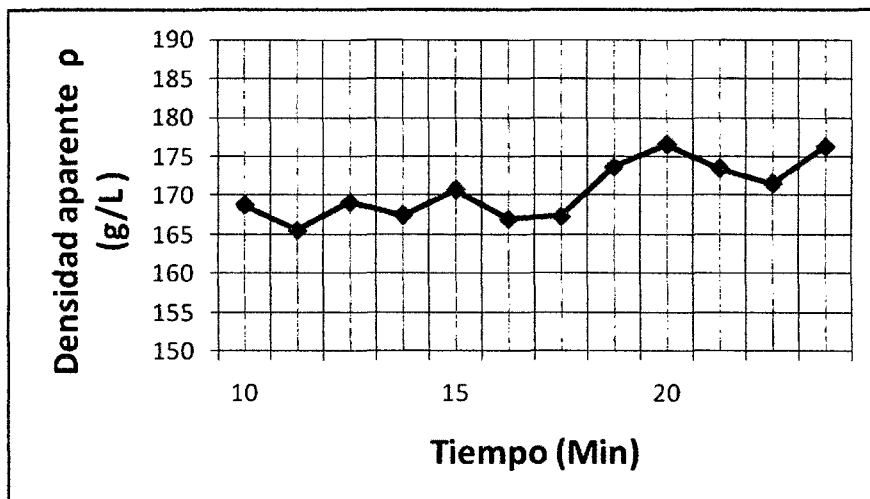


Figura N° 22: Comportamiento de la densidad aparente de la cáscara del haba con el tiempo de tostado a una $T^{\circ} = 160^{\circ}\text{C}$.

En la gura 23, Se presenta la imagen el cambio de volumen, disminuyendo gradualmente a medida que aumenta el tiempo de tostado a una temperatura de 170°C .



Figura 23: Cambio de volumen con el tiempo de calentamiento (10, 15, 20 minutos respectivamente)

En la figura 24 se muestra el cambio de la densidad aparente a medida que transcurre el tiempo incrementándose notoriamente pasado los 15 minutos, llegando como máximo 186,87g/L en un tiempo de tostado de 20 minutos.

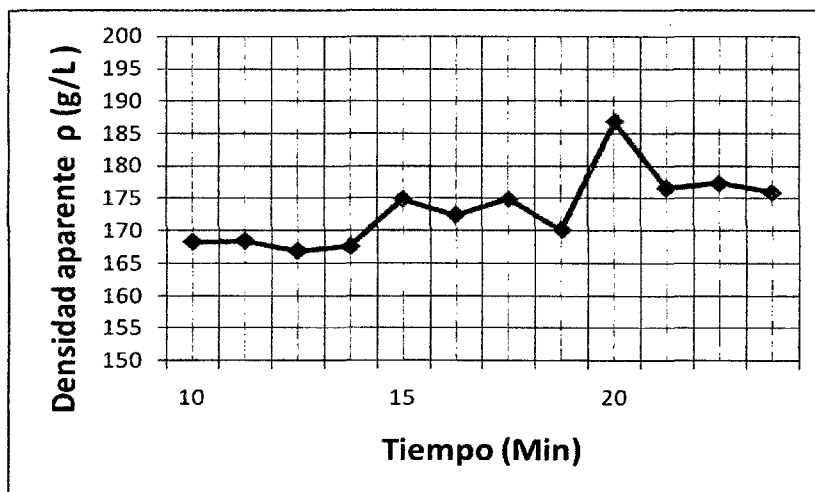


Figura N° 24: Comportamiento de la densidad aparente de la cáscara del haba con el tiempo de tostado a una $T^\circ = 170^\circ\text{C}$.

En la figura 25, Al igual de las figuras 23 y 24 el cambio de volumen va disminuyendo cuando se prolonga el tiempo a una temperatura de tostado de 180°C , con una diferencia de volumen de 2mL cada 5 minutos desde que haya transcurrido los 10 minutos.



Figura 25: Cambio de volumen con el tiempo de calentamiento (10, 15, 20 minutos respectivamente) $T^\circ = 180^\circ\text{C}$.

En la figura 26 el cambio de la densidad aparente es gradual a medida que transcurre el tiempo llegando como máximo 183,05g/L en un tiempo de tostado de 20 minutos a una temperatura de 180°C.

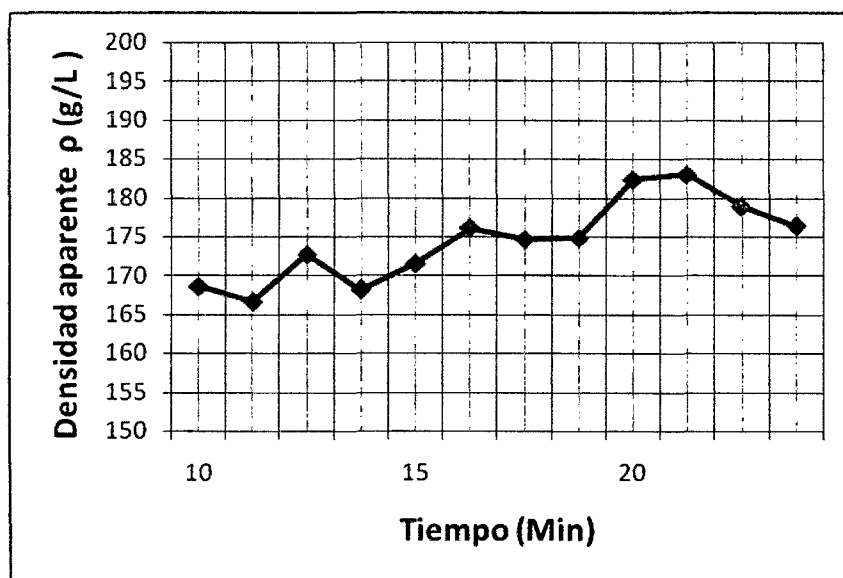
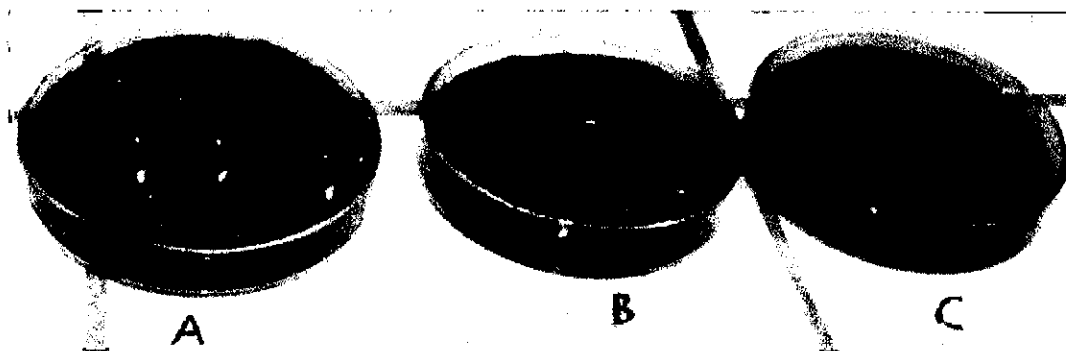


Figura N° 26: Comportamiento de la densidad aparente de la cáscara del haba con el tiempo de tostado a una $T^{\circ} = 180^{\circ}\text{C}$.

3.2.1 CAMBIO DEL COLOR

A nivel industrial y de laboratorio, una forma general de evaluar los diferentes grados de tostado de granos como el café y la cebada es a través de su color, en la figura 27, se muestra el cambio de color para las muestras calentadas en el cilindro tostador.



Tratamientos de tostado

A = 160°C

B = 170°C

C = 180°C

Figura 27: Color de la cáscara de haba con diferentes temperaturas de tostado (160, 170 y 180°C respectivamente).

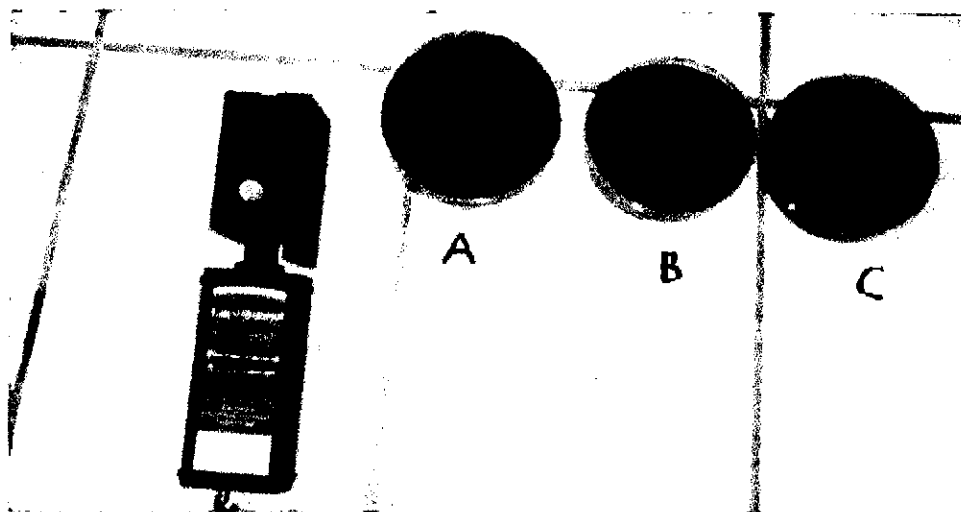
Estos cambios son coherentes con el proceso de tostado, inicialmente es de esperarse que el cambio de color es mínimo, ya que se da un proceso de evaporación de agua, posteriormente, se da el cambio paulatinamente a medida que se da la pirolisis.

3.2.2 RESULTADOS DEL COLOR POR EFECTO DE LA TEMPERATURA

Se utilizó el equipo colorímetro Lovibond RT para los ensayos de color y conocer la reflectancia de cada una de las muestras en estudio.

Durante el tostado de la cáscara de haba, cambia de color debido a la influencia del calor.

En la figura 28 se muestra el colorímetro Lovibond RT con las tres muestras previamente acondicionadas, los tres tratamientos con un tiempo de tostado de 20 minutos.



Tratamientos de tostado

A = 160°C

B = 170°C

C = 180°C

Figura 28: Colorímetro Lovibond RT con las muestras previamente acondicionadas.

En la etapa inicial se produce una decoloración visible en la superficie externa del grano, pasando inicialmente del verde al amarillo. A medida que se incrementa la temperatura esta coloración varía desde el amarillo, pasando por el castaño hasta el marrón – negro luego de tostado; ocurre simultáneamente con la pérdida de peso y el volumen. Al salir los granos del tostador y someterlos al enfriamiento, estos sufren modificaciones en el matiz del color del grano, acentuándose un poco más su tonalidad.

Los resultados obtenidos por la lectura del equipo colorímetro Lovibond RT que se muestran en la figura 29. Se describen en la tabla N° 6.

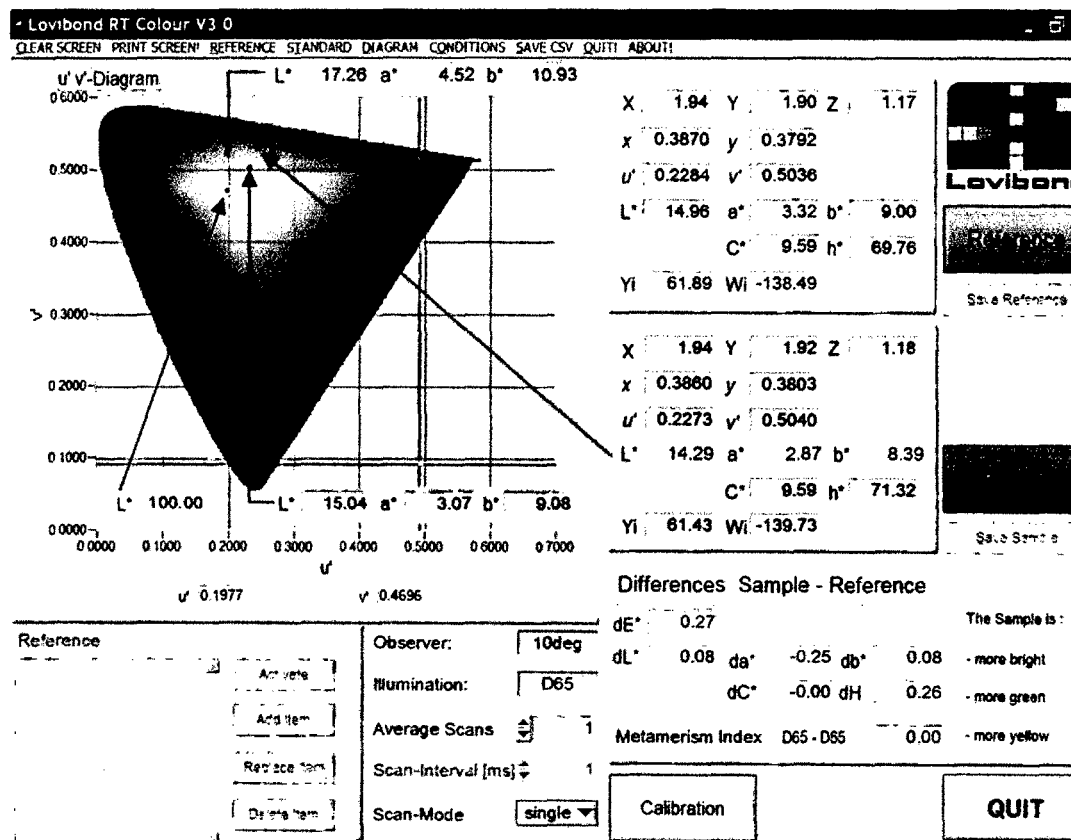


Figura 29: Lectura del diagrama del colorímetro con el software Lovibond RT Colour v3, 0 de la cáscara de haba tostada y molida a diferentes temperaturas.

Tabla 6: Resultado del colorímetro Lovibond RT.

ITEM	Temperatura de tostado (C°)	L*	u*	v*	a*	b*	Color
1	160	17,26	0,235	0,507	4,52	10,23	Medio
2		17,34	0,234	0,507	4,55	11,00	Medio
3	170	15,04	0,227	0,504	3,07	9,08	Medio alto
4		14,96	0,228	0,504	3,32	9,00	Medio alto
5	180	14,29	0,226	0,502	2,87	8,39	Oscuro
6		14,44	0,226	0,502	2,92	8,26	Oscuro

La descripción del color señalados en la tabla N° 6 fueron comparadas con la tabla N° 3, que describen las investigaciones sobre los diferentes colores del café realizadas en el departamento de Ingeniería Rural de la Universidad Politécnica de Madrid. Los ensayos de tostado a una temperatura de 160°C durante 20 minutos adquiere un color medio con una lectura promedio de $L^* = 17,30$; los ensayos tostados a una temperatura de 170°C adquieren un color medio alto con una lectura promedio de $L^* = 15,00$ y las muestras tostadas a una temperatura de 180°C toman un color de oscuro con una lectura promedio de $L^* = 14,36$.

3.3 MOLIENDA

En el proceso de la molienda se evaluó la distribución de tamaño mediante el análisis granulométrico que requiere un tamaño homogéneo y adecuado para la siguiente operación (extracción líquido – sólido). La apertura del tamaño de las mallas son 4000, 2500, 1500, 1000, 250 y 125 μm ; los resultados se muestra en la tabla N° 7 y figura N° 30. En esta operación el principal objetivo es la reducción del tamaño de la cáscara de haba tostada para la extracción de los aromas y de los compuestos solubles.

En la tabla 7 se muestra el análisis granulométrico para la distribución de partículas; y en la figura 30 se muestra claramente que la mayor cantidad de partículas retenidas en porcentaje en peso es en la abertura del tamiz que se encuentra en 1000 μm con un % en peso de 62 %, y en la abertura del tamiz de 1500 se retiene un 14,08%; siendo estas dos tamices con

mayor retención de partículas. Tomando como referencia la denominación granulométrica del café tostado molido, según la norma NTC 3534. Café tostado en grano o molido. pág. 4 está determinada por el tamaño efectivo de partículas, así:

- Si el tamaño efectivo es superior a 700 μm , la denominación es gruesa.
- Si el tamaño efectivo es entre 500 μm - 700 μm , la denominación es media.
- Si el tamaño efectivo es inferior a 500 μm , la denominación es fina.

El tamaño de partícula de la cáscara de haba tostada que corresponde según la norma aplicada a un grado de molienda gruesa, el grado de molienda es uno de los puntos clave para la extracción, si este es demasiado fino ya sea en menor proporción, los finos en la extracción forman un lodo y dificultan la separación de los sólidos solubles.

Tabla N° 7: Análisis granulométrico de distribución de partículas por tamaño mediante el uso de tamiz Tyler estándar.

Abertura tamiz (μm)	ENSAYOS					
	Masa retenida I (g)	% Peso	Masa retenida II (g)	% Peso	Masa retenida III (g)	% Peso
4000	4,155	1,60	1,610	0,62	28,862	11,25
- 4000 + 2500	6,660	2,57	15,457	5,99	12,420	4,84
- 2500 + 2000	7,369	2,84	1,215	0,47	1,350	0,53
- 2000 + 1500	80,485	31,00	114,920	44,54	36,116	14,08
- 1500 + 1000	120,680	46,48	48,050	18,62	159,570	62,23
- 1000 + 250	36,142	13,92	71,148	27,58	15,310	5,97
- 250 + 125	3,178	1,22	3,732	1,45	2,290	0,89
-125	0,960	0,37	1,880	0,73	0,520	0,20
TOTAL	259,629		258,012		256,438	

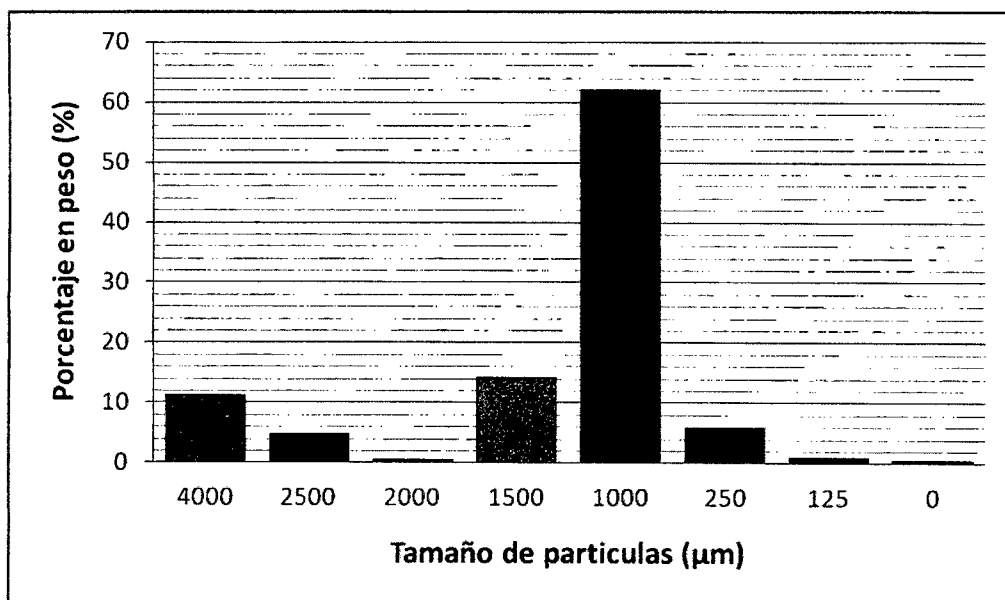


Figura 30: Distribución granulométrica de partículas.

3.4 EXTRACCIÓN LÍQUIDO - SÓLIDO

Hecho las investigaciones y el comportamiento de la % producto extraído frente a los diferentes tiempos de extracción se inicio el proceso de extracción y la optimización de esta, en una relación disolvente con el sólido de 1: 5. Los resultados se muestran en la tabla 8 y figura N° 31.

Tabla N° 8: Resultado de los cálculos de la extracción sólido – líquido.

Ensayos	I	X_F	X_{M1}	K	X_P	E_1	R_1	%Extracto
1	0,4776	0,2656	0,0445	3,1518	0,7591	1,8117	1,7928	60,93
2	0,4758	0,2656	0,0444	3,1623	0,7597	1,7813	1,8230	60,12
3	0,4749	0,2656	0,0443	3,1594	0,7596	1,7698	1,8324	59,84
4	0,4742	0,2656	0,0442	3,0250	0,7516	1,7503	1,8549	59,28
5	0,4747	0,2656	0,0443	3,1549	0,7593	1,7643	1,8386	59,69
6	0,4744	0,2656	0,0442	2,8131	0,7377	1,7448	1,8657	59,06

7	0,4749	0,2656	0,0443	3,0015	0,7501	1,7606	1,8466	59,53
8	0,4744	0,2656	0,0443	2,9950	0,7497	1,7613	1,8402	59,62
9	0,4751	0,2656	0,0443	2,9978	0,7499	1,7667	1,8387	59,72
10	0,4743	0,2656	0,0442	3,7165	0,7880	1,7457	1,8643	59,09
11	0,4743	0,2656	0,0442	2,9007	0,7436	1,7443	1,8657	59,06
12	0,4815	0,2656	0,0438	2,6737	0,7278	1,7177	1,9758	57,29
13	0,4796	0,2656	0,0445	3,6232	0,7837	1,8132	1,8110	60,70
14	0,4775	0,2656	0,0441	2,4506	0,7102	1,7473	1,8922	58,76
15	0,4811	0,2656	0,0429	2,6373	0,7251	1,5728	2,1963	57,49
16	0,4796	0,2656	0,0440	3,9999	0,8000	1,7395	1,9247	58,24
17	0,4759	0,2656	0,0440	3,5614	0,7808	1,7175	1,9230	57,95
18	0,4822	0,2656	0,0438	2,1152	0,6790	1,7114	1,9931	56,99

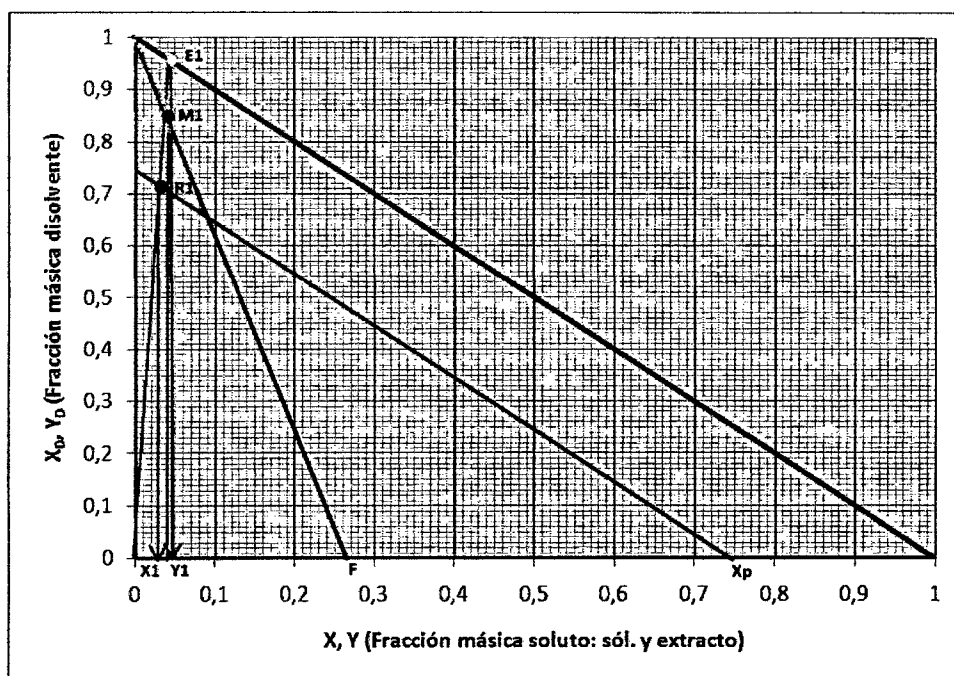


Figura 31: Diagrama triangular – rectangular para el cálculo de una etapa de la extracción sólido – líquido.

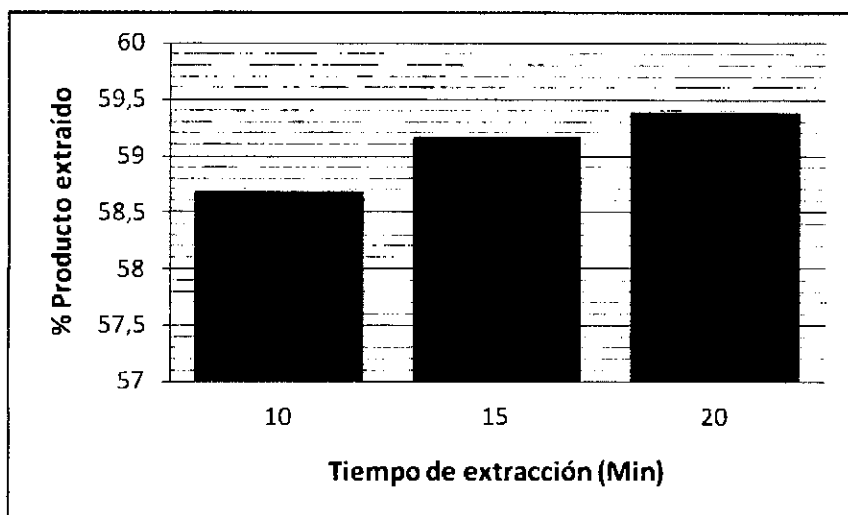


Figura 32: Porcentaje de producto extraído a diferentes tiempos de extracción.

De las pruebas realizadas a diferentes tiempos de extracción de sólidos solubles de la cáscara de haba se determinó que el tiempo optimo de extracción (tiempo de contacto solido – disolvente) se encuentra entre los tiempos de 20 minutos con un porcentaje promedio de producto extraído de 59,38%, y del tiempo de extracción de 15 minutos que obtuvo un 59,26%, como observamos hay una estrecha diferencia entre los tiempos 15 y 20 minutos, a diferencia del tiempo de contacto de 10 minutos con un promedio de porcentaje de producto extraído 58,60%.

Si consideramos el costo de energía para mantener constante la temperatura de 90°C durante el proceso de extracción, el tiempo optimo de extracción sería el de 15 minutos que nos permite determinar el mayor porcentaje de producto extraído a una temperatura entre 85 - 90 °C por ser la temperatura más adecuada que facilita la extracción.

3.5 CONCENTRACIÓN

Se concentró el extracto a un nivel de 10 – 12% de sólidos solubles, a una temperatura entre 80 – 92°C evaporándose 40 – 45% de agua.

3.6 ATOMIZACIÓN

En el secado por atomización realizamos las corridas con solución concentrado de extracto de haba tostada al 12% de sólidos totales, el producto obtenido en un contenido menor se encontró pegado en las paredes del atomizador y en las tuberías debido a que el caudal de la alimentación fue de 50 mL / minuto que fue corregido a 25 mL/minuto y al mismo tiempo se estabilizo la temperatura de salida del aire húmedo entre 75 – 80°C. La mayor parte del producto se fue al embase donde se recepciona el polvo deseado con una porcentaje de humedad entre 5 – 6%.

✓ Resultado de las pruebas de secado por atomización.

Bajo las condiciones siguientes se obtuvo el polvo instantáneo de la cáscara de haba tostada; de las pruebas de secado realizado se tiene un mayor rendimiento de 7, 74 % y un mínimo de 4,30%; en las que las temperaturas de secado tienen una influencia sobre los productos a obtener. El tesista Cusi Quispe Alonso muestra valores de rendimiento en la extracción de colorante de la tuna entre 6,0 a 6,6%; estos datos fueron obtenidos en los laboratorios de transferencia de masa de la facultada de Ingeniería Química. Los valores obtenidos se aproximan a este dato.

Tabla Nº 9: Resultado del secado por atomización.

Ensayos	Volumen del extracto(mL)	Densidad del extracto(g/mL)	Sólidos totales (%)	Polvo obtenido(g)	Rendimiento (%)
1	400,50	1,0202	12,30	23,7501	5,81
2	398,20	1,0181	12,70	28,3802	7,00
3	408,00	1,0152	12,15	25,6910	6,20
4	410,50	1,0164	12,20	32,3052	7,74
5	420,00	1,0223	12,60	27,6053	6,43
6	385,00	1,0301	12,50	22,5204	5,68
7	415,00	1,0135	12,00	18,1808	4,32
8	390,60	1,0107	12,05	20,9206	5,30
9	412,00	1,0124	12,15	24,5804	5,89



Figura 33: Polvo obtenido durante el proceso de atomización.



Figura 34: Polvo instantáneo obtenido a partir de la cáscara de haba, recibió un tratamiento de tostado de 160°C.



Figura 35: Polvo instantáneo obtenido a partir de la cáscara de haba, recibió un tratamiento de tostado de 170°C.



Figura 36: Polvo instantáneo obtenido a partir de la cáscara de haba, recibió un tratamiento de tostado de 180°C.

3.7 CARACTERIZACIÓN DEL POLVO INSTANTÁNEO

3.7.1 DISPERSABILIDAD

La medición de la dispersabilidad se ha desarrollado de acuerdo al procedimiento descrito por la NCh 1679 (2 008). En la tabla N°10 se muestra los resultados:

Tabla N° 10: Resultado del % dispersabilidad.

Temperatura de tostado (°C)	Volumen H2O (mL)	Muestra (g)	%S	% Humedad	% Dispersabilidad
180,0	250,0	26,1005	6,60	7,52	73,93
170,0	250,0	26,1022	6,55	6,95	72,85
160,0	250,0	26,1016	6,45	7,05	71,73

La medición de la dispersabilidad se ha desarrollado de acuerdo al procedimiento descrito por A/S Niro Atomizer (1978, citado por Vagn Westergaard, 2004); de los resultados de la dispersabilidad se observa que el mayor valor obtenido corresponde al tratamiento de tostado a una temperatura de 180°C con un% dispersabilidad de 73,93%, seguidamente del tratamiento de tostado a una temperatura de 170°C con un porcentaje de 72,85%. Según Nakarin Jinapong, Pimon Jamnong muestra valores de dispersabilidad para la soya aglomerada entre 40 – 62% (Citado por Mendoza, 2007); mientras los polvos del jugo de cebada presentan porcentajes de dispersabilidad mayores a 68,29%± 0,16%. Los valores

obtenidos se aproximan a estos datos, lo cual es favorable al momento de reconstituir un polvo instantáneo.

3.7.2 HUMECTABILIDAD.

Una vez humectadas las partículas, los componentes individuales de la cáscara de haba empiezan a disolverse y dispersarse, y se forma una solución concentrada de la cáscara de haba alrededor de las partículas. Al mismo tiempo las partículas empiezan a caer al fondo, con lo cual, la densidad de dichas partículas son mayores que la del agua.

Para la determinación de la humectabilidad de la partícula se realizó mediante una inspección visual, es decir el agua penetra la superficie de la partícula. En la tabla 11 se muestra los resultados de la humectabilidad.

Tabla N° 11: Resultado de la Humectabilidad.

Temperatura de tostado (°C)	Muestra (g)	Temperatura del agua destilada (°C)	Humectabilidad (segundos)
180,0	0,1025	25,10	8 – 12
170,0	0,1002	25,10	15 – 20
160,0	0,1013	25,25	30 – 35

Para ser instantánea, un producto en polvo debe ser humectado en 15 segundos. Para productos sucedáneos de café en polvo no existen requisitos precisos. Sin embargo, para el proceso posterior de dispersión, para leche entera en polvo, se da una humectabilidad de alrededor de 30 - 60 segundos, ya que facilita la dispersión subsiguiente del polvo en agua. (Vagn Westergaard, 2004).

Según Readalyc.Org el tiempo necesario para que los polvos del jugo de la cebada se dispersaran en agua después del secado fue de 21,6 segundos como promedio.

Tomando estas consideraciones de Vagn Westergaard y los resultados por Redalyc.org, los productos en polvo obtenidos completamente reconstituidos en un tiempo razonablemente corto y con el mínimo esfuerzo, se encuentran en los tratamientos de tostado de 180°C con una humectabilidad entre 8 – 12 segundos y en el tratamiento de 170°C con una humectabilidad entre 15 – 20 segundos.

3.7.3 SOLUBILIDAD.

El índice de insolubilidad nos indica el volumen en mililitros de sedimento (residuo insoluble) que se obtiene cuando un producto sólido es reconstituido con agua. Normalmente es inferior a 0,2 ml para un polvo producido partiendo de un polvo de buena calidad y secado en modernos evaporadores y secadores del más reciente diseño.

Tabla N° 12: Resultado de la solubilidad.

Temperatura de tostado (°C)	Muestra (g)	Volumen tubo centrifuga (mL)	Índice de insolubilidad (mL)
180,0	10,0522	50,05	0,15
170,0	10,0105	50,00	0,20
160,0	10,1012	50,00	0,22

Es evidente que no todos los componentes de un polvo son solubles al reconstituirse en agua. No obstante, todavía se producen polvos de baja

solubilidad, y cualquier secador manejado incorrectamente puede producir así un polvo de baja solubilidad.

Los polvos de cebada fueron reconstituidos de acuerdo a su contenido de agua original en base a los sólidos totales contenidos en el jugo, Los polvos con bajos contenidos de humedad (4, 44%) presentaron menores índices de partículas insolubles a $5,58 \text{ ml/l} \pm 0,08 \text{ ml/l}$. Los valores obtenidos se aproximan a estos datos.

3.8 ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial es una herramienta de gran utilidad en muchas áreas. Los resultados no permiten asegurar un 100% de éxito al tomar decisiones, pero si ayudan a reducir el riesgo en la toma de decisiones

Debido a la gran cantidad de datos obtenidos en la evaluación sensorial, los resultados no son interpretados por medio de una evaluación directa, sino que se aplico procedimientos estadísticos confiables.

3.8.1 ATRIBUTO SABOR

En la tabla N°13 se puede evidenciar que a un nivel de significancia ($\alpha=0,05$), los panelistas diferencian el sabor entre uno y otro del polvo instantáneo, así mismo para los tratamientos (Temperatura de tostado) los niveles de temperatura de tostado estudiados en el presente trabajo de investigación son altamente significativos.

Tabla N° 13: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo sabor.

Fuente de variación (Fv)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	Relación de variación		Significancia
				Fc	Ft (tabla)	
					5%	
Panelistas	19	26,316	1,385	2,93	1,86	*
Tratamiento	2	3,233	1,616	3,43	3,25	**
Error	38	17,933	0,471			
Total	59	47,483				

$$r^2 = 62,23 \quad CV = 8,56$$

El valor del coeficiente de correlación asume que las variables independientes (temperatura de tostado) influyen en un 62,23% a las variables dependientes (atributo sabor), además el CV nos manifiesta que se tuvo control del ruido o variables intervinientes, esto debido a que se trabajo a nivel de laboratorio. Del anexo 2.1 se puede evidenciar que entre los panelistas coinciden en la percepción de sabor, también se puede indicar que el panelista 11 califica con el mayor puntaje del atributo sabor con una media de 9,1667.

Tabla N° 14: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo sabor.

Duncan				
Agrupamiento	Media	N	Tratamiento	
A	8,2500	20	B	
A				
B A	8,1000	20	C	
B				
B	7,7000	20	A	

De la tabla 14 se aprecia que las medias con la misma letra no son significativamente diferentes, además el mejor puntaje para el atributo sabor corresponde al tratamiento B, esto se debe a que dicho tratamiento se utiliza una temperatura intermedia que hace que la media de la calificación de los panelistas reconozcan con un mayor puntaje; esto responde a que en el tratamiento A (temperatura de tostado 160°C) no se libera por completo los compuestos poliméricos insolubles tales como flobáfenos y las antocianidinas responsables de un sabor amargo. Y en el tratamiento C (temperatura de tostado 180°C), estos compuestos poliméricos podemos notar el gusto del polvo instantáneo requemado y además notamos pérdidas en el aroma.

3.8.2 ATRIBUTO COLOR

En la tabla N°15 se puede evidenciar que a un nivel de significancia ($\alpha=0,05$), los panelistas diferencian el color entre uno y otro del polvo instantáneo, así mismo para los tratamientos A, B y C los niveles de temperatura de tostado estudiados en el presente trabajo de investigación son altamente significativos.

Del anexo 2,2 se puede evidenciar que entre los panelistas coinciden en la percepción de color, también se puede indicar que el panelista 14 califica con el mayor puntaje del atributo color con una media de 9,1667.

Tabla N° 15: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo color.

Fuente de variación (Fv)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	Relación de variación		Significancia
				Fc	Ft (tabla)	
					5%	
Panelistas	19	17,5792	0,9251	2,47	1.86	*
Tratamiento	2	8,5750	4,2875	11,43	3,25	**
Error	38	26,2333	0,6903			
Total	59	57,9833				

$$r^2 = 64,72 \quad CV=7,49$$

El valor del coeficiente de correlación asume que las variables independientes (temperatura de tostado) influyen en un 64,72% a las variables dependientes (atributo color), además el CV nos manifiesta que se tuvo un buen control de variables intervinientes.

Tabla N° 16: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo color.

Duncan			
Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	8,5250	20	C
A			
A	8,3500	20	B
B	7,6500	20	A

En la tabla N°16 se aprecia las medias con la misma letra no son significativamente diferentes, además el mejor puntaje para el atributo color

corresponde al tratamiento C, esto se debe a que dicho tratamiento se utiliza una temperatura alta que hace que la media de la calificación de los panelistas reconozcan con un mayor puntaje (8,52); en el tratamiento C, los compuestos poliméricos se liberan por completo dando el color de semejante apariencia al café, mientras las coloraciones de los tratamientos A y B solo presentan un matiz bajo tal como se vio en los resultados del colorímetro (tabla N°7).

3.8.3 ATRIBUTO OLOR

En la tabla N°17 se pudo evidenciar que a un nivel de significancia ($\alpha=0,05$), los panelistas diferencian el olor entre uno y otro del polvo instantáneo, así mismo para los tratamientos A, B y C los niveles de temperatura de tostado estudiados en el presente trabajo de investigación son altamente significativos.

Tabla N° 17: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo olor.

Fuente de variación (Fv)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	Relación de variación		Significancia
				Fc	Ft (tabla)	
					5%	
Panelistas	19	31,7125	1,1690	4,14	1.86	*
Tratamiento	2	6,0083	3,0042	7,45	3,25	**
Error	38	15,3250	0,4032			
Total	59	53,0458				

$$r^2=71,11 \quad CV=8,05$$

El valor del coeficiente de correlación asume que las variables independientes (temperatura de tostado) influyen en un 71,11% a las variables dependientes (atributo olor), además el CV nos manifiesta que se tuvo un buen control de variables intervinientes. La prueba de significancia de Duncan para panelistas se muestra en el anexo 2,3.

Tabla N° 18: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo olor.

Duncan			
Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	8,1750	20	B
A			
A	8,0500	20	C
B	7,4500	20	A

De la tabla 18 se aprecia las medias con la misma letra no son significativamente diferentes, además el mejor puntaje para el atributo olor corresponde al tratamiento B, hace que la media de la calificación de los panelistas reconozcan con un mayor puntaje (8,175); esto superando estadísticamente a C (8,05) y A (7,45) que presentan calidad media en el atributo olor, debido a que se libera por completo los compuestos poliméricos insolubles tales como flobáfenos y las antocianidinas.

3.8.4 ATRIBUTO ACIDEZ

Del análisis de varianza mostrado en la tabla N°19 se encontraron diferencias significativas al 5% de probabilidad los panelistas diferencian el acidez entre uno y otro de la bebida a base del polvo instantáneo, así mismo para los

tratamientos los niveles de temperatura de tostado estudiados en el presente trabajo de investigación son altamente significativos.

Tabla N° 19: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo acidez.

Fuente de variación (Fv)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	Relación de variación		Significancia
				Fc	Ft (tabla)	
					5%	
Panelistas	19	22,7333	1,196	2,34	1.86	*
Tratamiento	2	12,0583	6,0291	11,78	3,25	**
Error	38	19,4416	0,51162			
Total	59	54,2333				

$$r^2 = 64,15 \quad CV=9,02$$

Así mismo el valor del coeficiente de correlación asume que las variables independientes (temperatura de tostado) influyen en un 64,15% a las variables dependientes (atributo acidez), además el CV nos manifiesta que se tuvo control de variables intervinientes, esto debido a que se trabajo a nivel de laboratorio. La prueba de significancia de Duncan para panelistas se muestra en el anexo 2,4.

Del anexo 2,4 se puede evidenciar que entre los panelistas coinciden en la percepción del atributo acidez, también se puede indicar que el panelista 18 califica con el mayor puntaje del atributo acidez con una media de 9,000.

**Tabla N° 20: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo
acidez.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	8,2750	20	B
A			
A	8,2250	20	C
B	7,3000	20	A

De la tabla 20 se aprecia las medias con la misma letra no son significativamente diferentes, además el mejor puntaje para el atributo acidez corresponde al tratamiento B, esto hace que la media de la calificación de los panelistas reconozcan con un mayor puntaje (8,27) que presenta un buen acidez superando estadísticamente a C (8,22) que tiene regular acidez y de la misma forma B supera estadísticamente al tratamiento A (7,30), que presenta una acidez de mala calidad.

3.8.5 ATRIBUTO CUERPO

Del análisis de varianza mostrado en la tabla N° 21, se encontraron diferencias significativas al 5% de probabilidad entre los panelistas del atributo cuerpo para tratamientos de (B), a comparación de los demás tratamientos (A) y (C).

Del anexo 2,5 se puede evidenciar que entre los panelistas coinciden en la percepción de sabor, también se puede indicar que el panelista 14 califica con el mayor puntaje del atributo acidez con una media de 9,3333.



Tabla N° 21: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo cuerpo.

Fuente de variación (Fv)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	Relación de variación		Significancia
				Fc	Ft (tabla)	
					5%	
Panelistas	19	18,8166	0,9903	2,19	1.86	*
Tratamiento	2	12,9333	6,4666	9,37	3,25	**
Error	38	26,2333	0,6903			
Total	59	57,9833				

$$r^2 = 54,75 \quad CV=10,41$$

El coeficiente de correlación asume que las variables independientes (temperatura de tostado) influyen en un 54,75% a las variables dependientes (atributo cuerpo), además el CV nos manifiesta que se tuvo control de variables intervinientes, esto debido a que se trabajo a nivel de laboratorio. La prueba de significancia de Duncan para panelistas se muestra en el anexo 2,5.

Tabla N° 22. Efecto de la temperatura de tostado para el atributo cuerpo.

Duncan			
Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	8,4500	20	B
A			
A	8,1500	20	C
B	7,3500	20	A

En la tabla N° 22 efectuado las comparaciones múltiples de Duncan se observa que el tratamiento (B) presenta más o menos buen cuerpo (8,45) superando estadísticamente a C (8,15) y Al tratamiento A (7,35), que presentan un cuerpo de mala calidad, se observa en los resultados estadísticos las tres muestras no hay mucha diferencia estadística en lo que concierne en el cuerpo.

3.8.6 ATRIBUTO APARIENCIA GENERAL

Del análisis de varianza mostrado en la tabla N° 23, se encontraron diferencias significativas al 5% de probabilidad entre los panelistas del atributo apariencia general para tratamientos de (B), a comparación de los demás tratamientos (A) y (C).

El coeficiente de correlación asume que las variables independientes (temperatura de tostado) influyen en un 62,78% a las variables dependientes (atributo cuerpo), además el CV nos manifiesta que se tuvo control de variables intervinientes, esto debido a que se trabajo a nivel de laboratorio.

Tabla N° 23: Resultado del análisis de varianza en la prueba hedónica para el atributo apariencia general.

Fuente de variación (Fv)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	Relación de variación		Significancia
				Fc	Ft (tabla)	
					5%	
Panelistas	19	20,6000	1,0842	2,54	1.86	*
Tratamiento	2	6,7750	3,3875	7,93	3,25	**
Error	38	16,2250	0,4269			
Total	59	43,6000				

$$r^2 = 62,78 \quad CV = 7,87$$

La prueba de significancia de Duncan para panelistas se muestra en el anexo 2,6, en la cual se puede evidenciar que entre los panelistas coinciden en la percepción de la apariencia general, también se puede indicar que el panelista 7 califica con el mayor puntaje del atributo apariencia general con una media de 9,3333.

Tabla N° 24: Efecto de la temperatura de tostado para el atributo apariencia general.

Duncan			
Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	8,5500	20	B
A			
A	8,5225	20	C
B	7,8250	20	A

RECEPCIÓN DE CÁSCARA DE HABA

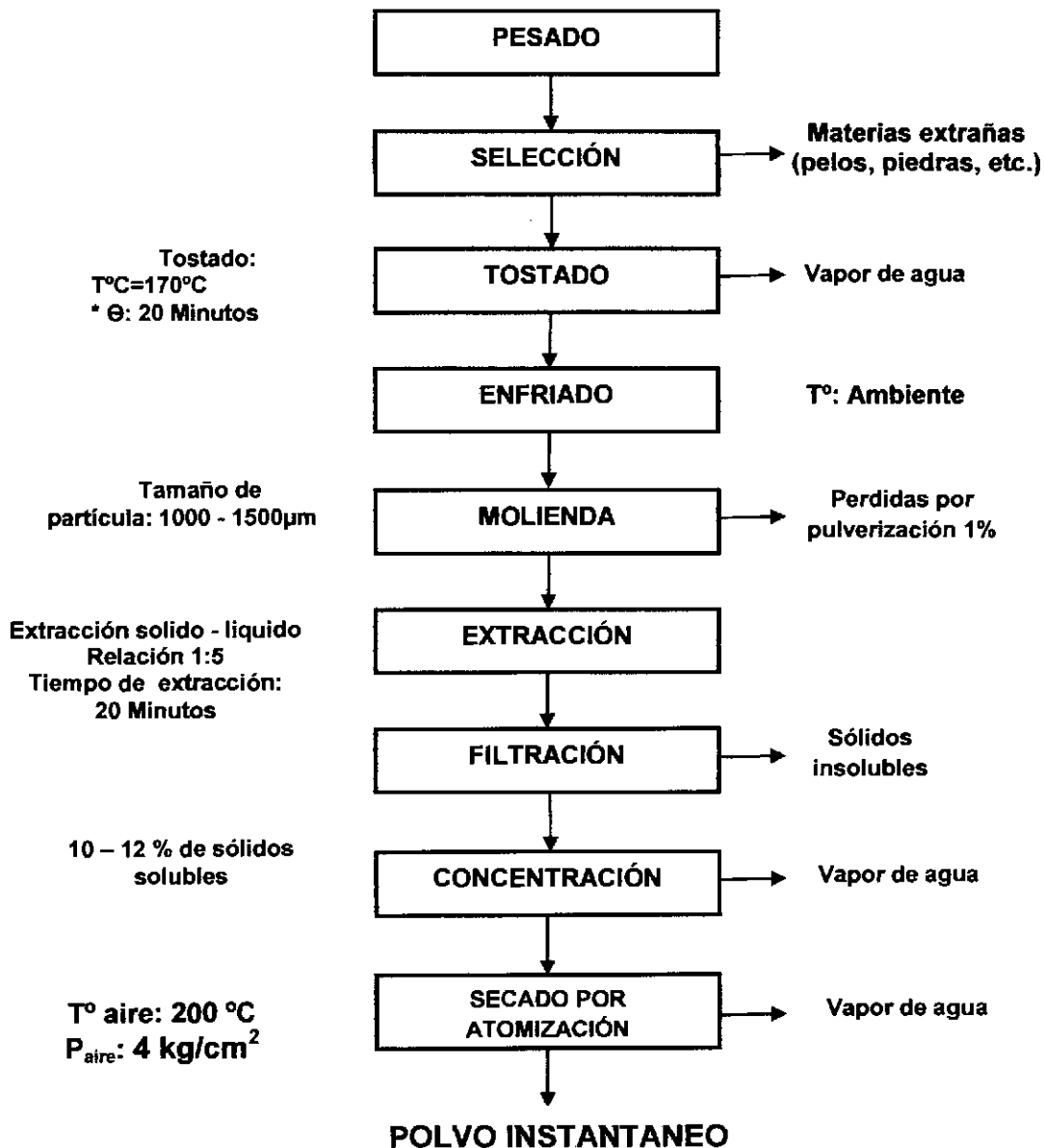


Figura 37: Diagrama validado para el proceso de obtención de un producto instantáneo del extracto de la cáscara del haba tostada.

CONCLUSIONES

1. En el secado por atomización se concluye que el polvo deseado con un porcentaje de humedad entre 5 – 6 %, se obtiene el polvo instantáneo de la cáscara de haba tostada, con un mayor rendimiento de 7,74 % y un mínimo de 4,30 %.
2. De los resultados del tostado se concluye que el % pérdida de peso final para una T° : 170 °C de tostación, en 20 minutos de tostación es de 12,95 %, y el grado de tueste a una temperatura de 170 °C adquieren un color medio alto con una lectura promedio de $L^* = 15,00$; siendo el tratamiento con mejores resultados sensoriales.
3. En la de extracción de sólidos solubles de la cáscara de haba se concluye que el tiempo óptimo de extracción es de 20 minutos con un porcentaje promedio de producto extraído de 59,38%.
4. En la caracterización del polvo instantáneo tuvieron resultados de: dispersabilidad: 72,85 %, humectabilidad: 10 – 15 segundos, y el índice de insolubilidad: 0,20 mL; lo cual indica que tienen propiedades instantáneas.
5. De las evaluaciones sensoriales realizadas por los panelistas se concluye que el polvo instantáneo producido a un tratamiento de tostado de 170 °C por un tiempo de 20 minutos presenta un excelente sabor, olor, acidez, cuerpo y una apariencia general; según los resultados estadísticos refleja el 95% de confiabilidad.

RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos de investigación y transferencia de tecnología de productos que aun no tienen valor agregado por ser esta materia prima de mucha importancia económica y ambiental para la sociedad.
2. Seguir los estudios en la elaboración de productos instantáneos a base de productos no tradicionales.
3. Estudiar la optimización a nivel piloto y luego a escala industrial, de este producto, ya que es un sucedáneo del café que no contiene cafeína.
4. Para optimizar el rendimiento en el proceso de secado por atomización utilizar encapsulantes como la goma arábica: maltodextrina, en el extracto de la cáscara de haba tostada.
5. Automatizar y mejorar el sistema de transmisión de movimiento de la tostadora rotatoria construida.

BIBLIOGRAFIA

1. Anangonó M. A. 2006. Estudio nutricional del haba, nuevas y creativas formas de preparación. Tesis Administrador Gastronómico. Quito, Ecuador: Facultad De Turismo y Preservación Ambiental, Hotelería y Gastronomía, Universidad Tecnológica Equinoccial. 160p.
2. Bartholomai G.B., Tosi E., González R., 2000. Caracterización de compuestos nutritivos, no nutritivos y calidad proteica. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Editorial Eudeba, Buenos Aires, Argentina. (s.p.)
3. Café Perú, 2008. Central de organizaciones productora de café y cacao del Perú. (s.p.)
4. Cañas M. R., 2008. Manual del catador de cafés especiales "Starcuper" Q Grader certificado. (s.p.)
5. Cerrate A., Camarena V.F. y Chiape. L, 1981., Cultivo del Haba (*Vicia faba* L.), Universidad Agraria la Molina. Lima, Perú. 120p.
6. DRAA (Dirección Regional Agraria de Ayacucho), Perú. 2013. Ejecución y perspectivas de la información agrícola: campaña agrícola 2 012 - 2 013. Ayacucho Perú. (Dirección de información Agraria y Estudios Económico). 17p
7. Everard B., 1982. Guía de campo de las flores de Europa. Ediciones Omega, S.A., Casanova, 220- Barcelona, España. (s.p.)
8. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Santiago. 2002.

9. Goyoaga C. J. 2005. Estudio de factores no nutritivos en *vicia faba* L. Influencia de la germinación sobre su valor nutritivo. Tesis Doctoral. Madrid, España. Departamento de Nutrición y Bromatología II: Bromatología. Universidad Complutense De Madrid. 270p.
10. INN (Instituto Nacional De Normalización), 2008. Leche en polvo instantánea. (Determinación de la instantaneidad). 11p.
11. Meletis J., Konstantopoulos, 2004. Favism - from the "avoid fava beans" of Pythagoras to the present. Haema, K. 21p.
12. Mendoza C. R., 2007 "Aglomeración por atomización con propiedades instantáneas". Programa de investigación en procesos industriales, Área de Operaciones y Procesos Químicos. Ayacucho, Perú. 42p.
13. Muzquiz M., Hill G.D., Cuadrado C., Pedrosa M.M., Burbano C., 2004. Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds. EAAP publication, Wageningen, Holanda. 352p.
14. NTC (Norma Técnica Colombiana). 2 004. . Café tostado en grano y tostado y molido. Determinación del grado de tostación. Bogotá: ICONTEC. (NTC 2442). (s.p.)
15. Orellana C., Angel J., 1985. Cultivo del haba, Cartilla para el agricultor, Unidad de capacitación de leguminosas, Segunda edición, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito, Ecuador. (s.p.)
16. REDALYC (Revista de América Latina Concitec), 2006. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72440406>
17. Vagn Westergaard., 2004. Niro A/S, Copenhagen. Disponible en: <http://www.niro.com>.

ANEXO

ANEXO 1: Resultados del tostado a temperatura de 160, 170 y 180 C°.

Ensayos	Tiempo (min)	mi (g)	Vi(L)	mf (g)	Vf(L)	%Pérdida de peso	ρ (g/L)
160°C							
1	10	300,211	1,85	274,85	1,625	8,448	169,138
2		300,512	1,85	275,022	1,630	8,482	168,725
3		300,015	1,91	273,769	1,635	8,748	167,443
4		300,401	1,95	272,308	1,645	9,352	165,537
5	15	300,028	1,89	271,023	1,560	9,667	173,733
6		300,122	1,88	269,721	1,580	10,13	170,709
7		300,825	1,91	270,225	1,615	10,172	167,322
8		300,005	1,9	268,934	1,610	10,357	167,04
9	20	300,008	1,95	268,03	1,520	10,659	176,336
10		300,801	1,93	267,61	1,515	11,034	176,64
11		300,221	1,89	264,15	1,540	12,015	171,526
12		300,048	1,92	261,988	1,510	12,685	173,502
170°C							
13	10	300,22	1,95	272,015	1,630	9,395	166,88
14		300,8	1,98	272,005	1,615	9,573	168,424
15		300,152	1,92	269,887	1,610	10,083	167,632
16		300,102	1,92	269,182	1,600	10,303	168,239
17	15	300,506	1,92	265,822	1,520	11,542	174,883
18		300,621	1,93	265,556	1,540	11,664	172,439
19		300,021	1,91	264,63	1,555	11,796	170,18
20		300,25	1,93	264,209	1,510	12,004	174,973
21		300,281	1,92	264,421	1,415	11,942	186,87

22	20	300,259	1,925	263,122	1,490	12,368	176,592
23		300,982	1,93	262,301	1,490	12,852	176,041
4		301,005	1,91	259,012	1,460	12,953	177,405
180°C							
25	10	300,108	1,91	268,036	1,590	10,687	168,576
26		300,405	1,88	269,382	1,560	10,327	172,681
27		300,25	1,93	266,57	1,585	11,217	168,183
28		301,001	1,9	265,65	1,595	11,744	166,552
29	15	300,326	1,88	264,001	1,500	12,095	176,001
30		300,141	1,88	263,088	1,505	12,345	174,809
31		300,352	1,91	261,11	1,495	13,065	174,656
32		300,623	1,85	259,82	1,515	13,573	171,498
33	20	301,008	1,95	262,122	1,410	12,919	185,902
34		301,122	1,96	261,185	1,405	13,263	185,897
35		300,009	1,94	260,462	1,450	13,182	179,629
36		300,710	1,90	261,026	1,480	13,197	176,369

Donde:

m_i (g) = masa inicial en gramos.

m_f (g) = masa final en gramos.

V_i (L) = Volumen inicial en litros.

V_f (L) = Volumen final en litros.

%H = Porcentaje de pérdida de peso

ρ (g/L)= densidad aparente

ANEXO 2: Extracción líquido – sólido de la cáscara de haba tostada

Ensayos	Tiempo de ex_ tracción (min)	Masa disolvente (kg)	Masa sólido (kg)	Masa extracto(kg)	Masa refino húmedo (kg)
1	20	3,000	0,6045	1,5669	1,9827
2	20	3,002	0,6023	1,5701	1,9805
3	20	3,001	0,6012	1,5905	1,9755
4	15	3,005	0,6002	1,5771	1,9085
5	15	3,002	0,6009	1,5692	1,9724
6	15	3,010	0,6005	1,5767	1,8089
7	10	3,006	0,6012	1,5780	1,9005
8	10	3,001	0,6005	1,5535	1,8952
9	10	3,004	0,6014	1,5899	1,8994
10	20	3,010	0,6005	1,2910	2,2375
11	20	3,010	0,6004	1,7910	1,8502
12	20	3,084	0,6095	1,9144	1,7689
13	15	3,017	0,6072	1,3363	2,2177
14	15	3,035	0,6045	1,8677	1,6478
15	15	3,16	0,6091	1,9284	1,7502
16	10	3,057	0,6072	1,2410	2,3984
17	10	3,038	0,6025	1,4189	2,1711
18	10	3,094	0,6105	2,1547	1,5025

CÁLCULOS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO - LÍQUIDO:

$$X_F = \left\{ F - I - \frac{\%h * F}{100} \right\} / I \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$X_{M1} = \frac{F X_F + S Y_S}{M_1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$K = (SR / I) I = \frac{(R_1 - I)}{I} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$X_P = \frac{K}{(1 + K)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$E_1 = \frac{M_1 (X_{M1} - X_1)}{(Y_1 - X_1)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$R_1 = M_1 + E_1 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\%EXTRACTO = \frac{E_1 \times Y_1}{F_1 \times X_1} \quad \dots\dots\dots (7)$$

ANEXO 3: EVALUACIÓN SENSORIAL

Tratamientos:

A: temperatura de tostado =160°C; Tiempo de tostado = 20 minutos

B: temperatura de tostado =170°C; Tiempo de tostado = 20 minutos

C: temperatura de tostado =180°C; Tiempo de tostado = 20 minutos

ANEXO 3.1: Puntaje de evaluación sensorial, atributo sabor

Panelistas	Tratamientos		
	A	B	C
1	7,5	8,0	7,5
2	6,0	6,5	6,0
3	9,5	8,0	9,5
4	8,0	8,5	9,0
5	9,0	8,0	9,0
6	8,0	8,0	8,0
7	7,5	7,5	8,5
8	7,5	7,5	8,0
9	7,0	9,0	8,0
10	8,0	7,0	7,0
11	9,5	9,5	8,5
12	8,5	9,0	8,5
13	8,0	8,0	9,5
14	9,0	9,5	7,5
15	7,0	9,5	7,5
16	6,5	8,5	8,0
17	7,0	8,0	8,0
18	7,0	8,5	8,0
19	7,0	8,5	8,0
20	6,5	8,0	8,0

ANEXO 3.2: Puntaje de evaluación sensorial, atributo acidez.

Panelistas	Tratamientos		
	A	B	C
1	7,0	9,0	8,0
2	7,5	8,5	8,0
3	6,5	9,0	7,0
4	6,0	9,0	7,5
5	7,0	8,0	7,5
6	6,5	8,0	7,0
7	7,0	8,5	9,0
8	7,5	8,0	9,0
9	6,5	7,0	8,5
10	8,0	9,0	9,0
11	6,0	7,0	8,0
12	9,0	7,0	7,0
13	7,0	8,0	8,0
14	8,0	7,0	8,0
15	6,0	8,0	7,0
16	8,0	9,0	9,0
17	9,0	8,5	9,0
18	8,5	9,0	9,5
19	8,0	9,0	9,5
20	7,0	9,0	9,0

ANEXO 3.3: Puntaje de evaluación sensorial, atributo cuerpo.

Panelistas	Tratamientos		
	A	B	C
1	7,5	8,5	9,5
2	7,0	7,0	9,0
3	8,5	9,0	9,5
4	8,0	8,0	9,0
5	8,0	8,0	7,0
6	6,0	9,5	9,0
7	7,5	7,5	8,5
8	6,5	8,0	7,5
9	7,0	8,0	7,5
10	8,0	7,0	6,0
11	7,0	9,0	8,0

12	6,5	7,0	9,0
13	7,5	9,0	9,0
14	9,0	9,5	9,5
15	6,0	9,0	7,5
16	7,5	9,5	7,0
17	7,0	9,0	7,5
18	7,0	8,0	7,5
19	7,5	9,0	8,0
20	8,0	9,5	7,5

ANEXO 3.4: Puntaje de evaluación sensorial, atributo color.

Panelistas	Tratamientos		
	A	B	C
1	7,0	8,0	8,0
2	8,0	9,0	8,0
3	8,0	7,5	7,5
4	8,0	8,5	8,0
5	7,0	9,0	8,0
6	6,5	9,5	8,0
7	8,0	9,0	9,5
8	7,5	9,5	9,5
9	7,0	8,0	9,5
10	7,0	8,0	8,5
11	7,0	7,0	7,0
12	7,0	8,0	8,0
13	7,5	7,0	8,0
14	9,0	9,0	9,5
15	8,0	9,5	9,0
16	8,0	8,0	8,0
17	8,0	8,0	9,0
18	8,0	7,5	9,0
19	9,0	9,0	9,0
20	7,5	8,0	9,5

ANEXO 3.5: Puntaje de evaluación sensorial, olor.

Panelistas	Tratamientos		
	A	B	C
1	8,0	8,5	8,5
2	6,0	6,0	6,0
3	8,5	7,5	8,0
4	6,5	6,5	6,5
5	8,0	8,0	9,0
6	8,0	9,0	9,5
7	6,0	7,5	8,0
8	7,0	7,5	7,5
9	6,0	9,0	9,0
10	8,0	9,0	8,0
11	7,5	9,0	8,0
12	7,5	7,0	6,5
13	8,5	8,0	9,5
14	8,5	8,5	9,0
15	7,5	9,5	8,0
16	7,5	9,5	8,0
17	7,0	8,5	8,0
18	8,0	8,0	8,0
19	8,0	9,0	8,0
20	7,0	8,0	8,0

ANEXO 3.6: Puntaje de evaluación sensorial, apariencia general.

Panelistas	Tratamientos		
	A	B	C
1	7,5	8,5	8,0
2	8,0	9,0	8,0
3	7,0	9,0	8,0
4	8,0	8,5	8,0
5	6,0	8,0	7,5
6	7,0	8,5	7,5
7	9,0	9,5	9,5
8	8,5	9,0	9,5
9	8,5	9,0	9,5
10	8,0	9,5	8,0
11	9,0	8,0	7,0
12	7,0	9,0	9,0
13	7,0	7,0	7,0
14	9,0	9,0	9,5
15	7,0	9,0	9,0
16	8,0	8,0	9,0
17	7,5	8,0	8,5
18	9,0	7,5	9,5
19	8,0	8,0	9,0
20	7,5	9,0	9,5

**ANEXO 4: RESULTADO DE LA PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE
DUNCAN PARA PANELISTAS.**

ANEXO 4.1: Atributo sabor

Duncan	Agrupamiento	Media	N	Panelista
	A	9,1667	3	11
	A			
B	A	9,0000	3	3
B	A			
B	A C	8,6667	3	14
B	A C			
B	A C	8,6667	3	12
B	A C			
B	A C	8,6667	3	5
B	A C			
B	A C	8,5000	3	4
B	A C			
B	A C	8,5000	3	13
B	A C			
B	A C	8,0000	3	6
B	A C			
B	A C	8,0000	3	9
B	A C			
B	A C	8,0000	3	15
B	A C			
B	A C	7,8333	3	18
B	A C			
B	A C	7,8333	3	7
B	A C	7,8333	3	19
B	C			
B	C	7,6667	3	8
B	C			
B	C	7,6667	3	16
B	C			
B	C	7,6667	3	1
B	C			
B	C	7,6667	3	17
	C			
	C	7,5000	3	20
	C			
	C	7,3333	3	10
D		6,1667	3	2

ANEXO 4.2: Atributo color

Duncan				
Agrupamiento		Media	N	Panelista
	A	9,1667	3	14
	A			
B	A	9,0000	3	19
B	A			
B	A C	8,8333	3	7
B	A C			
B	A C	8,8333	3	8
B	A C			
B	A C	8,8333	3	15
B	A C			
B	A C	8,3333	3	2
B	A C			
B	A C	8,3333	3	17
B	A C			
B	A C	8,3333	3	20
B	A C			
B	A C	8,1667	3	9
B	A C			
B	A C	8,1667	3	18
B	A C			
B	A C	8,1667	3	4
B	A C			
B	A C	8,0000	3	5
B	A C			
B	A C	8,0000	3	6
B	A C			
B	A C	8,0000	3	16
B	C			
B	C	7,8333	3	10
	C			
	C	7,6667	3	1
	C			
	C	7,6667	3	3
	C			
	C	7,6667	3	12
E	D	7,5000	3	13
E				
E		7,0000	3	11

ANEXO 4.3: Atributo olor

Duncan			Media	N	PANELISTA
Agrupamiento					
	A		8,8333	3	6
	A				
	A		8,6667	3	13
	A				
	A		8,6667	3	14
	A				
B	A		8,3333	3	19
B	A				
B	A		8,3333	3	1
B	A				
B	A		8,3333	3	16
B	A				
B	A		8,3333	3	15
B	A				
B	A		8,3333	3	10
B	A				
B	A		8,3333	3	5
B	A				
B	A	C	8,1667	3	11
B	A	C			
B	A	C	8,0000	3	18
B	A	C			
B	A	C	8,0000	3	9
B	A	C			
B	A	C	8,0000	3	3
B	A	C			
B	A	C	7,8333	3	17
B	A	C			
B	A	C	7,6667	3	20
B		C			
B	D	C	7,3333	3	8
B	D	C			
B	D	C	7,1667	3	7
	D	C			
E	D	C	7,0000	3	12
E	D				
E	D		6,5000	3	4
E					
E			6,0000	3	2

ANEXO 4.4: Atributo acidez

Duncan			Media	N	PANELISTA
Agrupamiento					
	A		9.0000	3	18
	A				
B	A		8,8333	3	17
B	A				
B	A		8,8333	3	19
B	A				
B	A	C	8,6667	3	16
B	A	C			
B	A	C	8,6667	3	10
B	A	C			
B	A	C	8,3333	3	20
B	A	C			
B	A	C	8,1667	3	7
B	A	C			
B	A	C	8,1667	3	8
B	A	C			
B	A	C	8,0000	3	1
B	A	C			
B	A	C	8,0000	3	2
B	A	C			
B	A	C	7,6667	3	13
B	A	C			
B	A	C	7,6667	3	14
B	A	C			
B	A	C	7,6667	3	12
B		C			
B		C	7,5000	3	3
B		C			
B		C	7,5000	3	5
B		C			
B		C	7,5000	3	4
		C			
		C	7,3333	3	9
		C	7,1667	3	6
		C	7,0000	3	15
		C	7,0000	3	11

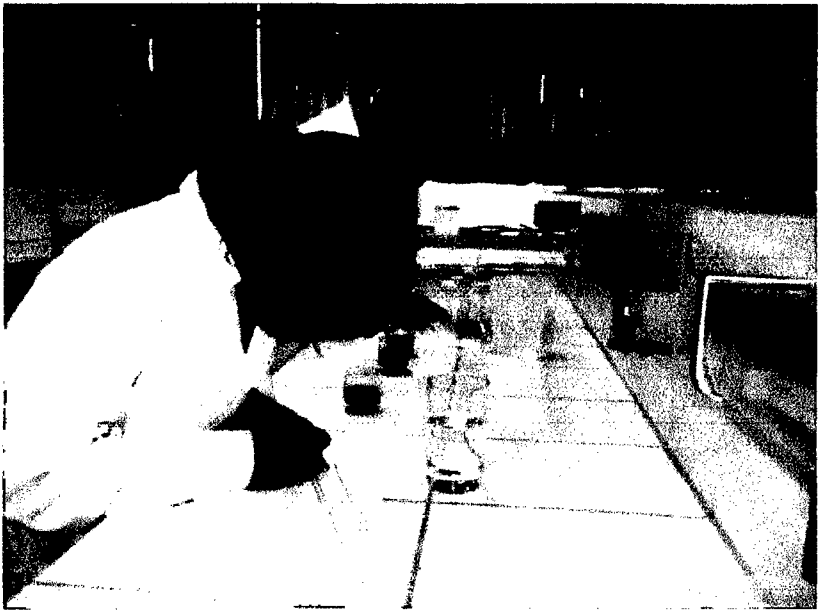
ANEXO 4.5: Atributo cuerpo

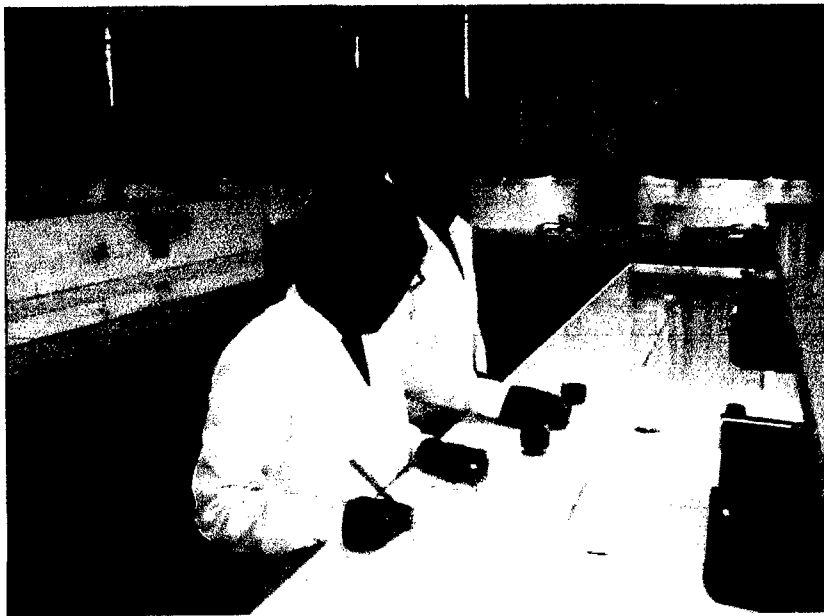
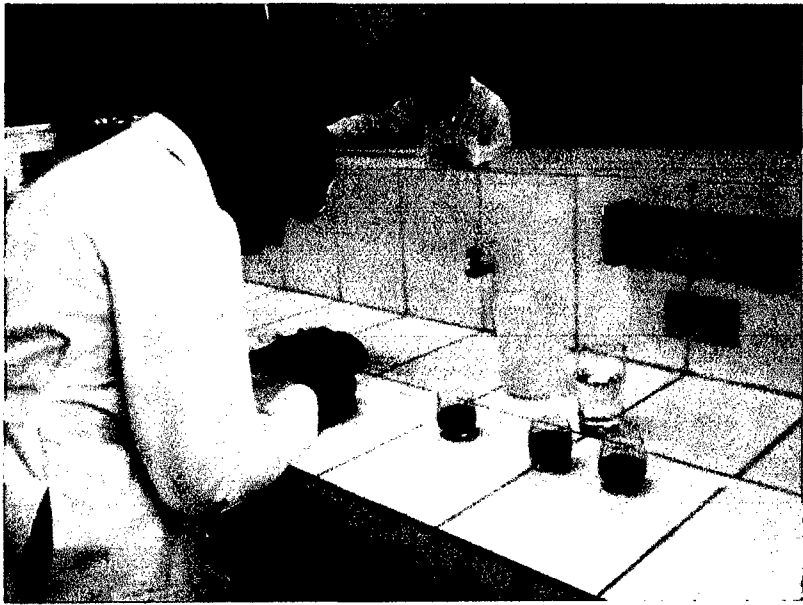
Duncan Agrupamiento			Media	N	PANELISTA
	A		9,3333	3	14
	A				
B	A		9,0000	3	3
B	A				
B	A	C	8,5000	3	1
B	A	C			
B	A	C	8,5000	3	13
B	A	C			
B	A	C	8,3333	3	4
B	A	C			
B	A	C	8,3333	3	20
B	A	C			
B	A	C	8,1667	3	19
B	A	C			
B	A	C	8,1667	3	6
B	A	C			
B	A	C	8,0000	3	11
B	A	C			
B	A	C	8,0000	3	16
B	A	C			
B	A	C	7,8333	3	17
B	A	C			
B	A	C	7,8333	3	7
B		C			
B		C	7,6667	3	2
B		C			
B		C	7,6667	3	5
B		C			
B		C	7,5000	3	18
B		C			
B		C	7,5000	3	12
B		C			
B		C	7,5000	3	9
B		C			
B		C	7,5000	3	15
		C			
		C	7,3333	3	8
		C			
		C	7,0000	3	10

ANEXO 4.6: Atributo apariencia general

Duncan				
Agrupamiento		Media	N	PANELISTA
	A	9,3333	3	7
	A			
B	A	9,1667	3	14
B	A			
B	A	9,0000	3	9
B	A			
B	A	9,0000	3	8
B	A			
B	A C	8,6667	3	18
B	A C			
B	A C	8,6667	3	20
B	A C			
B	A C	8,5000	3	10
B	A C			
B D	A C	8,3333	3	19
B D	A C			
B D	A C	8,3333	3	15
B D	A C			
B D	A C	8,3333	3	12
B D	A C			
B D	A C	8,3333	3	2
B D	A C			
B D	A C	8,3333	3	16
B D	A C			
E B D	A C	8,1667	3	4
E B D	C			
E B D	C	8,0000	3	1
E B D	C			
E B D	C	8,0000	3	17
E B D	C			
E B D	C	8,0000	3	11
E B D	C			
E B D	C	8,0000	3	3
E D	C			
E D	C	7,6667	3	6
E D				
E D		7,1667	3	5
E				
E		7,0000	3	13

ANEXO 5: FOTOGRAFÍAS DE LA MUESTRA Y DE LOS PANELISTAS





ANEXO 6: FORMATO UTILIZADO POR LOS PANELISTAS

FORMATO PARA LA PRUEBA DE ANÁLISIS SENSORIAL CUANTITATIVO

FECHA: _____ HORA: _____

CRITERIOS DE EVALUACIÓN			
9,00: Excelente	8,00: Muy bueno	7,00: Bueno	6,00: Regular
9,25	8,25	7,25	6,25
9,50	8,50	7,50	6,50
9,75	8,75	7,75	6,75

Frente a usted hay una muestra de una bebida sucedáneo al café, usted debe probarla y evaluarla de acuerdo a cada uno de los atributos mencionados. Marque con X sobre la casilla según sea el criterio del atributo evaluado.

Muestra Nº	Nivel de tuesta	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Suma:
		Sabor	Acidez	Cuerpo	Color	Olor	Apariencia general	
		☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
		6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
NOTAS:								PUNTAJE FINAL:

Muestra Nº	Nivel de tuesta	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Suma:
		Sabor	Acidez	Cuerpo	Color	Olor	Apariencia general	
		☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
		6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
NOTAS:								PUNTAJE FINAL:

Muestra Nº	Nivel de tuesta	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Suma:
		Sabor	Acidez	Cuerpo	Color	Olor	Apariencia general	
		☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
		6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
NOTAS:								PUNTAJE FINAL:

ANEXO 7: EVALUACIÓN DE LA PLANTA PILOTO AUTOMATIZADA DE EXTRACCIÓN SÓLIDO /LÍQUIDO

ANEXO 7.1: TORNILLO SIN FIN (T1) DEL EXTRACTOR

Velocidad de rotación (%)	tiempo (segundo)	tiempo promedio (segundo)	tiempo promedio (min)	Velocidad de rotación (rpm)
5	112,05	111,63	1,86	0,5
	111,55			
	111,30			
10	60,59	60,23	1,00	1,0
	60,54			
	59,55			
15	40,38	40,40	0,67	1,5
	40,36			
	40,45			
20	29,85	29,91	0,50	2,0
	29,90			
	29,97			
25	23,86	23,81	0,40	2,5
	23,81			
	23,77			
30	19,93	20,06	0,33	3,0
	20,12			
	20,13			
35	17,28	17,31	0,29	3,5
	17,39			
	17,27			
40	14,77	15,03	0,25	4,0
	15,11			
	15,20			
45	13,45	13,46	0,22	4,5
	13,57			
	13,37			
50	12,10	12,10	0,20	5,0
	12,12			
	12,08			

ANEXO 7.2: TORNILLO SIN FIN (T2) DE ALIMENTACION DEL SÓLIDO

Velocidad de rotación (%)	tiempo (segundo)	tiempo promedio (segundo)	tiempo promedio (min)	Velocidad de rotacion (rpm)
10	40,75	40,83	0,68	1,5
	40,89			
	40,86			
15	29,45	29,39	0,49	2,0
	29,36			
	29,35			
20	19,60	19,97	0,33	3,0
	19,50			
	20,81			
25	14,74	14,86	0,25	4,0
	14,90			
	14,94			
30	13,24	13,28	0,22	4,5
	13,15			
	13,45			
35	11,87	11,92	0,20	5,0
	11,90			
	11,98			

* El producto utilizado es pastoso (Cáscara de haba tostada y molida) para lo cual se utilizan los dos temporizadores en una relación de 4:2 segundos (4= marcha, 2=parada)

ANEXO 08: DISEÑO CONSTRUCCIÓN DEL TOSTADOR ROTATORIO

CÁLCULOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL TOSTADO POR BACH

Para el cálculo se toma como referencia la densidad de la cascara de haba, la misma que es la más producida en la región de Ayacucho, se emplean los datos de volumen y peso promedio:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (Ecuación 1)$$

Ensayos	Masa (g)	Volumen (L)	Densidad aparente g/L (ρ)
1	50,0150	0,3101	161,2867
2	50,0100	0,3255	153,6406
3	50,4200	0,3056	165,0139
4	50,1200	0,3106	161,3911
5	50,2200	0,3260	154,0444
PROMEDIO	50,1570	0,3155	159,0753

DISEÑO MECÁNICO

Para la construcción del tostador rotatorio tuvo que pasar varias etapas: diseño – diagramación, dibujo y adecuación de las partes del equipos tales como el cilindro tostador, la estructura, el sistema de calentamiento, sistema de enfriamiento, el sistema de transmisión de movimiento, y la selección de materiales que se va a utilizar en la construcción del equipo. Para ello se planificaron las siguientes actividades:

- Identificación del problema
- Generación de ideas de mecanismos
- Selección de la mejor alternativa
- Bosquejo inicial y fina del diseño
- Dibujar el mecanismo en Google SketchUP
- Dimensiones del mecanismo
- Selección de las partes mecánicas
- Evaluación de posible mejoras del sistema
- Aplicación de las mejoras en el diseño
- Diseño final

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE LA TOSTADORA

Para el dimensionamiento de los diferentes elementos de la tostadora de cascara de haba (también se puede usar para otros granos como el café, cebada, etc

A continuación se hace un estudio de cada uno de los elementos mecánicos a seleccionar o dimensionar.

CILINDRO TOSTADOR

Este sistema se basa en un tambor giratorio montado sobre un eje que le transmite su movimiento, éste tambor se sitúa por encima del sistema de combustión donde se realiza la transferencia de calor por la radiación y convección, proveniente de los quemadores.

Cilindro Tostador (Tambor)

La capacidad nominal de la tostadora es de 2 kg por cada 20 [min], éste va solidario a un eje motriz acoplado a un volante que le da sustentación para que el cilindro gire.

Las dimensiones de la cámara de tostado son determinadas por la cantidad de producto a tostar por lo que para que exista una transferencia de calor correcta es necesario que la cámara de tostado tenga un volumen superior a la tanda de 3 kg de cáscara de haba.

La densidad de la cáscara de haba almacenada en estado 159,0753 g/L. El volumen que ocupa cada tanda de cacao de 3 [kg] es igual a la relación de su masa por la densidad de la cáscara de haba, es decir:

$$V_{\text{Bach}} = m_{\text{Bach}} / \rho \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 2)}$$

m_{Bach} = masa del producto por Bach.

ρ = densidad del producto.

$$V_{\text{Bach}} = (2000\text{g}/159,0753\text{g/L}) = 12,6\text{L de cáscara de haba.}$$

Para un tiempo de tostado de 15 - 20 minutos por cada 1 Kg de cascara de haba y 5-10 minutos destinados al enfriamiento del mismo, la velocidad de tostado (V_{Tostado}) es:

$$V_{\text{tostado}} = m_{\text{Bach}} / T_{\text{Tostado}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3)}$$

m_{Bach} = masa del producto por Bach.

T_{Tostado} = tiempo de tostado

$$V_{\text{tostado}} = (2000\text{g}/20\text{min}) \times (60\text{min}/1\text{h}) = 6000\text{g/h}$$

Debido a que en el tostador, la semilla ubicada inicialmente en la parte inferior del cilindro debe ocupar 1/3 partes del volumen total para un tostado homogéneo al giro de este entonces el volumen real es el siguiente: V_2 sería el siguiente:

$$V_2 = V_3 \dots \dots \dots \text{(Ecuación 4)}$$

$$V_2 = 37,8 = 38L$$

Margen de seguridad 5%

$$V_2 = 38 + 38 \times 5\% = 39,9 = 40L$$

$$V_2 = V_{\text{Ral}} = 0,04m^3$$

Realizando un proceso iterativo se determina el diámetro y la longitud más acorde con el volumen obtenido anteriormente.

$$V = \pi \times r^2 \times h \dots \dots \dots \text{(Ecuación 5)}$$

V = Volumen del tostador

r = radio del cilindro

h = altura del cilindro

Diámetro del tambor: 0.30 [m]

Longitud del tambor: 0.6 [m]

$$V = \pi \times (0,15m)^2 \times 0,6 = 0,04m^3$$

Dimensión de las aspas radiales de bordes de 90 °C

Diámetro del tostador: $D = 0.30 \text{ m}$

Altura de las aspas: $h = D/9^\circ$; $h = 0.033 \approx 0.035 \text{ m}$

Numero de aspas:

Diámetro del tostador en pies: $D = 0,984 \text{ pies}$

Numero de aspas:

$$Na=3,5D^{\star}; Na = 3,5 \approx 4.0$$

Selección del espesor del cilindro

El material empleado para la construcción de la cámara de tostado es fierro. La presión ocasionada por el cacao en la pared interna del cilindro tostador es la siguiente:

$$P= F/A \quad \dots\dots\dots (Ecuación 6)$$

Donde:

P: Presión que ejerce el cacao sobre las paredes del cilindro tostador
[kg/cm²]

F: Peso de la cascara [Kg]

A: Área que abarca la cascara dentro del cilindro.

$$P= 2,0 \text{ kg} / 471.3333 \text{ cm}^2 = 0.0042 \text{ kg/cm}^2$$

Considerando a la cámara de tostado como un cilindro de pared delgada los esfuerzos que provoca el cacao son los siguientes:

$$\sigma_{tra} = (P \times di) / (2 \times t) \dots\dots\dots (Ecuación 7)$$

$$\sigma_{lon} = (P \times di) / (4 \times t) \dots\dots\dots (Ecuación 8)$$

El espesor de la plancha empleada para la cámara de tostado es de 2, 0
[mm] = 0, 2 cm

$$\sigma_{tra} = (0,0042 \times 30) / (2 \times 0,2) = 0,3150 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{lon} = (0,0042 \times 30) / (4 \times 0,2) = 0,1575 \text{ kg/cm}^2$$

Se puede observar que los esfuerzos son muy bajos y el material de 2 [mm] de espesor sobrepasa cualquier requerimiento.

Cálculo de temperaturas, espesores y energía del sistema de tostado.

Se hace un análisis de transferencia de calor por conducción unidireccional en estado estable para encontrar las temperaturas superficiales en el proceso así como también los espesores de los cilindros del sistema de tostado.

En el sistema de tostado (Por Bach) hay dos flujos que se originan en el sistema de combustión, estos están orientados de forma opuesta, el primer flujo es la energía que entra a la cámara de tostado como calor aprovechado para tostar el grano, el otro flujo es la energía que se dirige a los exteriores como calor perdido en el sistema.

Para calcular el flujo de calor aprovechado y perdido por el sistema se utiliza la ecuación de resistencia térmica tanto para conducción y convección en cilindros.

Resistencia térmica por convección:

$$R_{t,conv} = 1 / h \times A \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

$R_{t,conv}$ = Resistencia térmica por convección, [°C/W]

h = Coeficiente de convección, [W/m²°C]

A = Área transversal al flujo de calor, [m²]

Resistencia térmica por conducción para cilindros:

$$R_{t,conv} = \ln(r_{ext}/r_{int}) / (2 \cdot \pi \cdot L \cdot k) \dots\dots\dots \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

$R_{t,conv}$ = Resistencia térmica por conducción, [°C/W]

r_{ext} = Radio externo del cilindro, [m]

r_{int} = Radio interno del cilindro, [m]

L = Longitud del cilindro, [m]

K = Conductividad térmica del material, [W/m°C]

Para una mejor comprensión de cómo se transfiere el calor a los exteriores del cilindro tostador se esquematiza un circuito térmico.

Utilizando las ecuaciones de resistencia térmica 11 y 12 se obtiene la resistencia térmica al calor aprovechado en la cámara de tostado y las pérdidas de calor:

$$R_{T1} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 11)}$$

$$R_{T1} = (1 / h_i \times A_1) + (\ln (r_1/r_2) / 2 \pi \times k_a \times L) + (1/ h_1 \times A_2) + (1/ (h_a \times h_r) \times A_1) \dots\dots\dots \text{(Ecuación 12)}$$

Donde:

A_1 : Área transversal al flujo de calor en la pared interna de la cámara de tostado: 0,5575m²

A_2 : Área transversal al flujo de calor en la pared externa de la cámara de tostado: 0,5650 m²

h_i : Coeficiente de convección en el área tostado: 18 w/m² °C

h_1 : Coeficiente de convección en el sistema de combustión: 5 w/m² °C

h_a : Coeficiente de convección del aire a T° ambiente: 5 w/m² °C

h_r : Coeficiente de radiación a la temperatura ambiente: 11 w/m² °C

k_a : Conductividad térmica para el fierro: 14.9 W/m°C

r_1 : Radio interior lámina de fierro: 0,30 m

r_2 : Radio exterior lámina de fierro: 0,28 m

L : Longitud del sistema de combustión: 0,5m

Reemplazando estos valores en la ecuación 12 se obtiene la resistencia

R_{T1} :

$$R_{T1} = 0,4652 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Para conocer la cantidad de flujo de calor necesario para el tostado, se

utiliza la ecuación 13: $q = \Delta T / R_{\text{ter}}$ (Ecuación 13)

Donde:

q : Flujo de Calor, [W]

ΔT : Variación de Temperaturas, [$^\circ\text{C}$]

R_{ter} : Resistencia Térmica, [$^\circ\text{C/W}$]

Para aplicar la ecuación 13, es necesario encontrar las diferentes temperaturas para obtener el calor aprovechado y perdido respectivamente, entonces se utiliza la ecuación 14 para calcular el flujo másico de cacao en la tostadora:

$$m^o = m / \Delta t \quad \text{..... (Ecuación 14)}$$

Donde:

m^o : Flujo másico de cascara de haba, [Kg/s]

m : Masa de cascara de haba a tostar en un determinado tiempo: 2,0 [Kg]

Δt : Variación de tiempo que tarda la cascara de haba en tostarse, 1200[s]

Con estos se procede a calcular el flujo másico:

$$\dot{m}=2,0 \text{ kg/ } 1200 =0,002 \text{ kg/h}$$

Con el flujo másico y con el calor específico a presión constante de la cascara de haba, se puede encontrar la cantidad de energía necesaria para tostar la cascara de haba desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de tostado de 180°C.

$$q_{\text{aprov}}= \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_i - T_{\text{amb}}) \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 15)}$$

Donde:

q_{aprov} :Calor necesario para tostar el cacao sin pérdidas, [W]

$\dot{m}$: Flujo másico de la cáscara de haba, 0,592 Kg/s

C_p : Calor específico a presión constante para el haba, 1,85 kJ/kg*°C

T_i : Temperatura de tostado dentro de la cámara de tostado, 180 °C

T_{amb} : Temperatura ambiente, 24°C

Al colocar estos datos en la ecuación 4,20, se obtiene:

$$q_{\text{aprov}} = 0,592 \text{ kw/s} =592 \text{ w}$$

El calor necesario para 20 minutos es:

$$q_{\text{aprov}} =71 \text{ 040 w}$$

Este valor indica la energía que se debe suministrar a la cascara de haba para que este pase de una temperatura de 24 °C a 180°C y permanecer constante para que el cacao se tueste uniformemente.

Con la energía necesaria para tostar la cáscara de haba y la resistencia térmica al flujo de calor a la cámara de tostado, se puede encontrar la

temperatura a la que se debe encontrar el cilindro de tostado aplicando la ecuación 13 para el flujo de calor.

$$q_{aprov} = (T_1 - T_i)/R_{T,1} \dots\dots\dots (Ecuación 16)$$

Donde:

q_{aprov} =Calor necesario para tostar el cacao: 592,0 [W]

T_1 : Temperatura de la cámara de combustión.

T_i : Temperatura de la cámara de tostado, 180°C

R_{T1} : Resistencia térmica hacia la cámara de tostado, 0,4652 °C/w

Al despejar la temperatura de la cámara de combustión y aplicar los valores anteriormente encontrados, se obtiene el siguiente valor:

$$T_1 = 455,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Obtenida la temperatura de la cámara de combustión, se puede encontrar el flujo de calor que se pierde por los alrededores aplicando la ecuación 17.

$$q_{perd} =(T_1 - T_{\alpha})/ R_{T,2} \dots\dots\dots (Ecuación 17)$$

Donde:

q_{perd} : Calor perdido en los alrededores, [W]

T_1 : Temperatura de la cámara de combustión, 455,4 °C

T_{α} : Temperatura ambiente, 24 °C

R_{T1} = Resistencia térmica 0,4652 °C/W

$$q_{perd} =1184,8349 \text{ w}$$

La suma del calor aprovechado y el calor perdido, es la energía que deben suministrar los quemadores sin considerar la eficiencia de los mismos.

$$q_{\text{total}} = q_{\text{aprov}} + q_{\text{perd}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 18)}$$

$$q_{\text{total}} = 71040 + 1184.8349 = 72224,8349 \text{ w}$$

Sistema de calentamiento:

Quemadores

Para la máquina tostadora de la cascara de haba se utilizan quemadores atmosféricos debido a que las mezclas de gas y aire se encuentran a la presión atmosférica cuando se produce la combustión, además tienen un buen control de temperatura y en el mercado peruano esta opción demuestra gran versatilidad.

Un quemador atmosférico se compone principalmente de un inyector de gas, el cual en función de la presión de la línea de combustible y de la configuración del agujero de salida, induce el combustible y aire primario en un venturi, seguido de un tubo rectangular en el cual la mezcla reactiva es distribuida, la mezcla sale a través de pequeños agujeros en los cuales las llamas son estabilizadas. El proceso de inducción de aire primario acontece en función de una acción combinada de efectos difusivos y advectivos ejercidos por el combustible que sale del inyector, a presión, en el aire entorno al él. Estos efectos fluido-dinámicos dependen de las condiciones de presión, densidad del combustible y de la geometría del inyector.

La estrangulación del fluido a su paso por el venturi genera una caída de presión axial, induciendo aire al interior del quemador, después de la garganta del venturi, el fluido comienza a recuperar presión estática debido

a la expansión del área de flujo, hasta un valor superior al de la presión atmosférica en un punto localizado antes de los pequeños agujeros, lo anterior permite salida de mezcla reactiva por los agujeros en los cuales se forman las llamas.

La regulación de gas se obtiene por regulación de presión en el inyector.

La regulación de aire (Con gas a presión constante) se puede conseguir:

- Variando la sección de entrada de aire, por obturación de los orificios por donde entra, mediante un capuchón deslizante.

La evacuación de los gases de la combustión se realiza por las partes laterales descubiertas de la estructura del prototipo.

REVOLUCIONES NECESARIAS PARA HACER GIRAR EL TOSTADOR

Revoluciones por minuto: $N=30$ rpm

Carga rotatoria del material y equipo: $W=20$ kg

Carga viva de materia. $w=2$ kg

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

La estructura donde se sustenta el tambor giratorio y todos los componentes de la máquina tostadora. Los perfiles seleccionados para la máquina son de Tubos de 3/4.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:

Este sistema contara con un material de acero inoxidable, y que sus características y dimensiones se determinaran partiendo del volumen de granos calientes. Este valor viene a ser: $V_2 = 3L$

El volumen que debe ocupar los granos caliente es $2/3$ del volumen total del sistema de enfriamiento; entonces, se necesita 0.447 m^3 de volumen del sistema de enfriamiento. Luego de iteración se llega obtener las dimensiones del sistema de enfriamiento.

$L = 0,5 \text{ m}$; $h_1 = 0,3 \text{ m}$; $h_2 = 0,25 \text{ m}$ y espesor $= 1,0 \text{ mm}$

Para el censado de temperatura se utiliza un controlador de temperatura (RTD) que en este caso es un censored PT100.

DIAGRAMACIÓN

Dibujo y adecuación de las piezas del tostador.

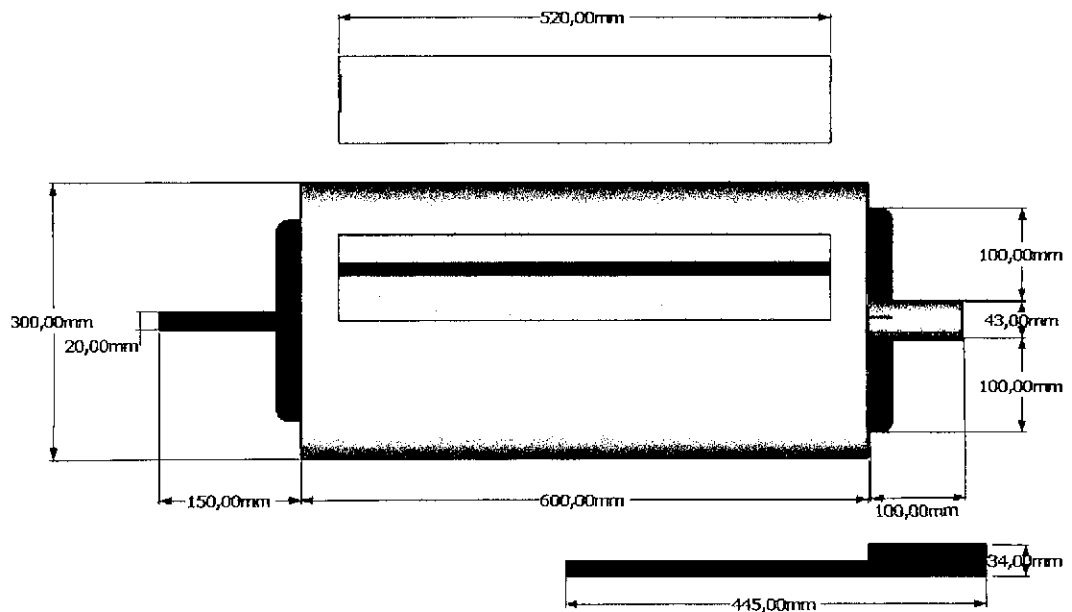


Figura 8.1: Dimensiones externas del cilindro tostador.

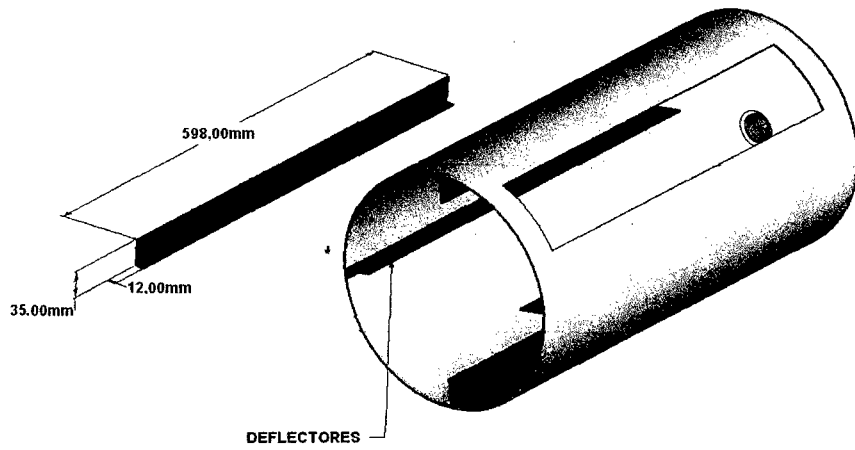


Figura 8.2: Dimensiones internas del cilindro tostador.

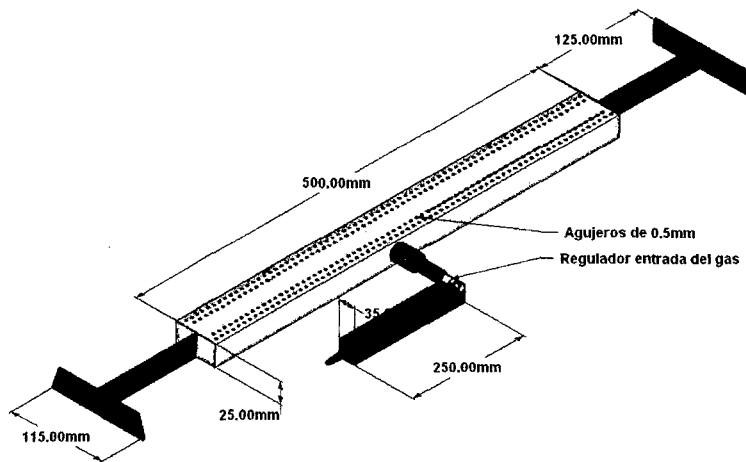


Figura 8.3: Dimensiones del quemador (hornilla).

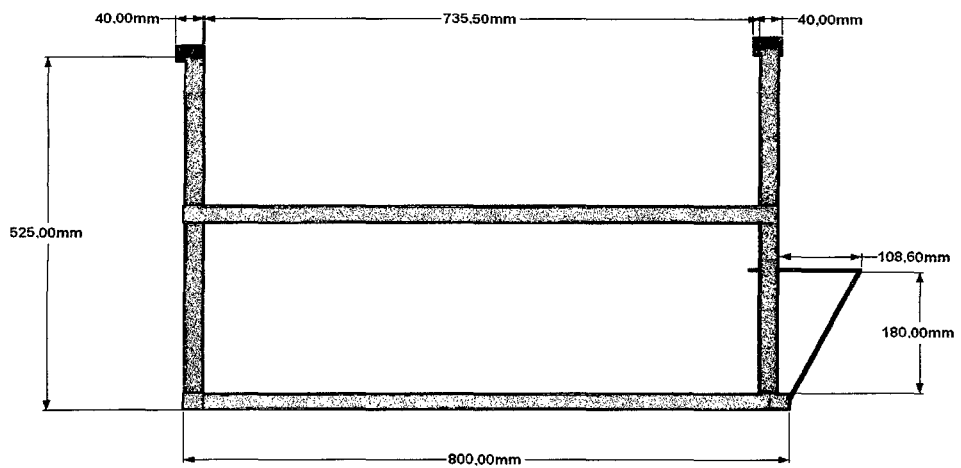


Figura 8.4: Dimensiones de la estructura (vista frontal).

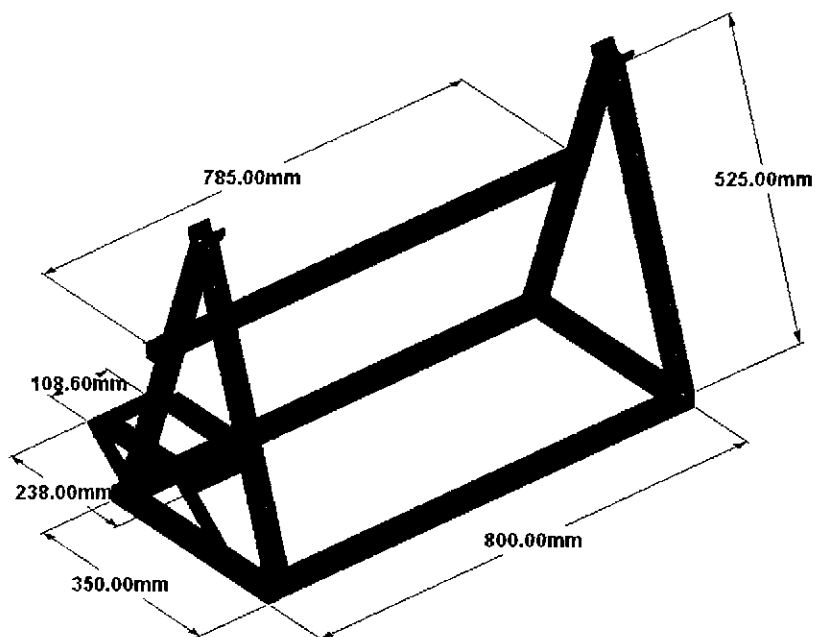


Figura 8.5: Dimensiones de la estructura (vista isométrica).

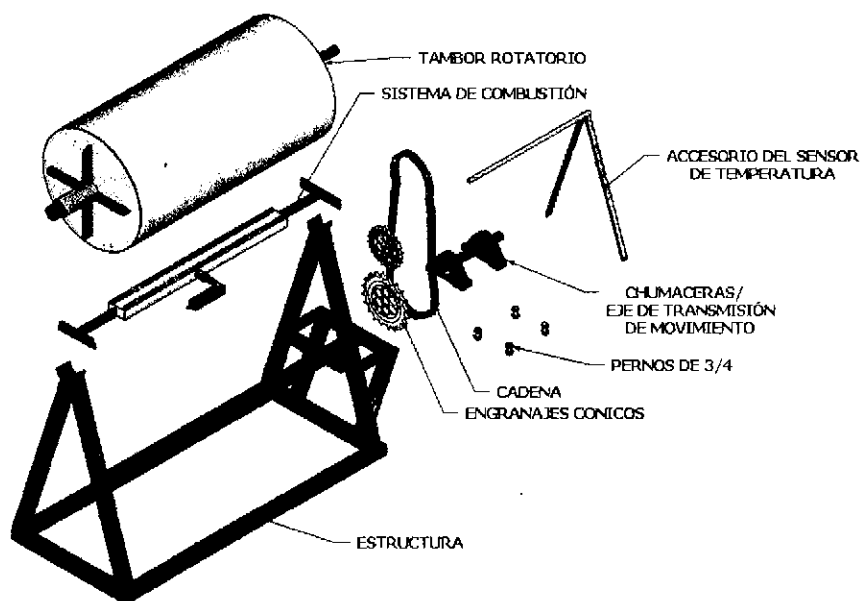


Figura 8.6: Despiece del equipo cilindro tostador rotatorio.

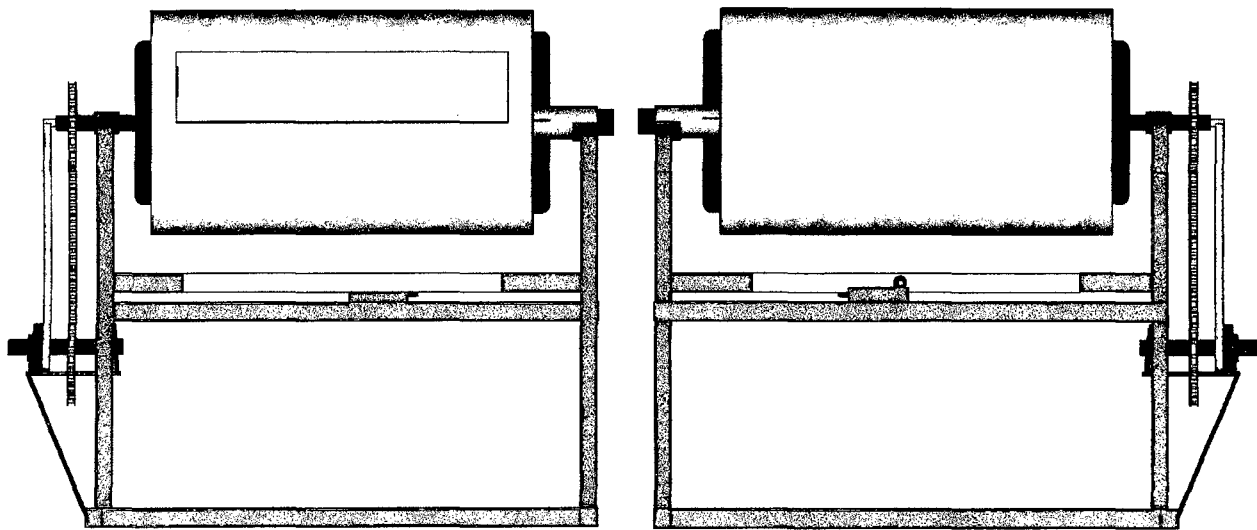


Figura 8.7: cilindro tostador, vista frontal y posterior.

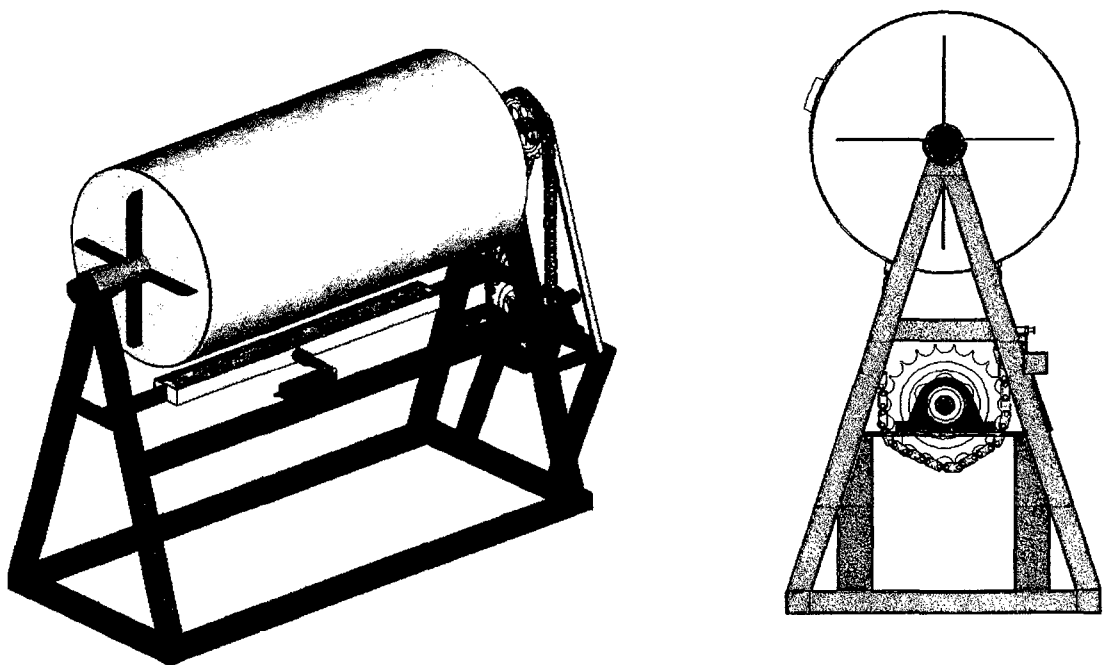


Figura 8.9: Cilindro tostador, vista isométrica y lateral.

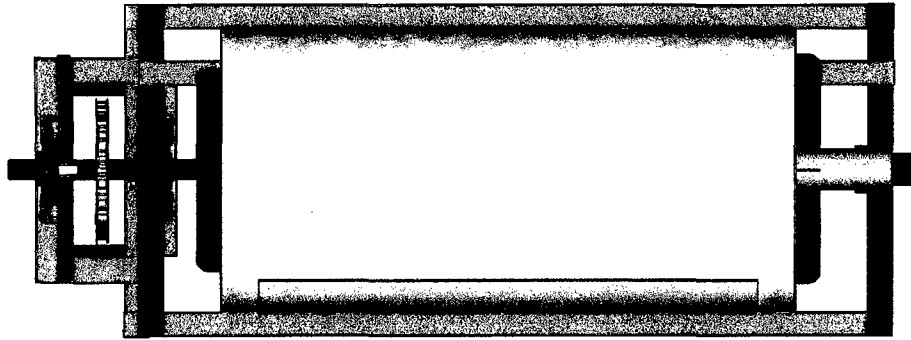


Figura 8.8: cilindro tostador, vista planta.

CONSTRUCCIÓN



Figura 8.10: Soldadura del Cilindro tostador



Figura 8.11: interior del Cilindro tostador con placas deflectoras

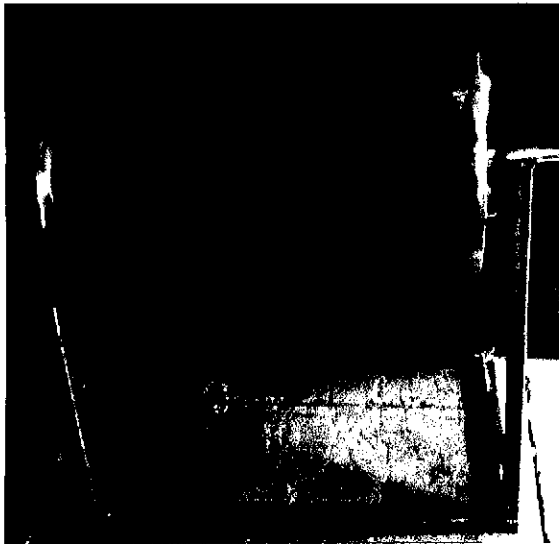


Figura 8.12: Cilindro tostador sobre la estructura



**Figura 8.13: Cilindro tostador con
Sus accesorios**

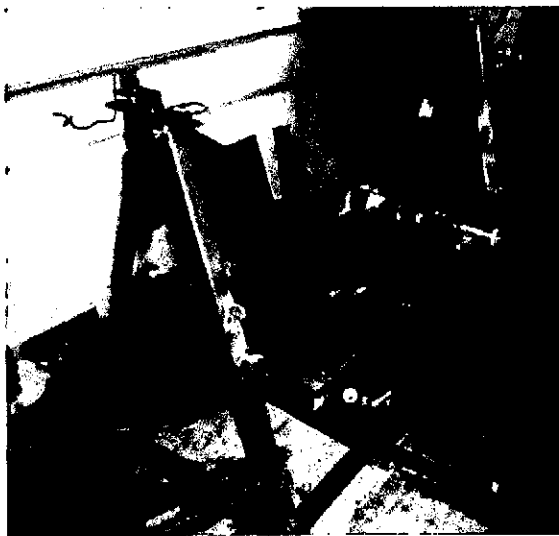


Figura 8.14: Estructura con el sistema de combustión

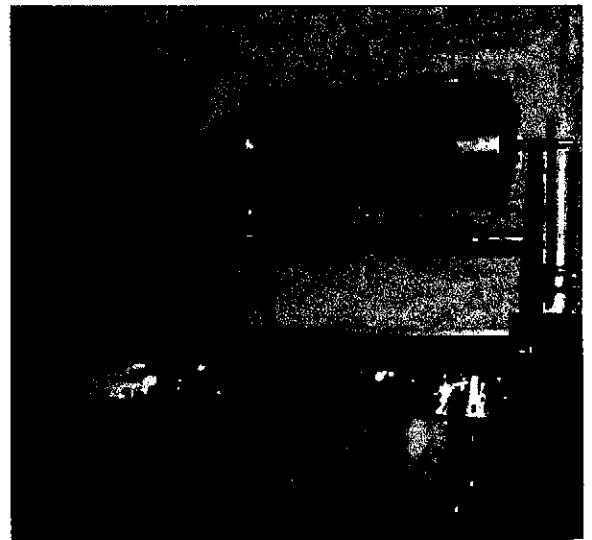


Figura 8.17: Armado del cilindro tostador

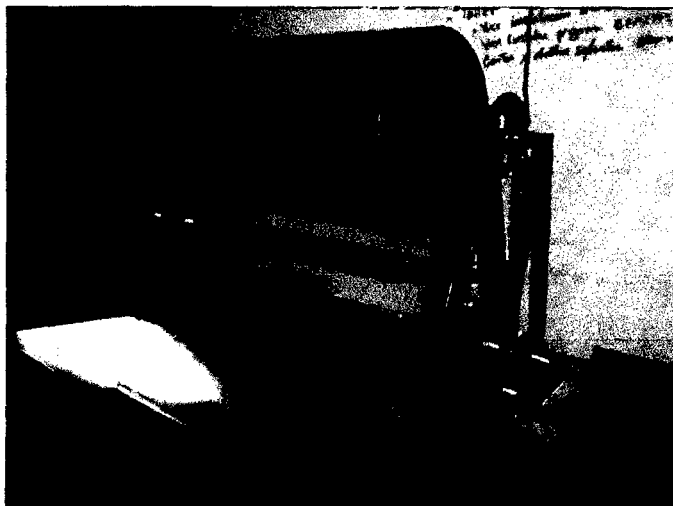


Figura 8.18: Acabado del cilindro tostador (vista isométrica derecha)



Figura 8.19: Acabado del cilindro tostador (vista isométrica izquierda)

BIBLIOTECA E INFORMACIÓN
CULTURAL
U.N.S.C.H.