

**DESARROLLO DE UN PROCESO A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA
OBTENCIÓN DE HARINA Y UN PRODUCTO ALIMENTICIO A BASE DE
OCARA DE SOYA**

**JULIANA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ
JULIANA ZAPATA NARVÁEZ**

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROCESOS
MEDELLÍN
2008**

**DESARROLLO DE UN PROCESO A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA
OBTENCIÓN DE HARINA Y UN PRODUCTO ALIMENTICIO A BASE DE
OCARA DE SOYA**

**JULIANA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ
JULIANA ZAPATA NARVÁEZ**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO DE PROCESOS**

**ASESORA
ELIZABETH OCAMPO
INGENIERA DE PROCESOS
UNIVERSIDAD EAFIT**

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROCESOS
MEDELLÍN
2008**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín ____ de _____ de 2009

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan los agradecimientos por su colaboración y asesoría en la realización de este proyecto:

A ELIZABETH OCAMPO, Ingeniera de Procesos, por su asesoría y acompañamiento en la realización de este proyecto.

Al COMITÉ PRIVADO DE ASISTENCIA A LA NIÑEZ (Comité PAN), por su apoyo, disposición y confianza para la realización de este proyecto.

A JUAN ALONSO LONDOÑO, por su colaboración y disposición para el préstamo de los equipos empleados para la realización de este proyecto.

A JORGE ENRIQUE DEVIA, Ph. D., por su asesoría en el desarrollo de este proyecto.

Al personal de los laboratorios de Ingeniería de Procesos, Edgar Arbeláez, Jhon Jairo Estrada, Sigifredo Cárdenas, Mauricio Londoño. Por su disposición y colaboración.

Al personal de los laboratorios de Ingeniería de Alimentos, Corporación Universitaria Lasallista, Maria Eugenia Villada, por su colaboración y acompañamiento en la realización de las pruebas de laboratorio.

A JOHN FREDDY BETANCUR, por su disposición y colaboración en el desarrollo de la parte experimental de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN	2
2	INTRODUCCIÓN	4
3	OBJETIVOS.....	6
4	MARCO TEÓRICO	7
4.1	LA SOYA	7
4.1.1	Generalidades	7
4.1.2	Ventajas nutritivas	8
4.1.3	Estructura y composición.....	10
4.1.4	Proceso de producción leche de soya.....	11
4.2	OCARA.....	12
4.3	HARINA DE OCARA	14
4.3.1	Definición de la harina.....	14
4.3.2	Composición de la harina de trigo	15
4.4	PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN	18
4.5	PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE OCARA DE SOYA.....	20
4.5.1	Filtración.....	20
4.5.2	Secado	21
4.5.2.1	Parámetros que intervienen en el proceso de secado.....	22
4.5.2.2	El proceso de secado	24
4.5.2.3	Condiciones internas y externas.....	25
4.5.2.4	Movimiento de la humedad en el producto a secar	25
4.5.2.5	Agua contenida en los alimentos	27
4.5.2.6	Ventajas de los productos secos	27
4.5.3	Molienda	28
4.5.3.1	Variables de la operación.....	29
4.5.4	Tamizado	30
5	METODOLOGÍA	31
5.1	HIPOTESIS.....	31

5.2	ASPECTOS METODOLÓGICOS	31
5.2.1	Tipo de estudio	31
5.2.2	Recolección de datos y tratamiento de la información	32
5.3	OBTENCION DE HARINA DE OCARA DE SOYA.....	32
5.3.1	Proceso.....	32
5.3.1.1	Filtración.....	32
5.3.1.2	Secado	33
5.3.1.3	Molienda y tamizado	33
5.3.2	Equipos utilizados	33
5.3.2.1	Deshidratador de alimentos.....	33
5.3.2.2	Molino de discos.....	34
5.4	SELECCIÓN DEL PRODUCTO A DESARROLLAR A PARTIR DE LA HARINA DE OCARA DE SOYA.....	36
5.5	PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS	37
5.5.1	Preensayos de laboratorio	37
5.5.1.1	Procedimientos y equipos utilizados.....	37
5.5.2	Procedimiento y evaluación de los procesos	40
5.5.3	Procedimiento y evaluación de las condiciones panificadoras	44
5.5.4	Procedimiento de evaluación para los análisis de laboratorio..	47
5.5.4.1	Análisis fisicoquímico	47
5.5.4.2	Análisis microbiológico	47
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	49
6.1	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN.....	49
6.2	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SECADO	50
6.3	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MOLIENDA	52
6.4	EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES PANIFICADORAS.....	54
6.5	ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	55
6.5.1	Análisis fisicoquímico	55
6.5.2	Análisis microbiológico	58
7	FLUJOGRAMA DEL PROCESO	59
8	BALANCES DE MASA Y ENERGÍA	60
8.1	BALANCE DE MASA	60
8.2	BALANCE DE ENERGÍA	61

9	ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA	65
10	CONCLUSIONES	70
11	RECOMENDACIONES	74
12	BIBLIOGRAFÍA	75
13	ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Volúmenes de Producción y de Importación de Soya (ARIAS L., 2008)..	8
Tabla 2. Propiedades de la soya (PAN, 2007)	10
Tabla 3. Composición de la harina de trigo (BENNION, 1970; GÓMEZ S., 1969)	17
Tabla 4. Cantidades de harina necesarias para cada mezcla	45
Tabla 5. Datos definitivos de filtración manual.....	49
Tabla 6. Datos definitivos de granulometría por tamizado	53
Tabla 7. Resultados del panel sensorial	54
Tabla 8. Análisis fisicoquímico comparativo de las diferentes harinas.....	56
Tabla 9. Costo de los equipos para implementación del proyecto	66
Tabla 10. Consumo de servicios industriales de los equipos y su costo.....	68
Tabla 11. Requerimiento y costo de la mano de obra.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques. Proceso de producción leche de soya.....	12
Figura 2. Deshidratador de alimentos empleado en la experimentación	34
Figura 3. Molino de discos.....	35
Figura 4. Ocara de soya recibida de la planta de producción de PAN	40
Figura 5. Ocara de soya antes de filtrado manual	40
Figura 6. Ocara de soya después de filtrado manual	41
Figura 7. Ocara de soya dispuesta en las láminas de polietileno para llevar al deshidratador de alimentos (90 gr. aprox.).....	42
Figura 8. Láminas de ocara de soya dispuestas para ingresar al deshidratador de alimentos	42
Figura 9. Hojuelas de ocara de soya obtenidas del secado	43
Figura 10. Hojuelas de ocara de soya previas al licuado	43
Figura 11. Ocara de soya después del licuado y antes de la molienda.....	43
Figura 12. Contenido de humedad en base húmeda (Peso) Ensayo 1	51
Figura 13. Contenido de humedad en base húmeda (Peso) Ensayo 2	52
Figura 14. Gráfico de resultados del panel sensorial.....	55
Figura 15. Balance de masa del proceso de obtención de harina de ocara	61

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO HARINA DE OCARA.....	78
Anexo 2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO HARINA DE OCARA	79
Anexo 3. RESULTADO FINAL PORCENTAJE DE HUMEDAD HARINA DE OCARA DE SOYA.....	80
Anexo 4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO MEZCLA DE HARINA DE TRIGO Y HARINA DE OCARA DE SOYA (70/30)	81
Anexo 5. FORMATO PANEL SENSORIAL PAN CON MEZCLAS HARINA DE TRIGO / HARINA DE OCARA.....	82
Anexo 6. MOLINO DE MARTILLOS PARA EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA	84
Anexo 7. FILTRO MANUAL Y DESHIDRATADOR DE ALIMENTOS PARA EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	86

1 RESUMEN

La producción de leche de soya genera como subproducto la o cara, un material insoluble compuesto básicamente de proteína, fibra y carbohidratos. Este producto es utilizado en la industria de alimentos para animales por su valor proteínico.

Con esta investigación, mediante tratamientos recomendados en la literatura para materiales de características similares a las de la o cara, se desarrolló un proceso con el cual este material con un porcentaje de humedad superior al 80%, (lo que hace que su tiempo de vida útil sea corto), se llevó hasta una harina con un porcentaje de humedad en un rango entre el 8% y 10%, harina de buena calidad fisicoquímica y de propiedades organolépticas y alimenticias excelentes comparadas con productos de la misma naturaleza; para ser utilizado en alimentos para consumo humano, logrando además alargar su tiempo de vida útil. El proceso desarrollado incluye filtración, secado y molienda.

Como segunda etapa del proyecto, se desarrolló un producto a partir de esta harina. El producto seleccionado fue un pan, teniendo en cuenta que el COMITÉ PRIVADO DE ASISTENCIA A LA NIÑEZ (Comité PAN), entidad interesada en este proyecto, cuenta con un horno para su uso en panificación que actualmente se encuentra subutilizado.

La harina obtenida se incorporó junto con harina de trigo en un pan, realizando muestras con tres relaciones de harina de trigo y harina de o cara de soya (70/30, 60/40 y 50/50), las cuales se sometieron a un panel de degustación en donde se evaluaron las siguientes características: apariencia, color, olor, textura y sabor; dando como resultado una buena aceptación del pan si solo se sustituye el 30% de harina de trigo por harina de o cara de soya.

Teniendo establecido el proceso más adecuado de obtención de la harina; el cual incluye filtración, secado y molienda, y el producto alimenticio con la sustitución de harina de trigo por harina de ocará con buena aceptación, se realizó un análisis de costos, dando como resultado viabilidad para la implementación del proyecto; teniendo en cuenta que los costos para producir un kilogramo de harina de ocará de soya (\$720.63/kg) son mucho menores al precio de venta de la misma cantidad de harina de trigo (\$1600/kg).

2 INTRODUCCIÓN

La demanda de leche de soya ha crecido en los últimos años, debido a que muchas personas sustituyen el consumo de leche de vaca por el consumo de esta leche de origen vegetal, no sólo por sus excelentes propiedades nutritivas, sino por su aceptación a nivel digestivo en personas que sufren de intolerancia a la lactosa.

A raíz de la problemática alimenticia que se vive en Colombia, El Comité Privado de Asistencia a la Niñez (Comité PAN), organización sin ánimo de lucro, busca contribuir con el desarrollo nutricional adecuado de los niños y jóvenes de bajos recursos económicos de la ciudad, a partir de la producción de leche de soya que es suministrada en los Restaurantes Escolares de Medellín.

En el proceso de producción de leche de soya se genera como subproducto la ocará, que gracias a su contenido nutricional, puede tener varias aplicaciones para darle un uso dentro del comité, buscando aportar más alimentos a su programa.

La ocará es una fibra insoluble producida durante la molienda del frijol de soya, material significativo en volumen en las plantas de producción, de alto contenido proteínico y subutilizado en la industria de alimentos para consumo humano debido a su alto contenido de humedad, lo que hace que su tiempo de vida útil sea muy corto y sea entonces destinada para consumo animal.

Por tal motivo se desea aprovechar dicho subproducto en la obtención de harina, lo cual puede proporcionar una alternativa a nivel industrial en la producción de alimentos para consumo humano.

Para ampliar la investigación, se desarrolla entonces un uso en la industria de la panificación, evaluando la aceptación de esta harina como sustituto parcial de la harina de trigo, ya que el eliminar en una gran proporción o totalmente esta materia prima en este tipo de industria, eliminaría por completo la posibilidad de que la harina de soya pueda ser incluida en procesos de panificación, ya que a pesar de poseer un contenido proteínico superior a la harina de trigo, la harina de trigo posee otras características, como el contenido de gluten, no incluidas en la harina de soya, que son fundamentales en este tipo de industria.

3 OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar un proceso a escala de laboratorio para la obtención de harina a partir de o cara de soya y un producto alimenticio formulado a partir de ésta.

ESPECÍFICOS

- Definir el producto alimenticio a desarrollar, con base en un estudio de mercado dirigido a los consumidores finales, para garantizar la aceptación del mismo.
- Determinar el proceso más apropiado y las mejores condiciones de operación para la obtención de la harina de o cara, a partir de pruebas experimentales, estableciendo las variables del proceso de producción.
- Evaluar las propiedades nutricionales de la harina y el producto alimenticio obtenidos a partir de la o cara, mediante un análisis fisicoquímico, microbiológico y organoléptico, que permitan asegurar su aporte nutricional al consumidor objetivo.
- Evaluar la prefactibilidad económica de la producción de la harina de soya y un producto alimenticio a escala de laboratorio, mediante un análisis de costos preliminar y compararlo con el costo de un producto sustituto similar para definir la viabilidad del proyecto.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 LA SOYA

4.1.1 Generalidades

La soya es una leguminosa con un excelente valor nutritivo. Procesada con el grano entero, contiene cantidades considerables de fibra, pequeñas porciones de grasa saturada, y por su origen vegetal no contiene colesterol. Contiene $\pm 40\%$ de proteína y provee la mayoría de los aminoácidos indispensables para el organismo. Además contiene hierro, calcio y varias vitaminas. Al contener diferentes sustancias que benefician la salud, la proteína de soya debe ser incluida en la alimentación de todas las personas, la recomendación general es consumir alrededor de 20 a 25 gramos de proteína de soya al día (TAKASHI, *et al*, 1999).

Es una planta herbácea de la familia de las leguminosas, que alcanza de medio a un metro de altura. Las semillas de la soya son esferoides, de unos 8 a 10 mm de diámetro, y crecen dentro de una vaina al igual que el frijol, lenteja y garbanzo, entre otras leguminosas. Ha sido definida como leguminosa-oleaginosa. Es leguminosa porque botánicamente tiene las mismas características de los granos incluidos en esa categoría; es oleaginosa por su contenido de aceite, porque en sus estructuras se almacena una cantidad importante de aceite (TAKASHI, *et al*, 1999).

En la tabla 1 se presentan las cifras sobre la producción nacional y las importaciones de leche de soya:

Tabla 1. Volúmenes de Producción y de Importación de Soya (ARIAS L., 2008)

AÑO	PRODUCCIÓN (Ton)	IMPORTACIONES (Ton)
2004	77.611	406.863
2005	61.600	356.150
2006	54.600	370.070
2007	52.900	332.064
Proy. 2008	62.995	-

4.1.2 Ventajas nutritivas

El frijol de soya posee excelentes características ya que contiene casi todo lo que el hombre necesita: 20% de grasa, hasta un 46% de proteína y aproximadamente 25% de hidratos de carbono, sin olvidar un 5% de minerales. La proteína de la soya, una proteína vegetal de alto valor biológico, contiene todos los aminoácidos indispensables en una combinación también favorable. La leche de soya es casi indispensable en la alimentación infantil. Los copos de soya se incluyen a menudo en los alimentos para deportistas, en los energéticos y en las dietas para bajar de peso. (PAN, 2007)

La soya es un alimento muy completo, nutritivo y constituye la legumbre seca de mayor valor energético. Su elevado contenido en proteínas, superior a la de la carne, hace de la soya una fuente proteica vegetal de gran interés dietético y nutricional. Igualmente, es también importante su contenido en fibra. En cuanto a la grasa, aunque se encuentra en una proporción bastante elevada, los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son minoritarios en comparación con los ácidos grasos poliinsaturados que presenta. Además, es uno de los alimentos más

ricos en lecitina, lo que facilita su aprovechamiento culinario. En comparación con el resto de legumbres, la soya aporta mayor cantidad de calcio, hierro, yodo, magnesio, potasio y fósforo, además de ácido fólico y otras vitaminas como B1, B2, B3, B6 (PAN, 2007).

4.1.3 Estructura y composición

En la tabla 2 se presentan las propiedades alimenticias de la soya, haciendo referencia a una porción de 100 g de comestible crudo:

Tabla 2. Propiedades de la soya (PAN, 2007)

Propiedad	Valor
Kcal	416
Proteína	36.5 g
Grasas totales	19.9 g
Grasa saturada	2.88 g
Colesterol	0
Carbohidratos	20.9 g
Fibra	9.3 g
Calcio	277 mg
Fósforo	704 mg
Magnesio	280 mg
Hierro	15.7 mg
Potasio	1797 mg
Zinc	4.89 mg
Sodio	2 mg
Vitamina A	2 mg
Vitamina B1	0.874 mg
Vitamina B2	0.870 mg
Niacina	10.5 mg
Vitamina B6	0.377 mg
Vitamina C	6 mg
Vitamina E	1.95 mg

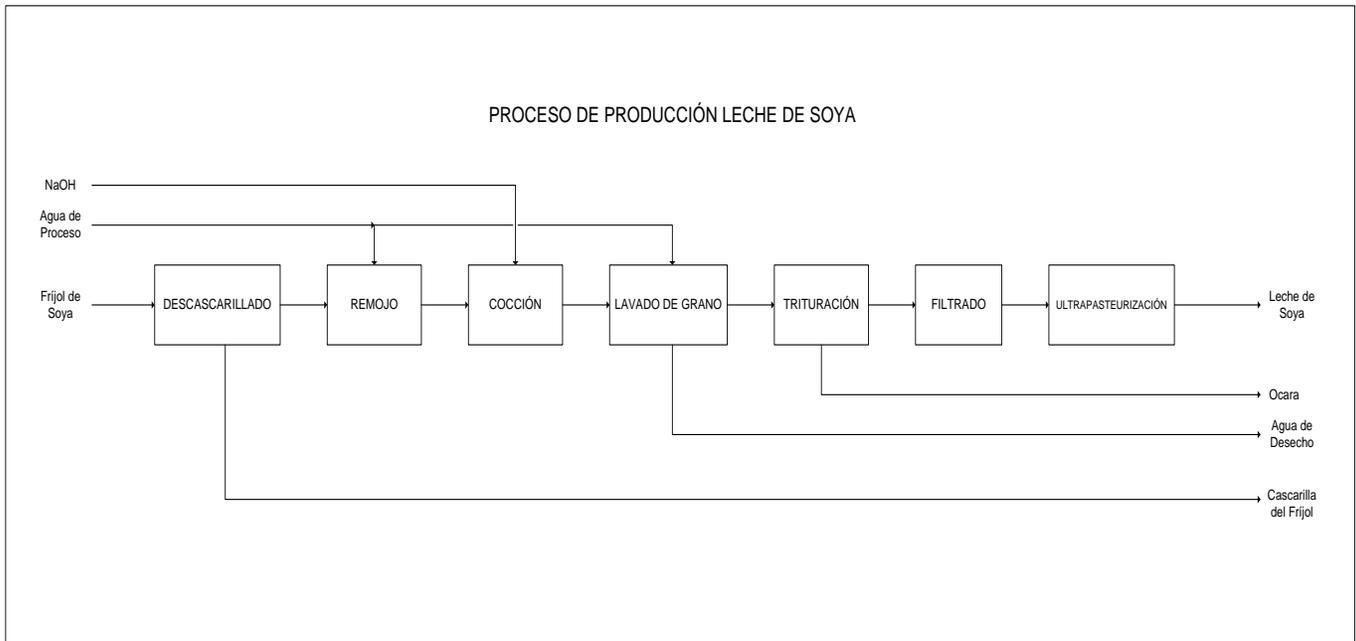
4.1.4 Proceso de producción leche de soya

El proceso empieza en el momento en el que se recibe la soya en grano y se somete a descascarillado, con el fin de quitar la cutícula que cubre el grano y que es causante de los procesos de fermentación que deteriora la calidad de la leche y su durabilidad; posteriormente el grano descascarillado es remojado durante ocho horas para mejorar su hidratación; luego este grano es lavado y llevado al tanque de cocción para ser cocido durante 30 minutos a 80°C y sometido a blanqueamiento con bicarbonato, tratamiento que asegura que la proteína vegetal sea digerida en forma mucho mas fácil por el ser humano.

El grano cocido se lava nuevamente y se lleva a la exprimidora, para ser triturado y filtrado, obteniéndose la leche de soya por un lado y la o cara (remanente de la soya) por otro lado. Una vez obtenida la leche, es sometida a un proceso de ultrapasteurización, proceso en el cual se eleva la temperatura de la leche a 120°C por 2 minutos y luego se disminuye a 3°C, produciéndose un choque térmico que asegura la destrucción bacteriana y la calidad higiénica y sanitaria del producto final (PAN, 2007).

En la figura 1 se presenta en diagrama de bloques del proceso de producción de leche de soya.

Figura 1. Diagrama de bloques. Proceso de producción leche de soya



4.2 OCARA

La ocará se produce durante la molienda del grano de soya para obtener la leche. La ocará es un alimento muy nutritivo, con una gran cantidad de proteína (6%), agua (80%) y sólidos totales (20%). Es un producto perecedero, ya que contiene una gran cantidad de agua. Se han realizado estudios para utilizarla como alimento para consumo humano y animal, empleándose para elaborar productos secundarios como son los de panificación, embutidos, cereales, entre otros (GÓMEZ, 2007).

La ocará es un subproducto significativo en volumen en las plantas de producción de leche de soya, es una fibra insoluble que es removida de la soya durante su proceso de producción.

Hoy en día, los productores de leche de soya llevan la o cara a una secadora para eliminar la humedad y transformarla en una fuente de alimentación para animales rica en fibra y proteína. Este producto alimenticio es vendido a agricultores para eliminar su almacenamiento y deshacerse del residuo. Este producto es muy bien aceptado, pues representa una fuente orgánica de alimentación para sus animales (PAN, 2007).

En PAN, la o cara generada en el proceso de producción de leche de soya sirve como materia prima para la obtención de diferentes productos como croquetas, almojábanas, pan y arepas que son destinadas al consumo interno en los restaurantes de la institución. También es enviada a la granja integral en el municipio de la estrella, propiedad de PAN, donde es empleada en la alimentación de cerdos que igualmente son destinados a los restaurantes de la institución. Por otro lado, la o cara es comercializada en algunas panaderías de la ciudad. Sin embargo, esta actividad es limitada, debido al costo que implica el transporte, debido al alto peso con el que sale el producto directamente del proceso.

A pesar de que la empresa ha hecho un importante esfuerzo en generar diversas opciones para el aprovechamiento del subproducto, no se ha logrado una retribución económica significativa.

Por cada kilo de soya procesado se obtienen 1.2 Kg de o cara húmeda. La producción diaria está entre 250 a 300 Kg de soya, lo que quiere decir que semanalmente se están procesando entre 1250 a 1500 Kg de soya y se obtienen de 1500 a 1800 Kg de o cara, esto debido a que la soya es hidratada en la etapa inicial del proceso de producción de la leche y el agua acompaña a la o cara, lo que hace que este subproducto tenga un peso a la salida mayor que el peso de la materia prima (PAN, 2007).

En Japón se patentó un proceso para la producción de leche de soya donde se mejora la etapa de pulverización de los frijoles. El proceso incluye la pulverización de los frijoles, previamente hidratados, con un dispositivo que tiene láminas giratorias, para proporcionar partículas que tienen un diámetro promedio de 100 µm, mucho menor que las partículas obtenidas mediante el proceso tradicional, obteniendo de esta manera una mezcla acuosa de soya y, separando la porción soluble en agua de la porción insoluble, se obtiene una leche de soya y una o cara de sabor agradable (TAKASHI, *et al*, 1999).

4.3 HARINA DE OCARA

4.3.1 Definición de harina

Se define como harina a todos aquellos productos alimenticios que resultan de la molienda y tamizado de cereales, semillas, algunas leguminosas y otras plantas.

Industrialmente las harinas se pueden utilizar en su forma original o mezclada (compuestos). Usualmente en panificación se utiliza harina de trigo que resulta según la norma ICONTEC 267/86 de la molienda del endospermo del trigo limpio, bajo unos requisitos y condiciones generales estipuladas en la misma. Las harinas compuestas son aquellas en las cuales la harina de trigo, ha sido reemplazada total o parcialmente por otras harinas.

La panificación es una de las aplicaciones principales de la harina, siendo también utilizada en la elaboración de sopas, pastas, purés, etc.

Generalmente las harinas usadas en la fabricación de pan contienen más del 10.5% de proteína y 0.4 a 0.7% de ceniza, son harinas que presentan alta absorción y buena tolerancia al amasado, provenientes de trigos duros.

Las harinas usadas en pastelería son obtenidas de trigos blandos y usualmente contienen un mínimo de 0.5 de ceniza (PARDO, 1977).

4.3.2 Composición de la harina de trigo

Cenizas. Su contenido es importante porque es un índice del grado de refinación de las harinas, el contenido de cenizas no es una guía de la calidad panificable de la harina.

Las normas colombianas para harinas estipulan que el contenido en cenizas no debe superar el 0.7%.

Gluten. El gluten absorbe aproximadamente tres veces su peso seco en agua y es responsable en gran parte de la capacidad de absorción de la harina, posee características como la alta cohesividad, extensibilidad y elasticidad.

La composición del gluten es:

Gliadina	41% (soluble en alcohol al 10%)
Glutenina	25% (insoluble)
Mesonina	22% (soluble en ácido acético diluido)
Albúmina y globulina	12% (soluble en agua)

El contenido de proteína de la harina es importante, ya que de ella se forma el gluten, dando las características de mezclado y manejo y la estructura del producto horneado. Las proteínas constituyen del 9 al 13% del peso seco de la harina de trigo.

El gluten en la harina de soya. La proteína incluida en la composición de la harina de soya no contiene gluten, razón por la cual no se hace posible hacer una sustitución superior al 50% de harina de trigo por harina de soya en la formulación del pan, ya que las características que este componente le brinda a la masa para hornear son indispensables y sin la presencia de harina de trigo no se podría fabricar dicho producto.

Carbohidratos. Entre estos se encuentran: Celulosa (aproximadamente 3 al 4%) y carbohidratos solubles (1 al 1.5% de sacarosa y pequeñas cantidades de maltosa, dextrosa, levulosa y dextrina soluble). Estos carbohidratos son consumidos en gran parte por la levadura durante la fermentación.

Almidón. Representa cerca del 70% del peso de la harina. Está compuesto de 19 al 26% de amilosa y 70 al 80% de amilopectina. Se considera que las características del pan de deben a la calidad y cantidad de la proteína y que estas características son mantenidas por el almidón durante el horneado.

El manejo de las masas depende del gluten y las características del producto final, como miga, dependen de las características de los geles de almidón.

Grasas. Constituyen del 1.5 al 2% del peso de la harina. Pueden presentarse en forma de complejos con fosfatos conocidos como fosfolípidos.

Enzimas. La harina de trigo contiene dos clases de enzimas, que son esenciales en la producción del pan, conocidas como Alfa Amilasa y Beta Amilasa. La Beta Amilasa convierte las dextrinas y una porción de almidón soluble en maltosa, siendo ésta esencial para una fermentación activa de la levadura. Esta enzima se inactiva fácilmente por el calor, por lo tanto la mayor parte de su actividad ocurre en la fermentación.

La Alfa Amilasa convierte los almidones solubles en dextrinas. Es mas estable al calor; la mayor parte de su acción ocurre durante la fase inicial del horneado, produciendo el llamado salto de horneado.

También se encuentran en la harina de trigo las proteasas, que degradan las proteínas; se debe tener especial cuidado ya que pueden producir un debilitamiento del gluten, que lo inhabilita para la producción de pan. Su actividad varía con los cambios de temperatura; a 10°C de aumento en la temperatura, aumenta su actividad en un 10%.

Vitaminas. El trigo entero contiene vitaminas del complejo B, mientras que la harina sin enriquecer no las tiene. Se enriquece con tiamina y niacina, con riboflavina hasta niveles superiores a los que tiene el trigo entero (PARDO, 1977)

En la tabla 3 se presenta la composición de la harina de trigo.

Tabla 3. Composición de la harina de trigo (BENNION, 1970; GÓMEZ S., 1969)

Almidón	69 – 72%
Proteína	10 – 14%
Azúcares	1 – 2.5%
Grasa	1.25 – 2%
Sales Minerales	0.5 – 0.7%
Celulosa	0.25 – 0.3%
Humedad	13– 16%

4.4 PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN

El pan obtenido se somete a evaluación para determinar comparativamente sus características físicas. Las características físicas del pan se relacionan con las de un patrón hipotético (pan producido 100% a partir de harina de trigo). Entre las características físicas están:

Volumen. Es el espacio ocupado por la pieza de pan. Un pan con volumen excesivo generalmente presenta un grano abierto y textura deficiente. Un volumen bajo puede deberse a la mala calidad del gluten o a una fermentación inadecuada.

Color de la corteza. Depende de la temperatura de horneado y la cantidad de azúcar residual en la masa. Un exceso de azúcar imparte un color oscuro debido a que la sacarosa no alcanza a fermentarse. Un color claro indica un bajo contenido de azúcar residual debido a una sobrefermentación o a la omisión de azúcar en la fórmula.

El consumidor prefiere una corteza delgada y suave. Se obtiene una corteza por el uso de la cantidad adecuada de azúcar y grasa y una fermentación bien controlada.

Quiebre. Es la ruptura que se produce en la corteza a lo largo de la parte lateral superior, originada durante el crecimiento en el horno. El quiebre es importante en la apariencia de la pieza, deseándose un rompimiento uniforme.

Simetría de la forma. Es importante porque ejerce un efecto agradable sobre la vista y porque indica que el pan ha recibido una fermentación adecuada y un horneado correcto.

Uniformidad de horneado. Es importante en la calidad del pan. Un pan ideal debe tener una corteza de grosor y color uniforme.

Color de miga. La determinación del color se debe hacer sobre cortes frescos, ya que la miga tiende a oscurecerse, después de efectuado el corte. El color más deseable es un color blanco crema, libre de manchas y puntos.

Grano. Se define como la estructura de las celdas, tal como aparecen al cortar el pan. Existen varios atributos para evaluar el carácter del grano como son el grosor, forma y tamaño de las celdas.

Textura. Representa el grado de elasticidad o blandura. La textura se determina por el sentido del tacto. La sensación producida por la miga puede ser descrita como aterciopelada, sedosa, suave, elástica o áspera, grumosa, desmoronable y pastosa.

Entre más fina sea la estructura y paredes de la celda, la textura será más suave y elástica.

Aroma. Es la característica determinada por el sentido del olfato. El aroma representa un constituyente importante del sabor, por lo tanto debe ajustarse al gusto del consumidor. El olor puede ser característico de trigo, malta, dulce, agrio, mohoso, añejo o rancio.

Sabor. Característica que se determina por medio de las papilas gustativas de la lengua y la membrana bucal. Se refiere solamente a la sensación agria, salada, dulce y amarga.

El pan debe romperse fácilmente durante la masticación sin formar grumos difíciles de humedecer con saliva (PARDO, 1977).

4.5 PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE OCARA DE SOYA

El proceso de obtención de la harina consiste en la adecuación de cuatro procedimientos que intervienen en la transformación de la materia prima hasta obtener un polvo fino llamado harina. Estos procedimientos son:

4.5.1 Filtración

La filtración es una operación unitaria cuya finalidad es la separación de un sólido insoluble que está presente en una suspensión sólido-líquido, haciendo pasar dicha suspensión a través de una membrana porosa que retiene las partículas sólidas. A la membrana porosa se le denomina medio filtrante, mientras que las partículas retenidas en la membrana forman una capa que se llama torta y el líquido que atraviesa la membrana porosa y está exento de sólidos se denomina filtrado.

En la filtración puede ocurrir que la fase deseada sea el filtrado, la torta o ambos. Cuando lo que se desea obtener es la parte sólida, una vez obtenida la torta, ésta debe lavarse para eliminar las impurezas que pueda contener.

Para obtener el flujo de filtrado a través del medio filtrante se puede operar por simple gravedad, o bien aplicando una presión superior a la atmosférica en la parte anterior del medio filtrante o vacío en su parte posterior, denominándose filtración a presión y filtración a vacío, respectivamente.

La filtración es una operación muy utilizada en la industria en general, y en el caso particular de la industria alimentaria se distinguen tres tipos característicos de filtración. En uno de ellos se incluyen las suspensiones que contienen cantidades apreciables de sólidos insolubles, y al ser filtrados forman una torta sobre el medio filtrante, pudiendo interesar la obtención del sólido, del filtrado o de ambos. Otro tipo es el que incluye las suspensiones con pocos sólidos insolubles, que por regla

general suelen ser indeseables, y en cuyo caso la filtración se denomina clarificación. Por último, se debe citar la microfiltración, que se da en el caso que las partículas sólidas a separar son de tamaños del orden de 0.1 mm (IBARZ y BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

4.5.2 Secado

El término deshidratación o secado de los alimentos hace referencia a la operación unitaria en la que se elimina por evaporación o sublimación casi toda el agua presente en los alimentos mediante la aplicación de calor bajo condiciones controladas; esto significa literalmente, toda actividad que implique la eliminación de agua de un producto (BRENNAN, 1980).

Este proceso aumenta la vida útil del producto, pero es necesario tener en cuenta las condiciones posteriores a dicho tratamiento. Cuando se escoge un método de operación con calor es necesario tener en cuenta:

- Que se destruyan los microorganismos patógenos y las enzimas que aceleran la descomposición
- La importancia que tiene la combinación de tiempo y temperatura
- Mantener en lo posible las características organolépticas del producto (AGUDELO y JARAMILLO, 1989).

Existen diversas formas y métodos de secar, los cuales se basan en las características del material, en la forma de transmitir el calor al producto y en los equipos empleados.

4.5.2.1 Parámetros que intervienen en el proceso de secado

Contenido de humedad (W). Representa el contenido de agua del producto. Se puede expresar en base húmeda o en base seca.

Humedad en base húmeda. Es aquella que relaciona la masa de agua con la masa de producto húmedo. Generalmente el contenido de humedad de un producto se expresa en términos de este concepto, a menos que se indique lo contrario.

Humedad en base seca. Se refiere a la masa de agua por unidad de masa de componentes sólidos desecados (exentos de humedad). Este método se utiliza con más frecuencia en los cálculos de desecación (BRENNAN, 1980; GOMEZ, 1990).

Contenido de humedad en equilibrio (W_e). Es la humedad límite hasta la cual se puede secar un producto dado, para unas condiciones específicas e invariables de temperatura y humedad relativa del aire (BRENNAN, 1980; GOMEZ, 1990).

Humedad libre (W_i). La humedad libre de un producto es aquella que excede el contenido de humedad de equilibrio (BRENNAN, 1980; GOMEZ, 1990).

Humedad del aire. Toda aquella cantidad de agua que está presente en el aire (EARLE, 1978; PERRY y CHILTON, 1981)

Humedad relativa. Se define como la relación entre la humedad de una muestra de aire y la humedad del aire saturado en las mismas condiciones de presión y temperatura. Se utiliza generalmente como una medida de la capacidad del aire para absorber agua durante la deshidratación. La humedad relativa se define como:

$$\% \text{ Humedad Relativa} = \frac{PW}{PS} \times 100$$

PW = Presión parcial del vapor de agua

PS = Presión del vapor de agua (EARLE, 1978; PERRY y CHILTON, 1981)

Área de superficie. Generalmente se trocea el alimento a deshidratar en piezas pequeñas para acelerar la transmisión de calor y la transferencia de masa (POTTER, 1978).

Temperatura. Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y el alimento, mayor será la velocidad de transmisión de calor al alimento, lo cual proporciona la fuerza impulsora para la eliminación de humedad (POTTER, 1978).

Velocidad del aire. El aire caliente recoge más humedad que el aire fresco y si está en movimiento es más efectivo (convección forzada). El aire en movimiento, es decir, el aire a alta velocidad, además de recoger humedad, la barre a la superficie del alimento, previniendo la creación de una atmósfera saturada que disminuirá la velocidad de la eliminación subsiguiente de humedad (POTTER, 1978).

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

Tiempo y temperatura. Ya que la deshidratación de alimentos emplea calor y que los componentes de los alimentos son sensibles a éste, es necesario encontrar

términos medios entre la máxima velocidad de secado y el mantenimiento de la calidad de los alimentos; con pocas excepciones los procesos de secado que emplean temperaturas altas por períodos cortos dañan mas los alimentos que los procesos de secado que emplean temperaturas más bajas por largos períodos de tiempo (POTTER, 1978).

4.5.2.2 El proceso de secado

En el secado de sólidos se presentan dos procesos simultáneos y fundamentales:

- Transmisión de calor para evaporar el líquido
- Transferencia de masa en humedad interior y líquido evaporado

La transmisión de masa se da en el secado como: Líquido o vapor, como ambos dentro del sólido o como vapores de las superficies húmedas. El gradiente de contracción del líquido depende del mecanismo de circulación de éste, dentro del sólido.

Las diferentes formas de secado convencionales usan transmisión de calor por conducción, convección, radiación o una combinación entre ellas, pero siempre desde la parte exterior hacia el interior (ARAQUE y GAVIRIA, 1986; MÁRQUEZ y OLARTE, 1985; PARIS y ROBLEDO, 1984).

4.5.2.3 Condiciones internas y externas

El estudio de secado de sólidos se divide en dos partes fundamentales:

Mecanismo interno. La circulación del líquido dentro del sólido se lleva a cabo por diversas formas dependiendo de la estructura del sólido. Algunas de estas formas son:

- Difusión
- Circulación capilar
- Circulación producida por gradientes de contracción y presión
- Circulación causada por la gravedad
- Circulación originada por una sucesión de vaporizantes y condensantes.

Por lo general uno de estos mecanismos predomina en el secado de un sólido, en ocasiones se pueden encontrar varios de ellos en distintos momentos durante el proceso de desecación (IBARZ y BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

Mecanismo externo. Se refiere al efecto de las condiciones externas como la temperatura, humedad, ventilación, agitación y contacto entre superficies calientes y el sólido húmedo, sobre la velocidad de secado. No todas estas variables se presentan para un tipo de secado.

4.5.2.4 Movimiento de la humedad en el producto a secar

Existen dos mecanismos principales por medio de los cuales la humedad a extraer se mueve en el material: la difusión y la capilaridad. El comportamiento del producto según estos mecanismos ha conducido su división en dos clases:

- Sólidos inorgánicos
- Sólidos orgánicos

Sólidos inorgánicos. Estos productos conservan la humedad en los espacios entre partículas o entre los poros de la superficie. El movimiento de la humedad es ininterrumpido y es resultado de la acción mutua de fuerzas capilares de tensión superficial y gravitacional.

El secado de estos productos cristalinos es ventajoso ya que el aspecto del producto no es importante y no es afectado por altos grados de temperaturas (ARAQUE y GAVIRIA, 1986; MÁRQUEZ y OLARTE, 1985; PARIS y ROBLEDO, 1984).

Sólidos orgánicos. Contienen la humedad como parte constituyente de su estructura interna y es retenida en estructuras fibrosas, porosas interiormente o ramificaciones del sistema de circulación. El movimiento de la humedad es lento y se realiza por medio de un mecanismo de difusión del líquido a través del sólido.

El secado de estos materiales es delicado puesto que pueden verse afectados en su calidad y aspecto.

Por el cambio de humedad, no permiten el uso de altas temperaturas y durante el secado la superficie tiende a endurecerse, formando cortezas duras e impermeables que dificultan la difusión. Debe seleccionarse velocidad del aire y temperaturas de secado bajas o tener un control de la humedad del aire utilizado a secar (ARAQUE y GAVIRIA, 1986; MÁRQUEZ y OLARTE, 1985; PARIS y ROBLEDO, 1984).

4.5.2.5 Agua contenida en los alimentos

Agua capilar. Es el agua retenida en la finísima red de espacios capilares que existen en los tejidos de los productos.

Agua de solución. Es el agua presente con algunos factores constitutivos solubles como azúcar, sales minerales, ácidos orgánicos y algunas vitaminas; formando soluciones de concentración variable según la humedad.

Agua absorbida. Es agua acumulada en la extensión superficial (considerable por los numerosos poros de algunos productos) en capas de moléculas de gas retenido en la superficie por fuerzas electroestáticas. Las capas mas interiores retienen más fuertemente el material que las exteriores. Estas capas superficiales de moléculas de agua están retenidas por fuerzas químicas (agrupaciones) reactivas; proteínas o carbohidratos.

Agua de composición. Es el agua combinada químicamente (proteínas, hidratos de compuestos salinos), su eliminación cambia irreversiblemente las propiedades del producto. La unión de los elementos constitutivos del producto es por fuertes fuerzas químicas (ARAQUE y GAVIRIA, 1986; MÁRQUEZ y OLARTE, 1985; PARIS y ROBLEDO, 1984).

4.5.2.6 Ventajas de los productos secos

Las razones son muchas, donde las más destacadas son:

- Facilitar la manipulación para tratamientos posteriores
- Permitir la utilización satisfactoria del producto final
- Disminuir costos de transporte

- Aumentar la capacidad de otros aparatos o instalaciones de proceso
- Conservar un producto durante su almacenamiento y su transporte
- Aumentar la utilidad de los desperdicios a los subproductos obtenidos (ARAQUE y GAVIRIA, 1986; MÁRQUEZ y OLARTE, 1985; PARIS y ROBLEDO, 1984).

4.5.3 Molienda

La reducción de tamaño es la siguiente operación unitaria que conforma el proceso de obtención de la harina.

El término de reducción de tamaño se aplica a todas las formas en que las partículas de sólidos se cortan o rompen en otras más pequeñas, sin considerar el mecanismo implicado en el proceso. Esta operación puede efectuarse de múltiples maneras tales como: fragmentación, trituración, molienda, corte, reducción con máquinas, herramientas y pulverización.

El término molienda se refiere tanto a la pulverización como a la fragmentación. Estas operaciones se diferencian por la naturaleza del material alimentado, por su tamaño y por el grado de reducción que puede alcanzarse.

Las razones para esta reducción de tamaño son, entre otras, las siguientes:

- Facilitar la extracción de un constituyente deseado, contenido en una estructura compuesta; como sucede con la obtención de la harina.
- La reducción a un tamaño definido es una necesidad específica del producto.
- Obtener un producto fino llamado harina.

En un proceso de reducción de tamaño las partículas obtenidas varían ampliamente de tamaño y es con frecuencia necesario clasificarlos en grupos que cubren un determinado rango de dimensiones (BRENNAN, 1980)

4.5.3.1 Variables de la operación

Humedad. Es un factor importante en el proceso de molienda. Cuando su contenido es inferior al 4%, no se presentan problemas, por el contrario, la presencia de esta pequeña cantidad de humedad ejerce una acción benéfica especialmente por la gran disminución de la cantidad de polvo.

Cuando el contenido excede el 4%, la capacidad de producción y la eficiencia de molenda pueden resultar afectadas, dando lugar a la aglomeración de los productos, con el riesgo de obstrucción en la descarga de la máquina.

Dureza. Puede ser medida por la resistencia de rayado o a la indentación. La dureza del material depende del tipo de fuerzas de unión entre los átomos, iones o moléculas.

Sensibilidad a la temperatura. La fricción entre partículas que ocurre en la zona de acción de un molino es la fuente principal de calor que conduce a una elevación considerable de la temperatura de los productos procesados, lo que puede dar lugar a la degradación de los mismos. Por otra parte, algunos materiales se desintegran más fácilmente a temperaturas elevadas aunque estén completamente secos, porque se dispersan y fluyen fácilmente.

Otras variables que se deben tener en cuenta son: abrasividad, homogeneidad, toxicidad, pureza, punto de fusión y reblandecimiento.

4.5.4 Tamizado

Consiste en someter el producto una vez molido a un proceso de selección mediante la utilización de un tamiz, con el fin de eliminar aquellas partículas que por su tamaño no cumplen con las especificaciones (AGUDELO B. y JARAMILLO, 1989).

Un tamiz es una superficie que contiene cierto número de aperturas de igual tamaño, el cual es usado para separar mezclas de productos granulares o pulverulentos en intervalos de tamaños (BRENNAN, 1980)

El objetivo del tamizado es efectuar la separación completa del producto deseado del indeseado. El grado de separación que se alcance puede verse influido por una serie de factores:

- Velocidad de alimentación
- Tamaño de partículas
- Humedad
- Tamices deteriorados por rotos
- Embotellamiento u obturación de los agujeros de los tamices.

Con este procedimiento se clasifican los alimentos según el diámetro promedio de las partículas que lo conforman, para el caso de la harina de oca de soya las clasificaciones son las siguientes:

- Sémola gruesa (diámetro promedio superior a 0.6 mm.)
- Sémola fina (diámetro promedio entre 0.4 y 0.6 mm.)
- Semolina (diámetro promedio entre 0.2 y 0.4 mm.) (MADRID y MADRID, 2001).

5 METODOLOGÍA

5.1 HIPÓTESIS

Mediante un proceso de filtrado y posterior secado, teniendo en cuenta las variables tiempo y temperatura, es viable obtener harina a partir de o cara de soya con un porcentaje de humedad y condiciones microbiológicas aptas para su uso en panificación.

A partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de o cara de soya, es posible fabricar un producto de panificación con buena aceptación.

5.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

5.2.1 Tipo de estudio

El estudio es de carácter experimental, orientado a la identificación y análisis de los métodos, equipos y variables del proceso seleccionado (filtración, secado, molienda, tamizado), teniendo como variable de respuesta la humedad final del producto, para garantizar la calidad de la harina como materia prima para la industria panificadora y parámetros de interés como las propiedades nutritivas de la misma, para garantizar su calidad desde este punto de vista.

Para determinar el producto alimenticio a desarrollar a partir de la harina de o cara desarrollada, inicialmente se planteó implementar un estudio de mercado con los consumidores finales de dicho producto (niños atendidos por el Comité PAN), pero teniendo en cuenta que se contaba con información acerca de la disponibilidad

técnica de la planta de producción del Comité PAN, haciendo referencia a la subutilización de un horno para fines panificadores, se atendió la solicitud presentada por El Comité y se desarrollo un producto de este tipo de industria.

5.2.2 Recolección de datos y tratamiento de la información

La recopilación de información secundaria se hizo por medio de revisión bibliográfica: Revistas especializadas, manuales, documentos y patentes. En lo que corresponde a libros, se hizo énfasis en aquellos textos orientados hacia la ingeniería de procesos químicos y alimentarios. Igualmente se recogió información sobre proyectos ya evaluados.

La información primaria se obtuvo mediante la experimentación directa, realizando ensayos a nivel de laboratorio.

5.3 OBTENCION DE HARINA DE OCARA DE SOYA

5.3.1 Proceso

5.3.1.1 Filtración

La masa se extiende sobre el lienzo y mediante presión ejercida por la persona que realiza el procedimiento, se retira cerca del 40% del peso inicial de la masa. Este peso, que representa exceso de humedad de la masa, es leche de soya.

En esta etapa del proceso se hace una recuperación de leche de soya, equivalente al 40% del peso eliminado por la masa de ocará de soya.

5.3.1.2 Secado

El producto se extiende sobre láminas de polietileno de baja densidad, teniendo en cuenta que este material tiene muy buen comportamiento a la temperatura a trabajar ($T = 60^{\circ}\text{C}$) y permite un mejor flujo de aire entre la masa de ocará y la lámina; comparado con otros materiales. Las láminas de polietileno se disponen sobre las bandejas del deshidratador de alimentos con aire forzado utilizado para la operación.

5.3.1.3 Molienda y tamizado

Una vez seco el producto, se somete a molienda. Como el equipo dispuesto en el Centro de Laboratorios es de operación manual, se optó por realizar un procedimiento previo (licuado), para reducir el tamaño y hacer el procedimiento de molienda menos agotante para la persona que lo realiza.

El tamizado se realiza empleando una serie de tamices que incluye los tamaños de partícula establecidos en las especificaciones de una harina para su uso en panificación (Diámetro promedio entre 0.6 y 0.45 mm).

5.3.2 Equipos utilizados

5.3.2.1 Deshidratador de alimentos

Equipo de secado de alimentos, provisto de una serie de bandejas perforadas y deslizantes, sobre las cuales se dispone el producto a deshidratar. Consta además de un selector de escalas de temperatura, un termómetro de control, un regulador de temperatura y aire. El equipo cuenta con perforaciones en sus dos lados, que

permiten flujo de aire entre el interior y el exterior del equipo, lo que no sucede con un horno eléctrico convencional.

Su puerta es totalmente removible y de fácil acondicionamiento. Es importante anotar que el equipo no debe ser cargado demasiado (no disponer masa de ocará de soya en las dos bandejas superiores e inferiores del equipo, ya que el aire no tiene una buena circulación en esta zona), para que pueda tener lugar una circulación íntegra del aire por el interior.

Figura 2. Deshidratador de alimentos empleado en la experimentación



5.3.2.2 Molino de discos

El molino de discos empleado en la experimentación de este proyecto es un molino de uso doméstico marca Corona, trabaja bajo el principio de frotación y su fabricación es en acero ordinario.

Para el funcionamiento de este equipo, las partículas de sólidos son frotadas entre las caras planas estriadas de unos discos circulares rotatorios. El eje del disco es generalmente horizontal, aunque a veces puede ser vertical. En un molino de rotación simple, como es el caso del molino empleado para la experimentación,

uno de los discos es estacionario y el otro rota, mientras que en las máquinas de doble rotación ambos discos giran a alta velocidad en sentido contrario. La alimentación entra transportada por un tornillo sinfín a través de una abertura situada en el centro del disco rotatorio, pasa hacia afuera a través de la separación entre los discos y se descarga en un recipiente ubicado debajo de los discos. La separación entre los discos es ajustable dentro de ciertos límites. Por lo menos una de las placas de molienda ésta montada sobre un muelle de forma que los discos pueden separarse si entra en el molino un material que no puede ser molido. Molinos provistos de diferentes tipos de estrías, rugosidades o dientes sobre los discos permiten una gran variedad de operaciones incluyendo molienda, troceado, granulación y desmenuzamiento, así como también operaciones no directamente relacionadas con la reducción de tamaño, tales como mezclado (MC CABE y SMITH, 1981).

Figura 3. Molino de discos



Este equipo fue empleado para la parte experimental de este proyecto, por la facilidad de su uso en el Centro de Laboratorios. Para una aplicación industrial y la

evaluación de prefactibilidad económica de este proyecto, se plantea el uso de un molino de martillos, pues su operación tiene muy buenos resultados en cuanto a tamaño de partícula y como valor agregado de este equipo, su diseño permite incluir un tamiz que clasifica durante el proceso las partículas de harina de ocará que cumplen con los estándares para este tipo de material y las que no.

Molino de martillos. Este tipo de molino de impacto o percusión es corriente en la industria de los alimentos.

Todos estos molinos contienen un rotor que gira a alta velocidad en el interior de una carcasa cilíndrica. El eje generalmente es horizontal. La alimentación entra por la parte superior de la carcasa, se trocea y cae a través de una abertura situada en el fondo. En un molino de martillos las partículas se rompen por una serie de martillos giratorios acoplados a un disco rotor. Una partícula que entra en la zona de molienda no puede salir sin ser golpeada por los martillos. Se rompe en pedazos, se proyecta contra la placa estacionaria situada dentro de la carcasa rompiéndose todavía en fragmentos más pequeños. Estas a su vez son pulverizadas por los martillos y son impulsadas a través de una rejilla o tamiz que cubre la abertura de la descarga (MC CABE y SMITH, 1981).

5.4 SELECCIÓN DEL PRODUCTO A DESARROLLAR A PARTIR DE LA HARINA DE OCARA DE SOYA

El producto seleccionado para desarrollar a partir de la harina de ocará de soya es un producto de panificación. Esta selección se hizo teniendo en cuenta que en las instalaciones del Comité PAN hay disponible un horno para este tipo de aplicación que actualmente se encuentra subutilizado.

Por lo mismo, el desarrollo de un producto de otras características implicaría una mayor inversión de capital para acceder a los equipos necesarios según el tipo de producto, lo cual no es análogo con lo expuesto anteriormente.

5.5 PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS

5.5.1 Preensayos de laboratorio

Con base en las técnicas empleadas en la literatura y asesoría técnica se determinaron unos parámetros de trabajo, los cuales se mencionan a continuación:

- Metodología para el tratamiento de filtración
- Equipos y tiempos posibles de experimentación para el secado

Definidos estos parámetros de experimentación, se realizaron diferentes ensayos con el fin de determinar los procedimientos y sus condiciones y así determinar la experimentación descrita anteriormente.

5.5.1.1 Procedimientos y equipos utilizados

5.5.1.1.1 Filtración

Para determinar la metodología empleada para filtrar la masa de ocará se realizaron cuatro ensayos:

Filtro prensado. Se sometió la masa de ocará a un tratamiento de filtración empleando un filtro prensa. Este procedimiento fue descartado teniendo en cuenta

que para que la bomba de alimentación del equipo pueda succionar la masa, esta debe ser disuelta en agua, en una proporción de 1 kg de ocará por 3 litros de agua, lo cual no sería viable para el Comité PAN, pues la humedad original de la masa es leche de soya y si se hace esta dilución en agua, se estaría perdiendo el interés de su proceso productivo, que con otras técnicas de filtración se podría recuperar. Además de esto, el peso que perdía la masa después de este procedimiento de filtración no era significativo (20%) con respecto a las otras metodologías (las cuales se exponen a continuación), lo que descartaba aún más esta técnica para el desarrollo del proyecto.

Centrifugado. Este procedimiento también fue descartado como el anterior, ya que por la naturaleza de la masa de ocará, al someterla a centrifugación, por el orificio por el cual debe salir el líquido retirado del sólido, salía leche de soya acompañada de masa de ocará, haciendo el procedimiento no apto para esta separación.

Prensado hidráulico. Este procedimiento tuvo buenos resultados, ya que con una carga máxima de 6 KN, se logró retirar el 40% del peso inicial de la masa dispuesta en el equipo. Este procedimiento no se eligió ni se continuó trabajando con él durante el proyecto, ya que por el diseño del equipo, la leche de soya que se retira de la masa, se derrama y se pierde.

Prensado manual. Este procedimiento da muy buenos resultados, pues con la fuerza de una persona se puede retirar entre el 40 y el 50% del peso inicial de la masa. Este rango se debe a la cantidad de masa que se disponga en el lienzo; entre menos masa se introduzca en él, mayor cantidad de humedad será posible retirar.

El prensado manual fue entonces el método seleccionado para realizar los demás ensayos de laboratorio del proyecto, teniendo en cuenta que permite una

eliminación significativa de humedad y además es posible recuperar leche de soya, el cual es el producto de interés del Comité PAN.

Para fines de aplicación industrial, más adelante se sugerirá una propuesta de la Empresa Vibrasec, en la que se hace un prensado hidráulico pero con un diseño del equipo que permite recuperar el líquido filtrado.

5.5.1.1.2 Secado

Para el caso del secado, se trabajaron dos equipos durante un mismo período de tiempo (5 horas) y empleando la misma temperatura (60°C), se evaluaron los porcentajes de humedad obtenidos en ambos casos y se seleccionó el equipo a trabajar en el proyecto.

Estufa eléctrica. Este equipo permitió reducir el porcentaje de humedad al 18% después de 5 horas de secado.

Deshidratador de alimentos. Este equipo permitió reducir el porcentaje de humedad al 8.66% después de 5 horas de secado. Este resultado se debe a que por el diseño del equipo, tiene una mejor circulación del aire y además, como era utilizado exclusivamente para el desarrollo de este proyecto, la puerta del equipo no se abría durante el experimento, lo que si sucedía con la estufa eléctrica.

En cada ensayo de secado se utilizaron láminas de polietileno de baja densidad que contenían 150 gr. de masa de ocará de 0.5 mm. de espesor; que había sido previamente filtrada de forma manual. Después de la operación de secado, ninguno de los ensayos presentó diferencias significativas en cuanto a sus características organolépticas.

La operación de molienda realizada con los ensayos de secado anteriores dio buenos resultados en cuanto a granulometría y rendimiento, ya que el tamaño promedio de partícula cumple con los estándares para este tipo de materia prima (Diámetro promedio entre 0.6 y 0.45 mm) y el procedimiento tiene un rendimiento del 91.01%.

5.5.2 Procedimiento y evaluación de los procesos

De acuerdo con los objetivos planteados en el presente trabajo y los resultados obtenidos en los preensayos de laboratorio, se llevó a cabo el experimento siguiendo la metodología propuesta a continuación:

Se realizaron dos ensayos, en cada uno de los cuales se tomó 1 kilo aproximado de ocará de soja y se filtró manualmente con un lienzo común.

En las figuras 4, 5 y 6 se puede observar la masa de ocará de soja antes, durante y después del proceso de filtración.

Figura 4. Ocará de soja recibida de la planta de producción de PAN (1 kg. aprox.)



Figura 5. Ocará de soja antes de filtrado manual (330 gr. aprox.)



Figura 6. Ocara de soya después de filtrado manual (200 gr. aprox.)



La masa contenida en el lienzo corresponde a la tercera parte del peso de la masa inicial para facilitar el filtrado, por lo tanto, para cada ensayo se realizaron 3 filtraciones.

En ambos ensayos, la masa resultante de la filtración fue dispuesta sobre láminas de láminas de polietileno de 23 x 15 cm con un espesor de 0.5 cm., obteniendo 6 porciones de masa para llevar al deshidratador de alimentos. Se emplea una temperatura de 60°C para garantizar la conservación de las propiedades organolépticas y nutritivas de la masa, ya que al exceder una temperatura de 70°C, estas propiedades se pueden degradar. Con los preensayos realizados anteriormente se logró establecer que el tiempo adecuado para lograr un porcentaje de humedad del 8.66% es de 4 horas. El procedimiento de secado se realizó por un tiempo de 5 horas en los dos ensayos para demostrar que este tiempo adicional no es necesario, pues la pérdida de peso entre las 4 y 5 horas es inferior a 1 gramo, lo que no altera el porcentaje de humedad obtenido con las 4 horas de secado.

En las figuras 7 y 8 se puede observar la masa de ocará de soya antes del proceso de secado.

Figura 7. Ocara de soya dispuesta en las láminas de polietileno para llevar al deshidratador de alimentos (90 gr. aprox.)



Figura 8. Láminas de ocará de soya dispuestas para ingresar al deshidratador de alimentos



Las hojuelas obtenidas del proceso de secado se llevan inicialmente a un proceso de licuado, con el fin de facilitar la operación de molienda, pues se cuenta con un molino de uso manual. Para la aplicación de este método en la industria, el procedimiento de licuado no es necesario ya que los molinos son de funcionamiento automático, razón por la cual no se incluyó este paso en el proceso descrito para la obtención de la harina de ocará de soya.

En las figuras 9, 10 y 11 se muestra la ocará de soya después del proceso del secado y durante el proceso de molienda.

Figura 9. Hojuelas de ocará de soja obtenidas del secado



Figura 10. Hojuelas de ocará de soja previas al licuado



Figura 11. Ocará de soja después del licuado y antes de la molienda



Después del proceso de molienda, la harina se lleva a una serie de tamices para clasificarla según el tamaño promedio de las partículas. Para fines comparativos, se realizó esta clasificación granulométrica a la harina tanto antes de ser molida como después de este procedimiento. Cabe aclarar que para una aplicación industrial, solo la segunda clasificación granulométrica sería válida, puesto que en

ese caso saldría del deshidratador de alimentos directamente al molino. En este caso, para fines prácticos, se llevó primero a una licuadora y esa sería entonces la primera clasificación granulométrica listada. Además, el equipo de molienda que se sugiere más adelante, cuenta con un tamiz que permite clasificar la harina durante el proceso, dejando pasar solo las partículas que cumplan con el estándar establecido (Diámetro promedio entre 0.6 y 0.45 mm; malla 40).

Una vez obtenida la harina de ocará de soya, se realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico de dicha harina en el laboratorio Tecnimicro para comparar la calidad de la harina de ocará de soya con la harina de trigo.

5.5.3 Procedimiento y evaluación de las condiciones panificadoras

Una vez obtenida la harina de ocará de soya, se procedió a conformar 3 muestras con diferentes porcentajes de harina de trigo y harina de ocará de soya, con porcentajes definidos luego de realizar muestras de un rango más amplio de porcentajes (20%, 40%, 50%, 60%, 70% de harina de ocará de soya) y definir conjuntamente con el personal administrativo del Comité PAN un límite inferior por debajo del cual no se percibe la mezcla de las harinas y un límite superior por encima del cual el pan pierde sus características por la ausencia de gluten. Las muestras se hicieron con un 30%, 40% y 50% de harina de ocará de soya. Los demás ingredientes de los panes elaborados son los mismos para todas las muestras. Las cantidades de los ingredientes que se presentarán a continuación son las necesarias para producir 20 panes tipo bola:

FÓRMULA DEL PAN

Harina	1000 gr.
Levadura	45 gr.

Azúcar	80 gr.
Sal	20 gr.
Huevos	2
Mantequilla	170 gr.
Agua	250 ml

Teniendo en cuenta los valores reportados en esta fórmula, se tiene entonces las siguientes cantidades de las harinas:

Tabla 4. Cantidades de harina necesarias para cada mezcla

Mezcla (Harina de trigo / Harina de ocará)	Harina de trigo (gr.)	Harina de ocará (gr.)
70 / 30	700	300
60 / 40	600	400
50 / 50	500	500

La evaluación consiste en un panel de degustación en el cual se califica el producto de acuerdo con su grado de satisfacción. Se pretende establecer hasta qué punto un consumidor desprevenido es capaz de degustar un pan elaborado con una mezcla de harina de trigo y harina de ocará de soja sin notar una diferencia significativa, comparado con un producto elaborado con una harina corriente.

Una vez horneados los panes, se evaluó el producto mediante pruebas organolépticas de apariencia, color, olor, textura y sabor con el personal administrativo de PAN. La idea inicial era evaluarlo con el público objetivo del producto, que son los niños atendidos por el Comité, pero teniendo en cuenta que el análisis microbiológico de una muestra de harina de ocará de soja presentaba

cierta contaminación debido al ambiente en el que se realizaron los experimentos, se sugirió realizar la prueba en personas adultas, ya que tienen sus defensas completamente desarrolladas, lo que no pasa con el público objetivo del producto. Las características escogidas para calificar el producto son propiedades que se consideran atributos. Se elaboró entonces una escala de calificación, para convertir estas características en variables medibles que permitan hacer comparaciones entre dos productos mediante un número, el cual va a tener un significado de la siguiente forma:

ESCALA HEDONICA

ESCALA NUMÉRICA

Le gusta mucho	5
Le gusta	4
Ni le gusta, ni le disgusta	3
Le disgusta	2
Le disgusta mucho	1

El análisis de la información resultante se llevó a cabo mediante el cálculo de los promedios de las respuestas de las personas de cada muestra. El resultado permitió establecer la aceptación de los panes con un porcentaje de harina de ocará de soya como sustituyente de la harina de trigo.

La información resultante se acompaña de un gráfico que ilustra los resultados de la prueba.

Una vez determinada la mejor mezcla, representada por el pan de mayor agrado a los consumidores, se realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico de dicha harina en el laboratorio Tecnimicro para comparar la calidad de la mezcla con la de la harina de ocará de soya y con la de la harina de trigo.

5.5.4 Procedimiento de evaluación para los análisis de laboratorio

5.5.4.1 Análisis fisicoquímico

Las características fisicoquímicas para evaluar la calidad del producto fueron: Humedad, cenizas, proteína, nitrógeno, grasa, carbohidratos, calorías, cloruros, fibra dietaria total. Este análisis contempla la harina obtenida después de estandarizar y seleccionar el mejor método de obtención y la mejor mezcla de harina determinada después del panel de degustación. Los análisis fueron realizados por el Laboratorio de Análisis Tecnimicro.

5.5.4.2 Análisis microbiológico

Para evaluar la calidad sanitaria de la harina de o cara de soya, se realizó el siguiente análisis microbiológico: Recuento de aerobios mesófilos, recuento de mohos y levaduras, coliformes totales, coliformes fecales, detección de *Escherichia coli*, recuento de *Bacillus cereus*, recuento de estafilococos coagulasa positiva y detección de *Salmonella*; con el fin de determinar si la harina es apta para consumo humano. Fue realizado por el Laboratorio de Análisis Tecnimicro.

Adicional a este análisis, se realizó la prueba para determinar la actividad de agua de la harina de o cara de soya, en el centro de Laboratorios de La Corporación Universitaria Lasallista.

La actividad de agua (aw) es un parámetro que indica la disponibilidad de agua en un alimento para que existan reacciones químicas, bioquímicas (p.e. oxidación de

lípidos, reacciones enzimáticas, reacción de Maillard) y desarrollo microbiano (COMAPOSADA, *et al*, 2000).

Este parámetro indica las condiciones del alimento para favorecer el desarrollo bacteriano, de levaduras y mohos. Así, a valores elevados de a_w (cociente que oscila entre 0 y 1), superiores a 0.98, la mayoría de los microorganismos encuentran condiciones óptimas de desarrollo. Por debajo de 0.87, se inhibe el desarrollo bacteriano y de la gran parte de las levaduras y únicamente los mohos pueden proliferar.

El intervalo de actividad de agua (0.50-0.51) de las harinas extruidas corresponde a valores donde la actividad enzimática, crecimiento de microorganismos y reacciones químicas ocurren muy lentamente (Labuza, 1980), lo cual favorece una larga vida útil del alimento.

Por esto la actividad de agua es un parámetro bastante usado como indicador para predecir la vida útil de un alimento.

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN

Con los preensayos realizados se determinó que tanto el proceso de prensado hidráulico como el prensado manual dan buenos resultados, 40% en el primer caso y entre el 40% y el 50% en el segundo, rango que depende de la cantidad de masa dispuesta sobre el lienzo. Se seleccionó el sistema de filtrado manual, ya que permite recuperar la leche de soya retirada de la masa de ocará, lo que no sucede con el prensado hidráulico, ya que por el diseño del equipo, la leche de soya se derrama por las paredes del mismo. En la tabla 5 se presentan los resultados del proceso de filtración.

Tabla 5. Datos definitivos de filtración manual

	Peso inicial de la masa (gr.)	Peso del filtrado (gr.)	Peso final de la masa	Porcentaje de peso perdido (%)
Ensayo 1	1110	541.51	568.49	48.78
Ensayo 2	1068.8	509.39	559.41	47.66

Para una aplicación industrial y la evaluación económica de este proyecto, se sugiere un sistema de prensado hidráulico en forma de silo, utilizando el lienzo común empleado en la filtración manual, esto con el fin de recuperar las dos partes de interés. Este diseño es una propuesta de la empresa Vibrasec, después de presentarle la solución a escala de laboratorio, ya que un filtrado manual a escala industrial no es viable por el costo de la mano de obra. La propuesta para la implementación del método a escala industrial se encuentra en el anexo 7.

6.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SECADO

Con los preensayos realizados se determinó que el equipo más apropiado para lograr el porcentaje de humedad requerido para el tipo de industria para la que se dirige la harina es el deshidratador de alimentos, ya que logra un porcentaje de humedad del 8.66% en cuatro horas, mientras que la estufa eléctrica en un período de tiempo de 5 horas, solo lograr llevar la masa hasta un porcentaje de humedad del 18%.

Para fines comparativos, los ensayos realizados en el deshidratador de alimentos, también fueron llevados hasta 5 horas, mostrando así que este tiempo no es requerido en este equipo, pues se logra retirar menos de 1 gramo y el porcentaje de humedad obtenido con las 4 horas de secado en este equipo es el indicado para la aplicación seleccionada para la harina.

La humedad inicial fue del 50% aproximadamente y la humedad final para la harina fue del 8.66%. Este fue el porcentaje de humedad que se fijó para realizar los ensayos y determinar el tiempo requerido para alcanzarlo, pues la temperatura no era una variable a determinar, teniendo en cuenta que no debía superar los 70°C para garantizar las propiedades organolépticas de la harina, y se decidió trabajar 10°C por debajo de este parámetro para no poner en riesgo dichas propiedades.

Se realizaron dos ensayos como se mencionó anteriormente para tener los datos por duplicado y asegurar que los resultados son replicables. En las figuras 12 y 13 se puede observar el comportamiento del peso durante el proceso de secado. Con el uso de estas gráficas se puede observar más fácilmente el comportamiento de la masa de oca de soya durante el proceso de secado, donde se muestra que en las tres primeras horas la pérdida de peso tiene un comportamiento exponencial con pendiente negativa, esto debido a que la masa de oca tiene mucha

humedad retenida, facilitando el proceso de secado. Después de la tercera hora se puede observar que el proceso de secado tiende a estancarse y esto es debido a que como ya no hay mucha humedad presente en la masa, con respecto al tiempo cero, se dificulta mucho eliminar pequeñas cantidades de peso, cantidades que son necesarias retirar para garantizar el porcentaje de humedad requerido.

Figura 12. Contenido de humedad en base húmeda (Peso)
ENSAYO 1

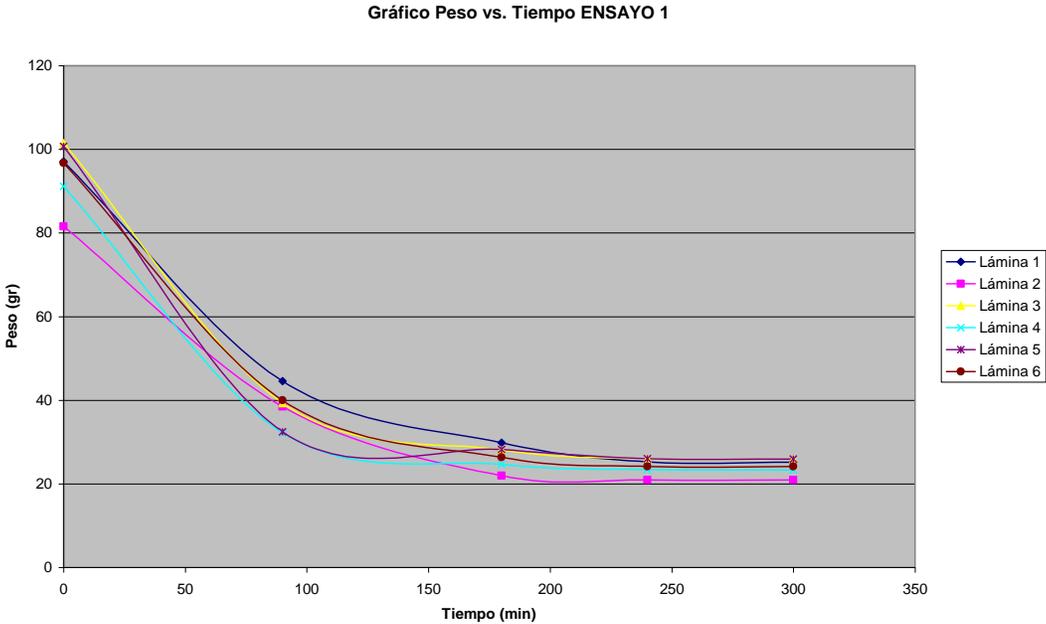
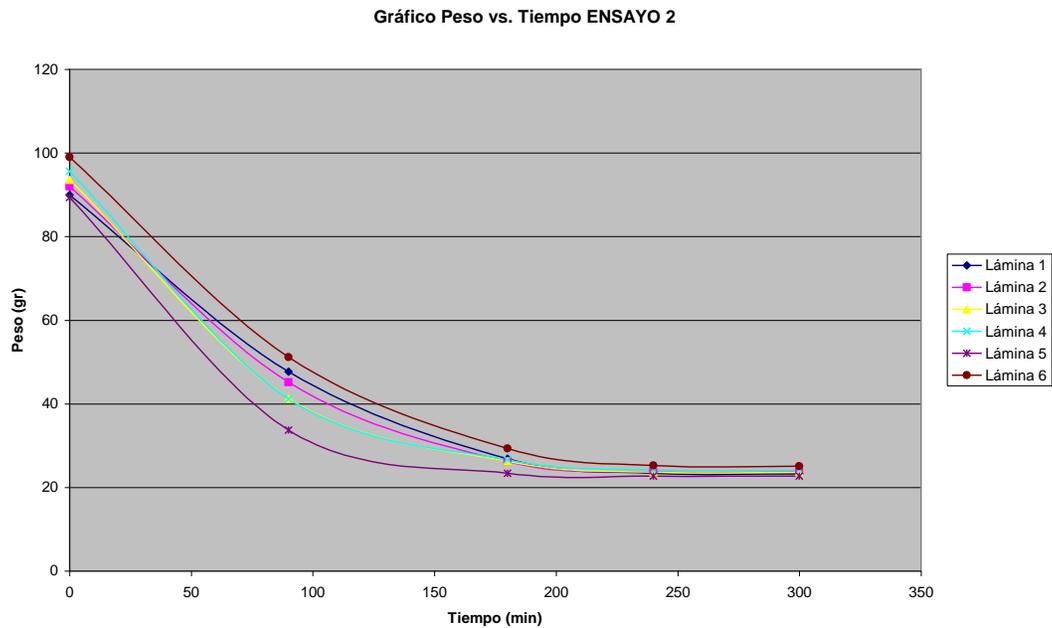


Figura 13. Contenido de humedad en base húmeda (Peso)
ENSAYO 2



6.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MOLIENDA

Para evaluar el sistema de molienda, se aplica la cuarta etapa del proceso de obtención de harina de ocará de soja, es decir, se realiza un análisis de la granulometría de la harina por tamizado.

Para esta evaluación se le realizó tamizado tanto a la muestra obtenida después del proceso de licuado (lo cual no se aplicaría a nivel industrial debido a los molinos empleados a dicha escala) como a la muestra obtenida después de la molienda, esto con fines comparativos.

En la tabla 6 se pueden observar los resultados del análisis granulométrico por tamizado realizado a la muestra de harina de ocará de soja.

Tabla 6. Datos definitivos de granulometría por tamizado

Tamiz	Abertura de la malla (mm)	Peso retenido (g) SIN MOLER	Porcentaje retenido (%)	Peso retenido (g) MOLIDA	Porcentaje retenido (%)
30	0.6	25.99	46.56	10.51	18.98
40	0.425	17.75	31.80	30.3	54.73
60	0.25	10.39	18.61	11.52	20.81
80	0.18	1.18	2.11	2.31	4.17
Colector		0.51	0.91	0.72	1.3
Total		55.82	100	55.36	100

Con los resultados obtenidos en el análisis de granulometría por tamizado para la muestra molida, se afirma que esta harina es apta para procesos de panificación, ya que solo el 19% de la muestra empleada para el análisis obtuvo un tamaño promedio de partícula superior al establecido, porcentaje que puede ser sometido nuevamente al proceso de molienda para que cumpla con la especificación, con la cual se puede clasificar a la harina de oca de soya como una sémola fina (MADRID y MADRID, 2001)

Como ya se mencionó anteriormente, para la aplicación industrial de este proyecto se sugiere un molino de martillos que trabaja automáticamente y no es necesario recurrir al proceso de licuado realizado para fines prácticos en los ensayos de laboratorio y que además garantiza el tamaño promedio de las partículas de la harina pues posee un tamiz en su interior que solo deja pasar la harina que cumpla con los parámetros establecidos.

6.4 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES PANIFICADORAS

Los resultados de los promedios calculados a partir de los puntajes obtenidos del panel sensorial se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados del panel sensorial

MUESTRA	CALIFICACIÓN PROMEDIO					
	APARIENCIA	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR	PROMEDIO
Muestra 1 (70/30)	4.4	4.4	4.3	4.1	4.55	4.35
Muestra 2 (60/40)	3.85	3.95	4.15	3.45	3.75	3.83
Muestra 3 (50/50)	3.8	3.75	4.1	2.95	3.25	3.57

Observando los resultados de los promedios para las cualidades, encontramos que las muestras 2 y 3 es decir, las muestras en las cuales el contenido de harina de ocará de soja es del 40% y 50% respectivamente, tuvieron una aceptación menor a la muestra 1 en todas sus cualidades.

Las muestras 2 y 3 tienen puntuaciones muy similares en los aspectos de apariencia, color y olor, pero las características de textura y sabor se ven afectadas con el aumento del porcentaje de la harina de ocará de soja.

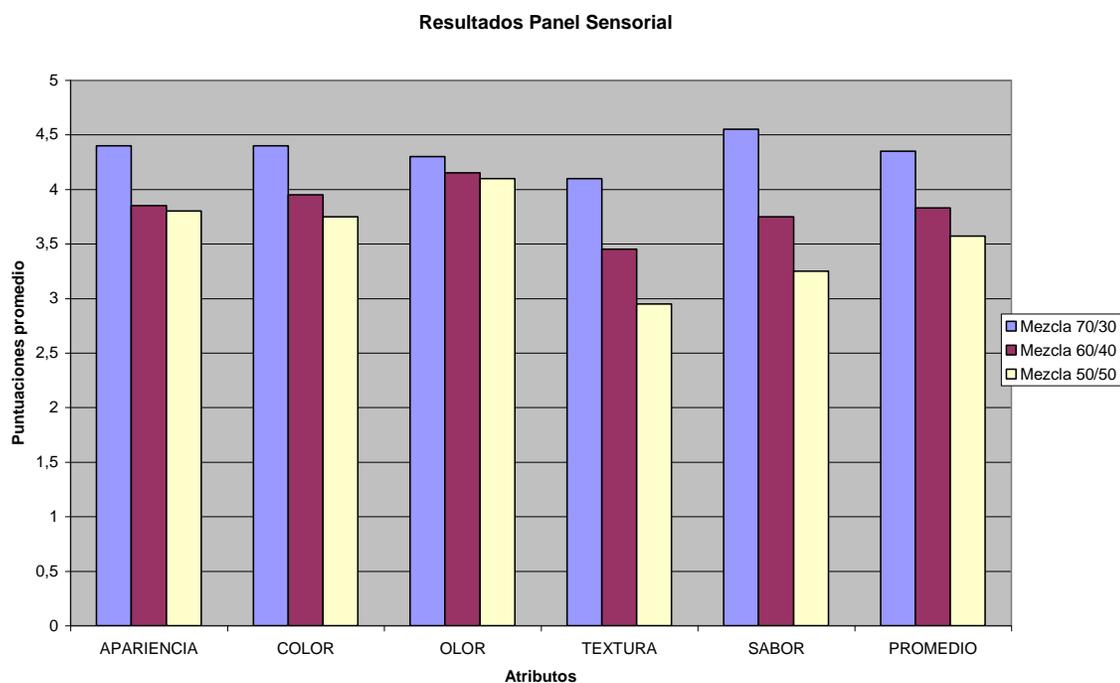
Con estos resultados, se puede concluir que el pan que tuvo mejor aceptación fue el elaborado con la mezcla 70% harina de trigo y 30% harina de soja, con un promedio de calificación de 4.35.

Obsérvese que según el análisis anterior, mientras más cantidad de harina de ocará de soja se adicione a la mezcla, las propiedades evaluadas van en detrimento de su calidad, siendo parámetros influyentes en el momento de tomar

una decisión acertada a favor de un producto, porque determinan en última instancia la aceptación o no del consumidor.

En la figura 14 se observan gráficamente los resultados del panel sensorial realizado.

Figura 14. Gráfico de resultados del panel sensorial



6.5 ANÁLISIS DE LABORATORIO

6.5.1 Análisis fisicoquímico

Tanto a la muestra de harina de oca de soya como a la muestra número 1 del panel sensorial (mezcla 70/30), se les realizó un análisis fisicoquímico basado en los métodos empleados por las industrias harineras para evaluar su calidad con respecto a la harina de trigo, reportándose los siguientes resultados: (Análisis de

laboratorio: Ver anexos 1, 3 y 4). En la tabla 8 se presenta el comparativo de las propiedades fisicoquímica de los tres tipos de harinas.

Tabla 8. Análisis fisicoquímico comparativo de las diferentes harinas

Análisis fisicoquímico	Harina de trigo 100%	Harina de o cara de soya 100%	Mezcla 70/30
Humedad (%)	12 – 14	8.66	8.9
Cenizas (%)	0.5 – 0.7	2.51	1.27
Proteína (%)	10 – 14	37.42	19.40
Grasa (%)	2 – 3	12.78	5.15
Carbohidratos (%)	70 – 80	33.04	65.28
Calorías (kcal/100g)	392	396.86	385.07

La propiedad nutritiva que más se resalta dentro de los resultados obtenidos para la harina de o cara de soya es su contenido de proteína (37.42%), el cual está muy por encima del valor reportado para la harina de trigo de uso común en panificación (10-14%), lo cual favorece la implementación parcial (30%) de esta materia prima dentro de la formulación de productos de panificación. Este valor se ve considerablemente reducido en la mezcla de harinas 70/30 (19.40%); pues la participación de la harina de o cara de soya es baja en este caso, sin embargo aumentar esta participación afecta las características organolépticas del producto final, por lo cual se debe conservar la proporción establecida.

Al mezclar la harina de o cara de soya con harina de trigo se disminuye el porcentaje de gluten en la mezcla. Por esta disminución de gluten es que no es posible aumentar la sustitución de harina trigo por harina de o cara por encima de los valores utilizados para el panel de degustación, ya que esta sustitución va en detrimento de las propiedades organolépticas del alimento, aunque en el caso de

la proteína aumente su participación dentro de las propiedades nutritivas del mismo. Esta sustitución por encima de los valores trabajados deteriora la formación de la masa, ya que el gluten presente en la harina de trigo permite formar una red tridimensional que engloba las moléculas de CO₂ producidas durante la fermentación, dando como resultado el crecimiento de la masa. Además permite que las moléculas del almidón no se disocien del producto en el momento del amasado (MADRID y MADRID, 2001).

La harina de oca de soja presenta un contenido de cenizas del 2.51%, muy superior a lo que indica la norma, la cual sugiere una presencia de cenizas máxima del 0.7%. Aunque esto no es una guía de la calidad panificable de la harina, sí refleja el grado de refinación de la harina, mostrando que la harina de oca es una harina de muy baja refinación. En este caso, entre menor sea la sustitución de harina de trigo por harina de oca de soja, significará un mayor refinamiento de la harina para su uso en panificación.

Este cuadro comparativo muestra como los valores reportados en el análisis a la mezcla de harinas 70/30 refleja el aporte que hace cada una de las harinas teniendo en cuenta la proporción mencionada. De estos resultados se puede resaltar que al agregarle harina de trigo en una proporción tan alta (70%) a la harina de oca de soja, su contenido de cenizas disminuye, lo que es positivo haciendo referencia al grado de refinación de la harina. El contenido de proteínas y carbohidratos se ve reducido, ya que el aporte de estos nutrientes por parte de la harina de trigo es inferior comparado con el aporte hecho por la harina de oca de soja. Con estos resultados se puede concluir que entre mayor sea la sustitución de harina de trigo por harina de oca de soja, mejores serán las propiedades nutritivas de la harina conformada y por ende del producto alimenticio producido a partir de la mezcla.

6.5.2 Análisis microbiológico

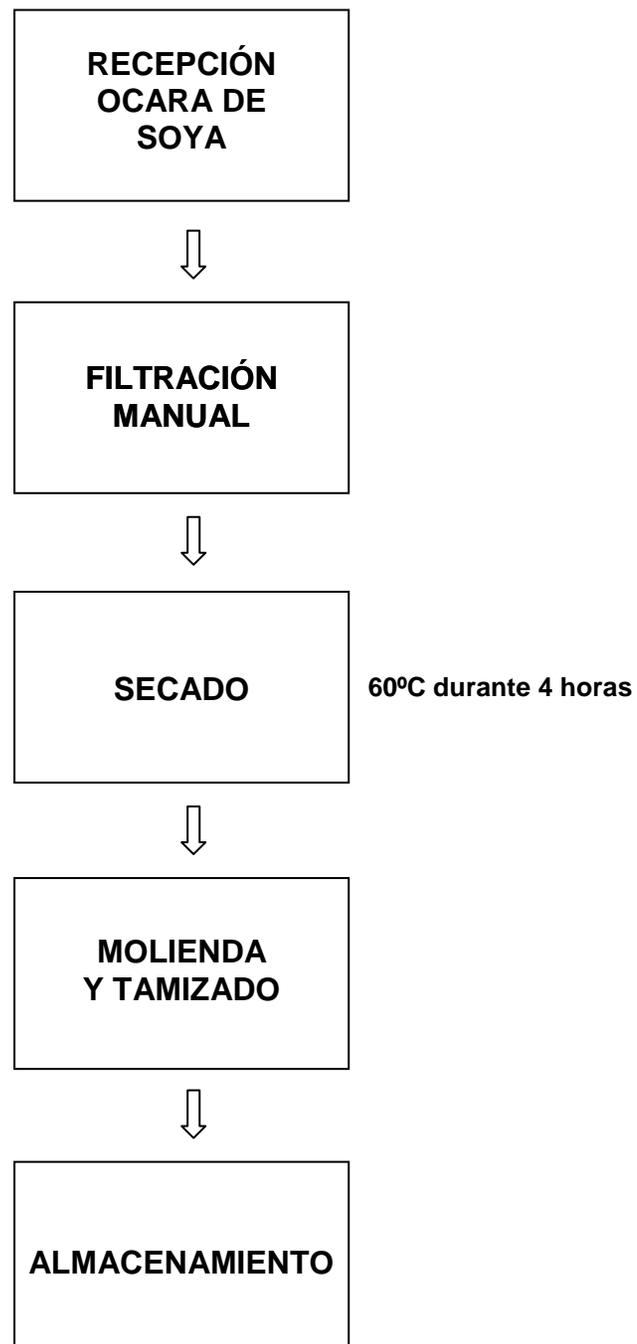
El resultado del análisis microbiológico de la harina de ocará de soya reportó resultados aceptables, excepto en el recuento de aerobios mesófilos y en el recuento de mohos y levaduras, esto debido a la pérdida de la cadena de frío durante el transporte de la masa, al almacenamiento no adecuado de la ocará de soya y a los contaminantes del ambiente de trabajo disponible para los ensayos de laboratorio. Sin embargo, esto no lo hace inaceptable para el consumo humano ya que los parámetros que hacen que el producto sea rechazado consumo humano están dentro de las especificaciones o no se registra su presencia (coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella*) (Ver anexo 2).

Se determinó la actividad de agua (a_w) en muestras de harina de 5 gr. acondicionadas a 21.5 °C, utilizando un medidor Aqua Lab CX-2. En este análisis se obtuvo un resultado promedio de 0.327, lo que indica que las condiciones para que existan reacciones químicas, bioquímicas, desarrollo bacteriano, de levaduras y mohos es mínimo, menor que el de las harinas comunes (0.51).

Cabe anotar que para la aplicación del producto (harina o pan) a escala industrial, están garantías son responsabilidad del Comité PAN.

7 FLUJOGRAMA DEL PROCESO

A continuación se presenta el flujograma de proceso de obtención de harina a partir de ocará de soya.



8 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

Los balances de masa y energía son una contabilidad de las entradas y salidas de materia y energía de un proceso o de una parte de este. Los balances se basan en las leyes de la conservación de la masa y la energía; estas leyes indican que la masa y la energía entrantes a un proceso, deben ser iguales a la masa y energía salientes, a menos que se produzca una acumulación dentro del proceso (VALIENTE B., 1986). Para realizar estos balances, se tomarán los datos del ensayo 2.

8.1 BALANCE DE MASA

Se realizó teniendo en cuenta los rendimientos de cada operación obtenidos en la experimentación.

En la figura 15 se aprecia el rendimiento expresado en porcentaje en peso (gr/gr) de cada una de las operaciones realizadas durante el proceso.

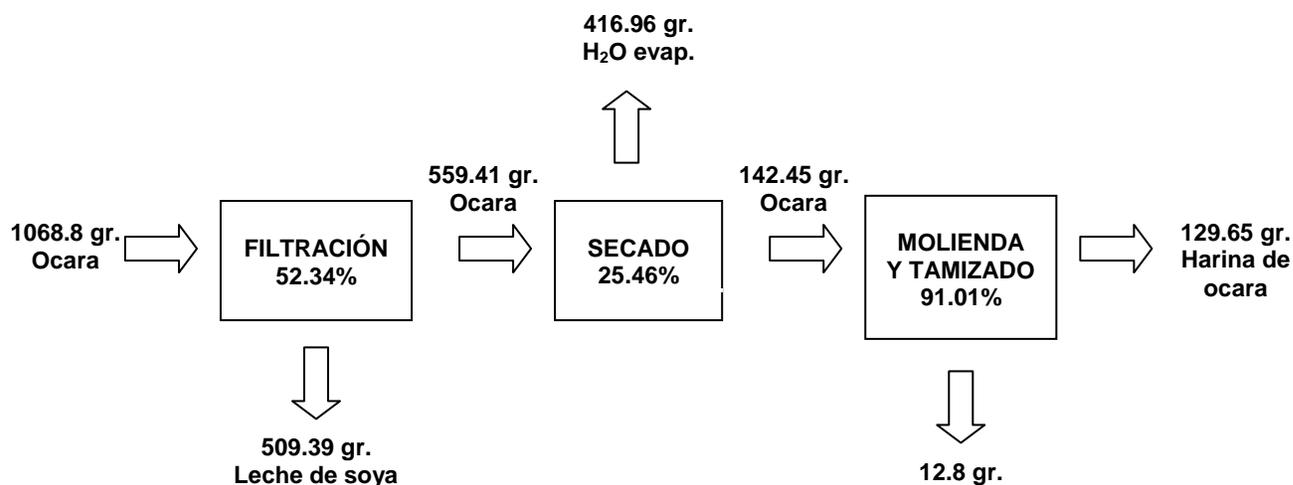
Los resultados fueron obtenidos haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento}_{\text{de cada operación}} = \frac{\text{Peso}_{\text{final}}}{\text{Peso}_{\text{inicial}}} \times 100$$

El rendimiento total del proceso se calcula haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento}_{\text{total}} = \frac{\text{Peso}_{\text{producto terminado}}}{\text{Peso}_{\text{materia prima}}} \times 100$$

Figura 15. Balance de masa del proceso de obtención de harina de ocara de soja



$$\text{Rendimiento}_{total} = \frac{129.65 \text{ gr.}}{1068.8 \text{ gr.}} \times 100 = 12.13\%$$

Teniendo en cuenta este rendimiento, se puede concluir que con la producción actual de leche de soja, se podrían producir 43.2 kg de harina de ocara de soja diarios y con la producción proyectada, con base en la cual se realizó el análisis de prefactibilidad económica, se producirían 72 kg de harina de ocara de soja; en ese mismo período de tiempo.

8.2 BALANCE DE ENERGÍA

De las operaciones descritas para la obtención de harina de ocara sólo se requiere cálculo de energía para el secado, ya que en las demás operaciones no se realizaron calentamientos ni enfriamientos.

Para la realización del balance de energía es necesario establecer los siguientes parámetros:

- Base de cálculo: 559.41 gr. de ocará de soya.
- Calor latente de vaporización (λ): Dato obtenido de la tabla de propiedades del agua saturada (WARK, 1990).
- Capacidad calórica de la ocará de soya (C_p): Dato obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$C_p = 0.0088 (\%H) + 0.22 \text{ (Ecuación 1) (EARLE, 1978)}$$

Donde:

0.0088 y 0.22 son constantes

%H: Porcentaje de humedad de la ocará de soya al entrar a la operación.

Dato experimental.

- Masa de ocará de soya que entra a la operación (M_1). Dato experimental.
- Masa de agua evaporada durante la operación (M_2). Dato experimental
- Temperatura a la que entra la ocará de soya a la operación (T_i). Dato experimental.
- Temperatura que alcanza la ocará de soya después de la operación (T_f). Dato experimental.

Nota: Para las conversiones e utilizó:

$$1 \text{ Kg} \text{ _____ } 2.2 \text{ lb}$$

$$1 \text{ BTU} \text{ _____ } 0.252 \text{ kcal}$$

$$^{\circ}\text{F} \text{ _____ } 1.8^{\circ}\text{C} + 32$$

El balance de energía para el secado realizado en el deshidratador de alimentos esta determinado por:

$$QT = M1 * Cp1 * \Delta T1 + M2 * \lambda \text{ (Ecuación 2)}$$

En la etapa del secado se presentan dos tipos de calor:

Calor sensible (QS): Calor necesario para calentar determinada masa desde una temperatura inicial (Ti) hasta una temperatura final (Tf) (VALIENTE B., 1986).

$$QS = M1 * Cp1 * \Delta T1 \text{ (ecuación 3)}$$

Donde:

M1 = Masa de ocará de soya que entra al secado = 1.23 lbs.

Cp₁ = Calor específico de la ocará de soya obtenido mediante la ecuación 1 y utilizando el porcentaje de humedad de la ocará al entrar al secado = 0.616 BTU/lb^oF

$$\Delta T1 = Tf - Ti$$

Tf = Temperatura que alcanza la ocará de soya después del proceso de secado = 122 °F

Ti = Temperatura a la que entra la ocará de soya al proceso de secado = 73.4°F

Llevando los valores de M1, Cp₁, Tf y Ti a la ecuación 3 se obtiene:

$Q_S = 36.82$ BTU equivalentes a 9.28 Kcal

Calor latente (QL): Calor necesario para evaporar una determinada cantidad de agua (VALIENTE B., 1986).

$Q_L = M_2 \cdot \lambda$ (Ecuación 4)

Donde:

$M_2 =$ Masa de agua evaporada = 0.92 lbs.

$\lambda =$ Calor latente de evaporación del agua = 1003.38 BTU/lb

Llevando los valores de M_2 y λ a la ecuación 4 se obtiene:

$Q_L = 923.11$ BTU equivalentes a 232.62 Kcal

El calor total suministrado en el secado es:

$Q_T = Q_S + Q_L = 36.82 + 923.11 = 959.93$ BTU equivalentes a 241.90 Kcal

Lo que significa que este es el calor total necesario que debe suministrarse a la ocara de soya durante el proceso de secado a fin de obtener una humedad de la harina del 8.66%.

9 ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA

Para evaluar la prefactibilidad económica de este proyecto inicialmente se presenta la inversión de capital en equipos que se debe realizar para implementar el proceso de producción desarrollado.

Posteriormente, se costea la producción de 72 kg de harina de ocará, incluyendo costos fijos y variables (mano de obra y costo de los servicios industriales); teniendo en cuenta una capacidad de producción que se explica más adelante, y se compara con el precio de venta de harina de trigo, para determinar si es viable producir harina de ocará de soja y utilizarla como sustituto en la elaboración de productos de panificación.

Para realizar esta evaluación de prefactibilidad se debe tener en cuenta la capacidad de producción actual de PAN y la capacidad proyectada con este trabajo; capacidad basada en la futura ampliación de la planta de producción y en los rendimientos obtenidos en el proceso de producción de leche de soja y en el proceso de producción de harina de ocará de soja.

Actualmente se procesan 300 kg diarios de frijol de soja; a partir de los cuales se producen 2500 litros diarios de leche de soja y se generan como subproducto del proceso 360 kilogramos de ocará de soja. Con esto se tiene que por cada kilogramo de frijol de soja que se procese, se generan 1.2 kg de ocará de soja.

Teniendo en cuenta la posible ampliación de la planta de producción del Comité PAN, se estableció un procesamiento de 500 kg diarios de frijol de soja; a partir de los cuales se producirían 4167 litros de leche y 600 kg de ocará de soja.

Basados en los valores obtenidos en los dos ensayos definitivos realizados en la parte experimental del proyecto, se tiene que por cada kilogramo de o cara de soya procesado se obtienen 0.12 kg de harina de soya.

Con esta información se concluye que con la capacidad proyectada del proceso de producción se procesarían 500 kg de frijol de soya, a partir de los cuales se generarían 600 kg de o cara de soya, con la cual se producirían 72 kg de harina de o cara de soya y se recuperarían 285.96 kg de leche de soya; todos los valores anteriormente citados hacen referencia a un día de producción.

Con esta capacidad de producción proyectada, se costea la mano de obra y los servicios industriales necesarios para un día de producción, se incluye el costo de la depreciación de los equipos, se divide este valor con la producción estimada (72 kg de harina de o cara de soya) y se compara este valor unitario (\$/kg) con el precio de un kilogramo de harina de trigo.

Aclarando los parámetros que se debieron tener en cuenta para esta evaluación, a continuación se presenta la inversión de capital necesaria para implementar el proyecto.

Tabla 9. Costo de los equipos para implementación del proyecto

EQUIPO	COSTO (\$)
Filtro hidráulico	11.971.200
Secador de bandejas	15.080.000
Molino de martillos	6.612.000
TOTAL	33.663.200

Estos equipos fueron costeados aproximando sus capacidades lo más cerca posible a la capacidad proyectada. El filtro hidráulico fue diseñado y costeadado para satisfacer la capacidad proyectada para la planta de producción, pues es un diseño que no se consigue en el mercado el cálculo de sus dimensiones se hizo con base en la capacidad de producción proyectada. Sin embargo, el secador de bandejas y el molino de martillos son diseños con capacidad estándar y fueron los que más se acercaron a los requerimientos de dicha producción. El diseño del secador de bandejas permite procesar 193 de los 314 kg de ocará de soja previamente filtrada. El molino de martillos tiene una capacidad muy superior a la requerida, pero no se encontró un molino de menor capacidad que cumpliera con la función de clasificación (tamizado) de las partículas durante el proceso.

Para costear el proceso de producción de harina de ocará de soja que se implementaría a partir de la capacidad de producción de leche de soja proyectada, se requiere el costo de los servicios industriales que consumen los equipos, servicios que incluyen energía eléctrica y gas natural. Cabe aclarar que la planta de producción del Comité PAN tiene instaladas las conexiones de estos servicios, por lo cual esto no se incluye en los costos. También se requiere mano de obra para operar el filtro hidráulico y el molino de martillos y para disponer la masa de ocará de soja en el secador de bandejas. Se plantea una producción en 2 batches, teniendo en cuenta el tiempo de secado requerido por el proceso, trabajando en una jornada de ocho horas, 6 días a la semana.

En la tabla 10 se presenta el consolidado del consumo de servicios industriales de los tres equipos y su costo, (esto calculado con ayuda del personal de producción de Vibrasec, empresa que diseña dos de los tres equipos aquí sugeridos), teniendo en cuenta que la planta de producción del Comité Pan cuenta con instalación de energía eléctrica trifásica, instalación de red de gas natural y que los precios de los servicios son suministrados por ellos mismos, según el cobro de Empresas Públicas para la ubicación de la planta de producción.

Tabla 10. Consumo de servicios industriales de los equipos y su costo

EQUIPO	TIEMPO DE OPERACIÓN (H)	CONSUMO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL (\$)
Filtro manual	1	4.02 KWH (Energía eléctrica)	\$240.51/KWH	966.85
Secador	8	2.6 m ³ /h (Gas natural)	\$818.92/ m ³	17033.54
Molino	0.66	3.75 KWH (Energía eléctrica)	\$240.51/KWH	595.26
TOTAL	9.66			18595.65

Para la operación de este proceso se requiere mano de obra permanente en los procesos de filtración y molienda y mano de obra que adecúe la masa de ocará de soya para el proceso de secado, más no mano de obra permanente para esta parte del proceso. En la tabla 11 se presenta el consolidado del requerimiento de personal para este proceso y su costo, basado en un salario mínimo mensual (\$496.000) y el valor de las prestaciones (\$282.720) para un empleado que trabaja 192 horas al mes:

Tabla 11. Requerimiento y costo de la mano de obra

PROCESO	TIEMPO DE OPERACIÓN (H)	COSTO UNITARIO (\$/H)	COSTO TOTAL (\$)
Filtración	1	4055.83	4055.83
Secado	2	4055.83	8111.66
Molienda	0.66	4055.83	2676.85
TOTAL	3.66		14844.34

El costo de un día de producción en una planta de harina de o cara de soya es de \$33439.99, día de trabajo en el que se planean producir 72 kg de harina de o cara de soya.

Adicional a esto, se debe tener en cuenta el costo de la depreciación de los equipos necesarios para implementar el proceso de producción. Este cálculo se hará en base a la producción proyectada, teniendo en cuenta una depreciación a 5 años y con 288 días de trabajo anual, según las referencias utilizadas para el cálculo del costo de la mano de obra.

$$\text{Costo_Depreciación_Equipos} = \frac{\$33'663.200}{5\text{años} * 365\text{días/año} * 72\text{kg/día}} = \$256.19/\text{kg}$$

Finalmente se tiene que el costo de producir harina de o cara de soya es de \$720.63/kg; mientras que el precio de venta promedio de un kilogramo de harina de trigo es de \$1600. Con este resultado se obtiene que es rentable desde el punto de vista económico producir harina de o cara de soya y emplear su uso en la industria panificadora.

10 CONCLUSIONES

Un proceso adecuado para obtener harina de o cara de soya consta de tres procedimientos: filtrado; para extraer gran cantidad (50%) de la humedad retenida por la masa y recuperar este peso que está constituido por leche de soya; producto de interés para El Comité PAN. Secado, que retira la humedad retenida por la masa de o cara de soya que no puede ser retirada por el filtrado y que garantiza el porcentaje de humedad requerido para el uso de una harina en la industria panificadora; y molienda y tamizado para garantizar el tamaño de partícula adecuado para este tipo de industria, que garantiza las propiedades organolépticas (principalmente textura) del producto producido a partir de la misma.

El producto trabajado a partir de la harina de o cara de soya fue un producto de panificación, teniendo en cuenta que El Comité Privado de Asistencia a La Niñez (Comité PAN) posee un horno para este tipo de industria subutilizado en sus instalaciones, dándole entonces con el proyecto un uso adecuado y reduciendo la inversión que se haría si se propusiera otro producto a partir de la harina de o cara de soya.

En la operación de filtración manual se obtiene una reducción del peso de la masa entre el 40% y 50%, haciendo este procedimiento muy eficiente. Para una aplicación industrial del proceso de obtención de harina de o cara de soya, se sugiere un prensado hidráulico con un diseño de equipo que permita recuperar las dos partes de interés, ya que este procedimiento también es muy eficiente, porque permite eliminar un 40% del peso inicial de la masa y no requiere la cantidad de mano de obra que requiere un filtrado manual, lo que reduce los costos fijos.

El equipo seleccionado para el procedimiento de secado es un deshidratador de alimentos, ya que permite lograr un porcentaje de humedad del 8.66% en un período de tiempo de 4 horas, mientras que un horno eléctrico sólo permite lograr un porcentaje de humedad del 18% en un período de tiempo de 5 horas, estos resultados a una misma temperatura de operación (60°C). Esta diferencia se debe a que el deshidratador de alimentos tiene un mejor flujo de aire entre el interior y el exterior del equipo, en comparación con el horno eléctrico.

El proceso de secado se debe realizar a una temperatura de 60°C, valor que se encuentra 10°C por debajo del límite al que se debe operar para garantizar las propiedades nutritivas y organolépticas de la harina de oca de soja y del producto de panificación realizado a partir de ésta.

El equipo seleccionado para el proceso de molienda es un molino de martillos, ya que logra los mismos resultados en cuanto a granulometría que el molino de discos utilizado para la parte experimental del proyecto, pero permite hacer una clasificación granulométrica de las partículas de harina durante el proceso, lo cual es un valor agregado del equipo.

La cantidad de harina de trigo que se puede reemplazar por harina de oca de soja en una mezcla está dada por la aceptación del consumidor a un producto elaborado con ella. En este caso, la mejor aceptación fue lograda para la mezcla 70/30, la mezcla con menor cantidad de harina de oca de soja empleada en el panel sensorial. Con este resultado se puede concluir que mientras mayor sea la cantidad de harina de oca de soja que se utilice para la elaboración de un pan, habrá una disminución en la calidad panificadora de la mezcla, por lo tanto los productos elaborados tendrán una menor calificación de sus propiedades.

La calidad microbiológica de la harina de o cara de soya presentó un recuento de aerobios mesófilos y de mohos y levaduras mayor al máximo permisible, esto es debido a que se pierde la cadena de frío durante el proceso de transporte entre la planta de producción del Comité PAN y el Centro de Laboratorios de la universidad, al almacenamiento indebido y a que el sitio de trabajo disponible para la experimentación no cumple con Buenas Prácticas de Manufactura como debe ser un lugar en el que se trabaje con alimentos. Para una aplicación industrial del proceso de obtención de harina de o cara de soya, se debe adecuar un espacio que cumpla con los requerimientos establecidos para producción de alimentos.

A pesar de las afirmaciones expuestas anteriormente, se puede concluir que si el proceso de obtención de harina de o cara se realiza bajo los parámetros de Las Buenas Prácticas de Manufactura, la contaminación de la harina después de su producción es casi nula, pues su actividad de agua (a_w) es de 0.327, valor inferior al reportado por la literatura para harinas de uso en panificación (0.51).

Otro parámetro importante en la evaluación de la idoneidad de una harina para su uso en panificación es su granulometría. Con respecto a este parámetro, se puede concluir que la harina de o cara de soya cumple con las condiciones granulométricas especificadas, pues sólo el 20% de su masa está por encima de las especificaciones y este porcentaje se puede reducir con el uso de un molino de martillos que incluya en su diseño un tamiz para la clasificación del tamaño de partículas durante el proceso.

La proteína contenida en la harina de o cara de soya (37.42%) es la propiedad que hace más viable la implementación de esta materia prima en productos de panificación desde el punto de vista alimenticio, ya que hace que estos productos tengan un valor nutritivo mucho más alto en comparación con otros elaborados exclusivamente a partir de harina de trigo. Sin embargo, esta implementación no debe superar una sustitución mayor al 30% de la harina de trigo comúnmente

usada, para garantizar las propiedades organolépticas del producto final, que contaría con un contenido de proteína proporcionado por la mezcla de harinas del 19.40%.

El rendimiento del proceso de producción de harina de oca de soja es del 12.13%. Con base en este valor se puede concluir que el montaje y puesta en marcha de una planta de producción de harina de oca de soja no es viable desde este punto de vista, pero teniendo en cuenta que lo que se busca con este proyecto es darle un mejor aprovechamiento al subproducto generado en el procesamiento de leche de soja en la planta del Comité PAN, y que además en el proceso desarrollado se permite recuperar gran parte del producto de interés, se puede concluir que el proceso es viable para su implementación.

Al realizar un análisis de los costos en los que se incurre al producir un kilogramo de harina de oca de soja (\$720.63/kg) y compararlo con el precio de venta de la misma cantidad de harina de trigo (\$1600/kg), se concluye que el proceso expuesto es viable económicamente.

11 RECOMENDACIONES

Efectuar ensayos en procesos de secado diferentes, estableciendo parámetros técnicos y costos; buscando adecuar un proceso que pueda brindar un menor tiempo de secado y/o un equipo con una mayor capacidad de producción.

Diseñar y costear equipos que se ajusten a los parámetros de producción establecidos en la capacidad proyectada, para no incurrir en capacidades excesivas o faltantes por tener diseños con capacidades estándar que llevan a los extremos los requerimientos de la producción planteada.

Realizar ensayos con sustituciones de otros tipos de harinas, harinas que preferiblemente tengan menor contenido proteínico que la harina de oca de soya; para que ésta sustitución sea viable desde este punto de vista y que además el producto obtenido a partir de la sustitución tenga una buena aceptación por parte de los consumidores.

12 BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO B., Beatriz y JARAMILLO, Olga Cecilia (1989). Pelado y optimización del proceso de deshidratación del coco (*Cocus Nucifera L*). Medellín. 112 p. Tesis (Ingeniería de Alimentos). Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ingeniería de Alimentos.

ARAQUE, Germán y GAVIRIA, Jorge (1986). La desecación del banano en cama estacionaria. Medellín. 124 p. Tesis (Ingeniería Mecánica). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Mecánica.

ARIAS L., ANDRÉS F. (2008). Estadísticas Sector Agropecuario. Bogotá (Jun de 2008). Disponible en:
http://www.minagricultura.gov.co/archivos/estadistica_agropecuarias_3_junio_2008.pdf

BENNION B., Edmund (1970). Fabricación de pan. Zaragoza. 404 p.

BRENNAN, J.G. *et al* (1980). Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Segunda Edición. Zaragoza. p 318-347.

COMAPOSADA, J.; GOU, P.; ARNAU, J. (2000). The effect of sodium chloride content and temperature on pork meat isotherms. EN: Meat Science, Vol 55, No. 3. p 291-295.

CORONEL, EVE LIZ y TOBINAGA, SATOSHI (2004). Drying the okara on a spouted bed. EN: 14º Simposio Internacional de Secado. Brasil. (Agosto 2004); Vol. C, p 1767-1775.

EARLE, R.L. (1978). Ingeniería de alimentos: Las operaciones básicas aplicadas a la tecnología de alimentos. Zaragoza. p 139-165.

GÓMEZ, Elías (1990). Curso de procesos de alimentos. Corporación Universitaria Lasallista. Medellín. p 54-58.

GÓMEZ S. Mario (1969). Teoría y práctica en la elaboración del pan. Quinta Edición. Talleres de Capolito. Bogotá. p 1-105.

IBARZ, Albert y BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. (2005). Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p. 271, 583.

LABUZA, TP. (1980). The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. EN: Food Technol. p. 34 - 36.

MADRID, Antonio y MADRID, Javier (2001). Nuevo manual de industrias alimentarias. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p 470.

MÁRQUEZ, Ricardo y OLARTE, Gloria (1985). Secado de almidón de yuca en capa delgada. Medellín. 219 p. Tesis (Ingeniería Mecánica). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Mecánica.

Comité Privado de Asistencia a La Niñez PAN (2007).

Mc CABE, Warrent y SMITH, Julián C. (1981). Operaciones unitarias en Ingeniería Química. Reverté, Barcelona. p 907 - 910.

PARDO, CARLOS A (1977a). Calificación del pan. EN: Curso sobre utilización de harinas compuestas para la elaboración de pan y pastas. Instituto de investigaciones tecnológicas. Bogotá. (1977); p 23 - 27.

PARDO, CARLOS A (1977b). Estudio de materias primas y su influencia sobre el producto final. EN: Curso sobre utilización de harinas compuestas para la elaboración de pan y pastas. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Bogotá. (1977); 52 p.

PARÍS, Jaime y ROBLEDO, Víctor (1984). Secado de café en cama estacionaria. Medellín. 129 p. Tesis (Ingeniería Mecánica). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Mecánica.

PERRY, Robert y CHILTON, Cecil (1981). Manual del Ingeniero Químico. Quinta Edición. México: Mc Graw Hill. p 721-759.

POTTER, Norman N. (1978). La ciencia de los alimentos. México: Edutex. p 263-308.

TAKASHI NISHIMURA, KAIZUKA; SHUSHI NAGAOKA; HIDEO SUGANO; HARUO TSUMURA, KOBE (1999). Process of producing soybean milk and okara. Japón (Sept de 1999). Disponible en:

<http://www.google.com/patents?id=isgYAAAAEBAJ&dq=okara>

VALIENTE B., Antonio (1986). Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria. México: Limusa. p 19.

WARK, Kenneth Jr. (1990). Termodinámica. Quinta Edición. México: Mc Graw Hill. p 869.

13 ANEXOS

Anexo 1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO HARINA DE OCARA

TECNIMICRO
LABORATORIO DE ANÁLISIS LTDA

veracidad
a toda prueba

Acreditado por
Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA
Resoluciones 6254 y 6256
Marzo 13 de 2006

Carrera 42 No. 9-45 Medellín - Colombia - PBX (4) 268 1144 FAX (4) 268 1996 - tecnimicro@une.net.co

REPORTE DE ANÁLISIS
Control 78683

Empresa Solicitante	UNIVERSIDAD EAFIT
Dirección	Cra 49 75 sur 50
Teléfono	2619500 Ext. 521

Fecha de Recepción	Fecha de Análisis	Fecha de Laboratorio
jueves, 04 de diciembre de 2008	05/12/2008	18/12/2008

Tipo de Muestra	Materias Primas
Producto	OCARA
Identificación de la Muestra	Lote: 041208 L.I: Eafit
Temperatura de Recepción de la muestra	Ambiente
Cantidad de muestra	250g
Tipo de envase - empaque	Bolsa plástica sellable
Muestra enviada por	Dra. Elizabeth Ocampo
Área	FÍSICOQUÍMICO

Características Organolépticas

Aspecto	Material molido, heterogéneo y suelto, libre de partículas extrañas visibles por simple inspección.
Color	Crema.
Olor	Característico del producto.

Análisis Físicoquímico	Resultado	Método
Humedad %	14,25	ICONTEC GTC 1(1-14-2)
Cenizas %*	2,51	ICONTEC GTC 1(3-4-1) Ed. 94 con trazabilidad a AOAC 923.03 Ed.16
Proteína %	37,42	Cálculo a partir de ICONTEC GTC 1(11-3-1)
Nitrógeno %	5,99	ICONTEC GTC1(11-3-1)
Grasa %*	12,78	ICONTEC GTC 1(6-1-1) Ed. 1994 trazable a AOAC 920.39 Ed. 15
Carbohidratos %	33,04	Cálculo por diferencia de componentes diferentes a carbohidratos
Calorías kcal/100g	396,86	Cálculo a partir de grasa, proteína, carbohidratos
Cloruros (expresados como NaCl) %	0,21	ICONTEC GTC 1(3-6-1)
Fibra dietaria total %	31,52	A.O.A.C.985.29 ENZIMÁTICO

NOTA
Estos resultados corresponden, exclusivamente a la muestra recibida y analizada en el laboratorio.

<p>CARLOS A. GRANADOS TORRES Tecnólogo de Alimentos U de A Coordinador Fecha 18-12-08</p>	<p>GUILLERMO SALDARRIAGA LAVERDE T.P. 01001710809670141 Químico Farmacéutico U de A Gerente Técnico Fecha (E) 18/12/08</p>
--	---

Fecha de Transcripción: Medellín, Diciembre 18 de 2008.
Sin sello seco de TECNIMICRO la información no tiene validez.

PD-GS-1 002-F01
AV
1 de 1

*Métodos acreditados por la SIC Resolución 6254 / 13 de marzo 2006.

Anexo 2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO HARINA DE OCARA



REPORTE DE ANÁLISIS Control 78684

Empresa Solicitante **UNIVERSIDAD EAFIT**
Dirección **Cra 49 75 sur 50**
Teléfono **2619500 Ext. 521**

Fecha de Recepción	Fecha de Análisis	Fecha de Laboratorio
jueves, 04 de diciembre de 2008	05/12/2008	10/12/2008

Tipo de Muestra **Materias Primas**
Producto **OCARA**
Identificación de la Muestra **Lote: 041208 L.I: Eafit**
Temperatura de Recepción de la muestra **Ambiente**
Cantidad de muestra **100 g**
Tipo de envase - empaque **Bolsa plástica sellable**
Muestra enviada por **Dra. Elizabeth Ocampo (Investigación y desarrollo EAFIT)**
Área **MICROBIOLOGIA**

Características Organolépticas

Aspecto **Polvo fino.**
Color **Amarillo.**
Olor **Inobjetable.**

Análisis Microbiológico	Resultados	Especificaciones ⁽¹⁾
Recuento de Aerobios mesófilos UFC/g	>30.000	20.000 máx.
Recuento de mohos y levaduras UFC/g*	>10.000 tipo levadura	3.000 máx.
NMP Coliformes totales /g *	>1100	Sin especificación
NMP oniformes fecales /g *	<3	<3
Detección de Escherichia coli /g*	Negativo	Negativo
Recuento de Bacillus cereus UFC/g*	<100	1.000 máx.
Recuento de Estafilococos coagulasa positiva UFC/g*	<100	<100
Detección de Salmonella /25g * ⁽²⁾	Negativo	Negativo

⁽¹⁾ Según referencia INVIMA para harinas precocidas de cereales.

⁽²⁾ Método automatizado MINIVIDAS VT 0,09

CONCLUSIÓN

La muestra recibida y analizada en el laboratorio, excede las especificaciones establecidas de *Levaduras* y *Bacterias aerobias mesófilas*.

Anexo 3. RESULTADO FINAL PORCENTAJE DE HUMEDAD HARINA DE OCARA DE SOYA



**REPORTE DE ANÁLISIS
Control 80648**

Empresa Solicitante **UNIVERSIDAD EAFIT**
 Dirección **Cra 49 75 sur 50**
 Teléfono **2619500 Ext. 521**

Fecha de Recepción	Fecha de Análisis	Fecha de Laboratorio
jueves, 29 de enero de 2009	31/01/2009	02/02/2009

Tipo de Muestra **Harina de soya**
 Producto **HARINA DE SOYA**
 Identificación de la Muestra **Eafit 1**
 Temperatura de Recepción de la muestra **Ambiente**
 Cantidad de muestra **20 g**
 Tipo de envase - empaque **Recipiente plástico con tapa**
 Muestra enviada por **Dra. Elizabeth Ocampo**
 Área **FISICOQUIMICO**

Características Organolépticas

Aspecto **Polvo granuloso, heterogéneo y suelto.**
 Color **Caramelo**
 Olor **Característico del producto.**

Análisis Físicoquímico	Resultado	Método
Humedad %	8.66	AOAC 925.45 Modificado

NOTA

Estos resultados, corresponden exclusivamente a la muestra recibida y analizada en el laboratorio.


CARLOS A. GRANADOS TORRES
 Tecnólogo de Alimentos U de A
 Coordinador
 Fecha **02-02-09**


ROSALBA ALZATE DE SALDARRIAGA
 T.P. 01001720809670028
 Química Farmacéutica U de A
 Gerente Técnica
 Fecha **02-02-09**

Fecha de Transcripción: Medellín, Febrero 02 de 2009.
 Sin sello seco de TECNIMICRO la información no tiene validez.

PD-GS-1.002-F01

vc
1 de 1

Anexo 4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO MEZCLA DE HARINA DE TRIGO Y HARINA DE OCARA DE SOYA (70/30)



REPORTE DE ANALISIS Control 82406

Empresa Solicitante **UNIVERSIDAD EAFIT**
 Dirección **Cra 49 75 sur 50**
 Teléfono **2619500 Ext. 521**

Fecha de Recepción	Fecha de Análisis	Fecha de Laboratorio
viernes, 03 de abril de 2009	04/04/2009	06/04/2009

Tipo de Muestra **Harina de trigo**
 Producto **HARINA**
 Identificación de la Muestra **03/04/09**
 Temperatura de Recepción de la muestra **Ambiente**
 Cantidad de muestra **90,6g**
 Tipo de envase - empaque **Bolsa plástica sellada**
 Muestra enviada por **Dra. Elizabeth Ocampo**
 Área **FISICOQUIMICO**

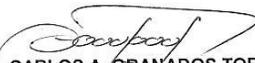
Características Organolépticas

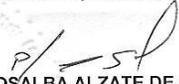
Aspecto Polvo fino, granuloso, suelto, homogéneo.
Color Crema.
Olor Propio del producto.

Análisis Físicoquímico	Resultado	Método
Humedad %	8,90	AOAC 925.45 Modificado Ed 16
Cenizas %*	1,27	AOAC 923.03 Ed. 16
Proteína %	19,40	AOAC 988.05 Ed 15
Nitrógeno %	3,40	AOAC 988.05 Ed 15
Grasa %*	5,15	AOAC 920.39 Ed. 15
Carbohidratos %	65,28	Cálculo por diferencia de componentes diferentes a carbohidratos
Calorías kcal/100g	385,07	Cálculo a partir de grasa, proteína, carbohidratos
Cloruros (expresados como NaCl) %	0,02	AOAC 960.29 Ed. 15

NOTA

Estos resultados corresponden, exclusivamente a la muestra recibida y analizada en el laboratorio.


CARLOS A. GRANADOS TORRES
 Tecnólogo de Alimentos U de A
 Coordinador
 Fecha **07-04-2009**


ROSALBA ALZATE DE SILDARRIAGA
 T.P. 01001720809670028
 Química Farmacéutica U de A
 Gerente Técnica
 Fecha **7-04-2009 AY**

Fecha de Transcripción: Medellín, Abril 06 de 2009.
 Sin sello seco de TECNIMICRO la información no tiene validez.

PD-GS-1.002-F01
 CS
 1 de 1

*Métodos acreditados por la SIC. Resolución 6254 (13 de marzo 2006).

Anexo 5. FORMATO PANEL SENSORIAL PAN CON MEZCLAS HARINA DE TRIGO / HARINA DE OCARA

Panel Sensorial “HARINA DE SOYA” – Comité Privado de Asistencia a la Niñez PAN

Nombre: _____ Fecha: _____

Edad: _____

A continuación se presentarán las características más relevantes de los productos que degustará, por favor califique de 1 a 5 su percepción acerca de cada una de ellas, donde 1 significa me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me gusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho; teniendo en cuenta que el patrón de comparación es un pan producido 100% a partir de harina de trigo.

APARIENCIA

A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5

COLOR

A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5

OLOR

A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5

TEXTURA

A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5

SABOR

A	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5

Reuniendo las calificaciones optadas anteriormente, ¿cuál de los tres productos degustados escogería?

A B C

Anexo 6. MOLINO DE MARTILLOS PARA EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA



Medellín Marzo 20 de 2009

Señora:
Juliana Zapata

Apreciada señora:

Con gusto le cotizamos la siguiente Maquinaria:

Molino de 42 Martillos en Acero Inoxidable

- Estructura Metálica en Angulo de 1 ½ x 1/8
- Tolva en Lamina calibre 12
- Eje y chumaceras de 1"
- Martillos en platina de 1" x ¼
- Criba o tamiz perforada según su necesidad
- Motor de 5 HP a 1700 RPM monofásico o trifásico
- Capacidad promedio: 1 Tonelada diaria (Dependiendo del producto)

Usos: Pulverizado de soya, Linaza, Azúcar, Sal, Tubérculos secos, Maíz, entre Otros.

Valor: \$ 5.700.000 IVA \$ 912.000 Valor total: \$ 6.612.000

Nota: Garantía de un Año
Forma de pago 50% Anticipo, el Resto contra Entrega.
Tiempo de Entrega 15 Días Laborables.

Cordialmente

Mauricio Sierra
Jefe de Producción

Anexo 7. FILTRO MANUAL Y DESHIDRATADOR DE ALIMENTOS PARA EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA

Calle 12 sur #51-85 / Tel: 285 65 21 - 285 64 81 / Fax 285 14 40
Medellín-Colombia / vibrasec@epm.net.co



Medellín, Abril 13 de 2009

JV-0904-093-0

INGENIERA

JULIANA ZAPATA

La ciudad

REF.: FABRICACION SECADOR DE BANDEJA

Respetada ingeniera

Atendiendo su amable solicitud, tenemos el gusto de presentarle nuestra propuesta para la fabricación de secador de bandejas y filtro manual para harina de soya de acuerdo a información suministrada por usted, y con las siguientes características:

SECADOR DE BANDEJA CAPACIDAD 12 MTS² DE AREA DE SECADO.

Las características generales de este equipo son las siguientes:

Flujo de aire: Horizontal y a través

Sistema de ventilación: Ventilador centrífugo eléctrico 110v con intercambiador de calor.

Área de secado aproximado 12mt²

Número de bandejas: 20 bandejas de 110 X 54 cm en 10 niveles.

Materiales constructivos:

Material marco bandejas: Aluminio

Material malla: Plástica.

Estructura: Ac. Galvanizado

Sistema de calentamiento: Fuego indirecto con gas propano o natural con capacidad de 100.000 a 150.000. btu /hora aproximado.

Temperatura máxima de trabajo entrada a la cámara 100°C, Temp ambiente 16°C, HR 50% humedad relativa

Manejo de bandejas: Manuales en estante.

Tablero de control con botonera para encendido y apagado, termómetro y termostato con temporizador para encendido y apagado automático del equipo:

Limite de batería: 1.4 X 1.3 x 1.8 metros (Ancho X Profundidad X Altura) aprox.

El equipo va pintado con poliuretano blanco.

El costo del secador es de TRECE MILLONES DE PESOS M/L. (\$13'000.000.00) más el correspondiente valor del IVA vigente al momento de la factura.

FILTRO MANUAL

Fabricación de un filtro manual con una capacidad por bache de aproximadamente 50 litros de harina la cual es necesario extraerle la leche retenida por ésta, siendo filtrada a través de una tela y prensada en una canastilla por medio de un dispositivo hidráulico con operación manual, el equipo tiene las siguientes características:

Recipiente cilíndrico fabricado en lamina inoxidable calibre 12 tipo 304 con fondo cónico, salida con válvula de $\frac{3}{4}$ y tapa circular del total del diámetro del cilindro asegurada por medio de chapetas o cierres rápidos para facilitar la operación de cargue y descargue de la harina, este recipiente en su parte interna tendrá un filtro circular fabricado en lamina perforada inoxidable con diámetro 3mm, además tendrá instalado un disco interno en lamina $\frac{3}{4}$ inoxidable y eje de 1 1/2" que servirá como pistón para prensar, en su parte exterior este recipiente ira montado en estructura en ángulo donde ira ubicado un gato hidráulico (vehicular) con una capacidad aproximada de 10toneladas, y el cual será accionado por medio manual como las prensas hidráulicas, el cual permitirá ser manipulado fácilmente.

El costo del filtro fabricado en acero inoxidable es de DIEZ MILLONES TRESCIENTOS VEINTE MIL PESOS ML (\$10.320.000.00) más el correspondiente valor del IVA vigente al momento de la factura.

OBSERVACIONES GENERALES

SECADOR DE BANDEJAS

El tiempo de secado es variable dependiendo de la naturaleza y tamaño del material a secar.

VIBRASEC S.A., solo garantiza el funcionamiento mecánico y controles de temperaturas.

Las características finales del producto serán responsabilidad del cliente, ya que estas varían de acuerdo a sus necesidades.

El ducto de salida de gases de combustión y el ducto de salida de aire húmedo de ser requeridos, serán cotizados por aparte.

Esta cotización no contempla ningún valor relacionado con algún tipo de montaje que tuviese que ser realizado, en las instalaciones del cliente.

Los equipos se entregan probados en su funcionamiento mecánico con gas propano en las instalaciones de VIBRASEC S.A. Calle 12 Sur # 51 –85, Medellín, para la realización de los ensayos el cliente suministra la materia prima (frutas verduras etc), el tiempo destinado para dichas pruebas es de un día.

El transporte y embalaje del equipo corre por cuenta del cliente, en caso de requerirlo VIBRASEC S.A., presentara su cotización para este concepto.

En caso de requerir la asistencia de personal técnico de VIBRASEC S.A. para trabajos adicionales a los incluidos en la presente oferta o que no sean incluidos en la garantía de este equipo, esta tendrá un valor según las tarifas vigentes de VIBRASEC S.A. para este tipo de trabajos.

FILTRO

De ser aprobada su fabricación se pasara un esquema con medidas generales para ser aprobado antes de iniciar su fabricación.

GARANTÍA

VIBRASEC S.A. garantiza sus productos contra defectos en materiales y mano de obra por el término de seis (6) meses a partir de la fecha de origen de despacho.

La validez de la garantía no se aplica a productos que muestren abuso, falta de mantenimiento, hayan sido alterados o reparados por otros, ni tampoco a productos que hayan cumplido una vida normal de uso.

Para los equipos, accesorios o implementos no fabricados por VIBRASEC S.A., pero suministrados con el equipo ofrecido, solo se asumirán las garantías que brinden los proveedores de los mismos.

En caso de necesitarse la asistencia de personal técnico de VIBRASEC S.A o de requerirse el envío de algún equipo para el cubrimiento de su garantía fuera de la ciudad de Medellín-Colombia, los costos de transporte desde y hacia VIBRASEC S.A., serán asumidos por el cliente, al igual el transporte , alojamiento y viáticos del técnico.

FORMA DE PAGO

50 % anticipo, 40% por avance de obra al 60% y el 10% restante después de realizadas las pruebas de funcionamiento mecánico y firma del acta de recibido del equipo antes de su despacho.

TIEMPO DE ENTREGA

Cuarenta y cinco (45) días hábiles una vez tramitada la orden de compra y realizados los pagos iniciales previamente acordados. La fecha exacta de entrega será a convenir dependiendo de la programación de producción.

VALIDEZ DE LA OFERTA

Esta oferta tiene una vigencia de treinta (30) días calendario contados a partir de la fecha.

Cualquier inquietud al respecto con gusto lo atenderemos.

Atentamente,

JAIRO VELEZ GARCIA

Director de Producción