



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Trabajo Experimental previo a la obtención del título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS TERMO FÍSICOS EN EL PROCESO DE SECADO ARTESANAL DE OKARA DE SOYA EN HORNO DE CONVECCIÓN A GAS.”**

---

**Autor:**

Omar Santiago Tello Carrillo

**Tutor:**

Ing. Mg. Santiago Cabrera Anda

**AMBATO – ECUADOR**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

### **CERTIFICADO**

En mi calidad de director de proyecto de grado, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el Tema: ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS TERMO FÍSICOS EN EL PROCESO DE SECADO ARTESANAL DE OKARA DE SOYA EN HORNO DE CONVECCIÓN A GAS. Realizado por el Sr. Omar Santiago Tello Carrillo, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico que:

- ✓ El presente proyecto de investigación es original de su autor.
- ✓ Ha sido revisado en cada uno de sus capítulos.
- ✓ Se encuentra concluido y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Octubre 2016

-----  
Ing. Mg. Santiago Paúl Cabrera Anda

TUTOR

## **AUTORÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

Yo, Omar Santiago Tello Carrillo, declaro que dentro del Trabajo Experimental realizado lo concerniente al tema, objetivos, conclusiones, recomendaciones, análisis de los resultados, con excepción de conceptos y definiciones en la presente investigación, previo la obtención del Título de Ingeniero Mecánico son absolutamente originales, auténticos y personales.

-----  
Omar Santiago Tello Carrillo

C.I. 050278150-3

AUTOR

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo de investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Documento dentro de las regulaciones de Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, octubre de 2016

---

Omar Santiago Tello Carrillo

C.I. 050278150-3

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el Informe de Investigación, sobre el tema “ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS TERMO FÍSICOS EN EL PROCESO DE SECADO ARTESANAL DE OKARA DE SOYA EN HORNO DE CONVECCIÓN A GAS.” de Omar Santiago Tello Carrillo, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Octubre 2016

**Para constancia firman:**

-----  
PRESIDENTE – A

-----  
Ing. Mg. Alex Mayorga

-----  
Ing. Mg. Luis Escobar

## **DEDICATORIA**

A mi amado Dios por moldearme en el camino hacia sus designios, a mis leales padres que a pesar de todo se encuentran ahí en los momentos mas dolorosos y nunca perdieron la confianza en mi, manteniendo su optimismo latente y enseñandome el camino de la perseverancia y paciencia, a mi pequeño retoño Johan Santiago que es el motor de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas y docentes que me acompañaron en este camino universitario en especial al Ing. Mg. Santiago Cabrera por su valiosa ayuda y don de persona al momento de realizar éste proyecto experimental y en todas las facetas de mi vida universitaria.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

TÍTULO O PORTADA .....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL .....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICOS Y TABLAS .....	XI
RESUMEN EJECUTIVO .....	XIII
CAPÍTULO I.....	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 Objetivos Generales .....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II .....	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 Aplicación alimenticia de la okara.....	5
2.1.2 Parámetros termo físicos en el proceso de secado .....	6
2.1.3 Secado de okara de Soya.....	8



2.1.4 Transferencia de calor en el proceso de secado .....	12
2.1.5 Convección en el proceso de secado .....	13
2.1.6 Ventilador.....	14
2.1.7 Grado de Humedad Final .....	16
2.2 HIPÓTESIS.....	16
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS .....	16
CAPÍTULO III.....	17
3.1 Nivel o tipo de investigación.....	17
3.2 Población y Muestra.....	17
3.2.1 Población.....	17
3.2.2 Muestra.....	17
3.3 Operacionalización de variables .....	18
3.4 Plan de recolección de información .....	20
3.5 Plan procesamiento y análisis .....	22
CAPÍTULO IV.....	23
4.1 Recolección de datos.....	23
4.1.1 Recolección de datos de secado de <i>okara</i> en un horno de convección forzada a baja presión de gas con 16 agitaciones de producto durante el proceso. ....	25
4.1.2 Recolección de datos de Secado de <i>okara</i> en un horno de convección forzada a baja presión de gas con 9 agitaciones de producto durante el proceso. ....	29
4.1.3 Recolección de datos de Secado de <i>okara</i> en un horno de convección forzada a baja presión de gas con 3 agitaciones de producto durante el proceso. ....	32
4.1.4 Comparación entre pruebas de secado. ....	35
4.2 Análisis de los resultados .....	36

4.2.1 Análisis del secado de <i>okara</i> .....	36
4.3 Verificación de hipótesis.....	38
4.4 Parametros del proceso óptimo de secado de <i>okara</i> .....	39
CAPÍTULO V .....	43
5.1 CONCLUSIONES .....	43
5.2 RECOMENDACIONES .....	45
BIBLIOGRAFÍA .....	46
ANEXO I .....	48
ANEXO II.....	52
ANEXO III.....	54
ANEXO IV .....	64
ANEXO V.....	71
ANEXO VI .....	73
ANEXO VII .....	75
ANEXO VIII.....	79
ANEXO IX .....	81
ANEXO X.....	83

## ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICOS Y TABLAS

### INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Propiedades del okara de Soya.....	8
Tabla 3. 1 Equipos e instrumentos empleados.....	20
Tabla 4. 1 Análisis cualitativo previo de parámetros establecidos. ....	23
Tabla 4. 2 Característica de la prueba 1. ....	26
Tabla 4. 3 Toma de tiempos y temperatura durante la prueba 1. ....	28
Tabla 4. 4 Datos obtenidos de la prueba 1. ....	29
Tabla 4. 5 Característica de la prueba P2.....	29
Tabla 4. 6 Toma de tiempos y temperatura durante la prueba 2. ....	31
Tabla 4. 7 Datos obtenidos de la prueba 2 .....	32
Tabla 4. 8 Característica de la prueba 3. ....	32
Tabla 4. 9 Toma de tiempos y temperatura durante la prueba 3.....	34
Tabla 4. 10 Datos obtenidos de la prueba 3. ....	34
Tabla 4. 11 Parámetros del proceso óptimo de secado de <i>okara</i> . ....	39
Tabla 4. 12 Tabla de costos de GLP y electricidad para el proceso de secado de <i>okara</i> . ....	40
Tabla 4. 13 Tabla de consumo del ventilador y GLP por hora. ....	40
Tabla 4. 14 Tabla de consumos durante el proceso de secado de <i>okara</i> .....	41
Tabla 4. 15 Costos del secado de <i>okara</i> aplicados a cada una de las pruebas. ....	41
Tabla 4. 16 Costos del secado de <i>okara</i> dimensionado a cada una de las pruebas en la obtención de 1 Kg de producto seco. ....	42

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 4. 1 Datos del Secado de okara en un horno de convección forzada a baja presión de gas a puerta cerrada con 16 agitaciones durante el proceso. ....	27
Gráfica 4. 2 Datos del Secado de okara en un horno de convección forzada a baja presión de gas a puerta cerrada con 9 agitaciones durante el proceso. ....	30
Gráfica 4. 3 Datos del Secado de okara en un horno de convección forzada a baja presión de gas a puerta cerrada con 3 agitaciones durante el proceso. ....	33
Gráfica 4. 4 Comparación de resultados de las pruebas 1-2-3.....	35
Gráfica 4. 5 Análisis del tiempo de secado vs. número de agitaciones .....	37
Gráfica 4. 6 Análisis de la Merma vs número de agitaciones.....	38

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 2. 1 Temperatura en el secado de okara de soya.....	7
Fig. 2. 2 Humedad inicial.....	7
Fig. 2. 3 Horno .....	9
Fig. 2. 4 Proceso de secado de okara de soya. ....	11
Fig. 2. 5 Convección forzada. ....	14
Fig. 2. 6 Ventilador. ....	14
Fig. 2. 7 Hélice axial de perfil delgado. ....	15
Fig. 2. 8 Hélice axial de perfil sustentador.....	15
Fig. 4. 1 Secado de okara en un horno de convección forzada a gas con agitación de producto.....	26
Fig. 4. 2 Okara Húmeda y Seca .....	36

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo a continuación trata del estudio de los parámetros termo-físicos en el proceso de secado artesanal de *okara* de soya en horno de convección a gas en la industria que se dedica a elaborar productos a base de soya.

En la cual el objetivo general del proyecto experimental es el de analizar los parámetros termo-físico en el proceso de secado artesanal de *okara* de soya en horno de convección a gas mediante investigación experimental para la micro empresa ALIMENTOS DE SANTIAGO. Los parámetros que van a ser estudiados en este proyecto se basan en la temperatura para el secado de este tipo de producto, de igual manera la humedad la cual es influyente en el tiempo de secado. Este proyecto de investigación experimental es netamente de campo, en el cual prevalece la observación directa. Se realizaron pruebas en las que se variaron la masa, presión del GPL, número de agitaciones del producto por proceso, velocidad de movimiento del aire dentro de la cámara u horno al igual que la velocidad a la que gira el tambor dentro de la cámara de secado.

Como parámetros termo físico se estableció una masa de 0,5 Kg de *okara*, presión de baja 2,7576 kPa (0,4 psi) temperatura de secado de 70°C rotación del tambor de 18,2 rpm, velocidad del aire que circula dentro de la cámara de 5,4 m/s.

Finalmente se concluyó que el parámetro termo físico más influyente en el secado de *okara* de soya es la agitación del producto durante el proceso la cual fue de 16 veces, en la que se obtuvo una disminución del tiempo de secado en un 43,75% empleando presión de baja, aparte de mejorar el tiempo también mejoró la merma en un 42,85%.

## **CAPÍTULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS TERMO FÍSICOS EN EL PROCESO DE SECADO ARTESANAL DE OKARA DE SOYA EN HORNO DE CONVECCIÓN A GAS.”

#### **1.2 ANTECEDENTES**

En este trabajo de investigación realizado en la microempresa Alimentos de Santiago, localizada en el cantón San Miguel de Salcedo, se lo llevará a cabo debido a que la antes mencionada empresa tiene como objeto realizar a futuro una secadora para el desecho que se genera una vez realizada la leche de soya conocido como *okara*, para generar derivados los cuales se puedan ofertar en el mercado nacional.

Por lo que, se ha visto la necesidad de buscar en algunas investigaciones que nos permita guiarnos con algunos parámetros a nivel nacional y extranjero, los cuales se citan a continuación:

Entre los antecedentes investigados se tiene que Alex Omar Heredia Tipán (graduado en el 2012) realizó el estudio y mejoramiento del proceso manual de tostado del haba y su incidencia en el tiempo de obtención del producto terminado, para el cual tomó en consideración los siguientes parámetros a medirse:

- ✓ Presión de GLP
- ✓ Variación de la masa
- ✓ Tiempo de tostado

En el cual concluye:

- ✓ Para determinar el tiempo de proceso se realizaron 6 ensayos con diferente masa, estableciendo para el tostado manual un tiempo de 46min y para el mecánico de 41min de acuerdo con Alex Heredia [1].
- ✓ El método de calentamiento indirecto cuenta con una cámara de combustión aislada que permite aprovechar de mejor manera el poder calorífico del combustible hacia la cámara de tueste según Alex Heredia [1].

Además cabe mencionar que en la revista @alimtech Ciencia y Tecnología Alimentaria de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura Universidad de Pamplona ubicada en Colombia, en el artículo “Características fisicoquímicas de harina de okara” [2] cito un fragmento del resumen a continuación:

“Se adquirió la okara en la empresa PAN (Medellín –Antioquía), con una humedad inicial de 86%, esta fue prensada manualmente y secada a una temperatura de 60-70°C por 3 horas 30 minutos hasta obtener una humedad final del 5,72%”. Según la revista @alimtech. [2]

Adicional a lo anteriormente citado, con lo que respecta a la temperatura de secado, existe una referencia adicional en la patente española perteneciente a Préstamo Martínez [3], a cerca de las razones por las que el secado de *okara* deben llevarse a cabo en temperaturas bajas. A continuación un fragmento de la patente que cita lo siguiente:

“En el proceso de secado, la *okara* se seca en estufa a una temperatura de 60°C. Temperaturas superiores podrían producir caramelización de los azúcares de la fibra y desnaturalización de proteínas”. [3]

Para la presente investigación se desea conocer los parámetros térmicos y físicos, los cuales influirán en el grado de humedad final puesto que en referencia a lo antes expuesto se debe determinar los tiempos de secado, aplicando diferentes masas a temperaturas ya antes mencionadas como referencia.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El proceso de secado de *okara* o el residuo posterior a la extracción de la bebida o leche de soya, es una necesidad que se ha presentado recientemente en la micro empresa Alimentos de Santiago del Cantón Salcedo, debido a que posterior a la

extracción que consiste en pasar el grano de soya acompañado de agua por un molino centrifugador, el que extrae la parte líquida llamada leche o bebida de soya, separa el residuo sólido ya triturado y húmedo al cual se lo conoce como *okara*, ha sido desechado durante algún tiempo sin darle un uso más que el de desecho destinado a animales, eso en el mejor de los casos.

Por lo que se ha visto la necesidad de secarlo con el objeto de aprovechar por completo las propiedades alimenticias que este derivado del grano de soya contiene para poder brindar a sus consumidores un producto que a más de aportarles sus bondades alimenticias, venga a aportar económicamente en los rubros de la micro empresa.

Por tal razón el presente estudio brindará las pautas necesarias y los parámetros específicos en lo que respecta al secado de *okara* en hornos de convección a gas, para poder así ayudar de manera importante al conocimiento del tratado del mismo y mejoras en sus futuras aplicaciones, los cuales tratados de la manera adecuada brindan derivados como harina, granola, barras energéticas, apanadura y otros.

Con la culminación de este estudio, beneficiará de manera directa a la micro empresa Alimentos de Santiago que se dedica a esta clase de negocio, dando la pauta para enfocarse en el aprovechamiento de su principal remanente que es la *okara*.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivos Generales**

Analizar los parámetros termo -físicos en el proceso de secado artesanal de *okara* de soya en horno de convección a gas mediante investigación experimental con la finalidad de detectar su efecto sobre la disminución de humedad final.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Establecer los parámetros físicos para el proceso de secado de *okara* de soya.



- ✓ Determinar los parámetros térmicos necesarios para el secado de *okara* de Soya.
- ✓ Establecer el grado de humedad obtenido al final del proceso de secado con el inicial.
- ✓ Evaluar la masa final seca obtenida.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

##### **2.1.1 Aplicación alimenticia de la *okara***

Dentro del proceso de transformación que sufre el grano de soya para poder extraer la bebida o leche de soya, queda un remanente el cual contiene un alto valor nutritivo, por lo que se ha visto la necesidad de utilizar este beneficioso producto en la aplicación de algunos otros procesos o parte de los ingredientes de algunos otros productos como enriquecedor, los cuales se muestran a continuación:

- ✓ Galletas de maíz
- ✓ Galletas de avena
- ✓ Embutidos
- ✓ Snacks
- ✓ Barras energéticas
- ✓ Granola
- ✓ Pan integral
- ✓ Pan dietético
- ✓ Pan de maíz
- ✓ Harina de soya
- ✓ Aliños
- ✓ Cereales

- ✓ Tallarines y fideos
- ✓ Tortas
- ✓ Bollos
- ✓ Apanadura, etc.

En definitiva la *okara* de soya es un sub producto que viene a darle a cada uno de los productos que conocemos un valor agregado en lo referente a alimentación.

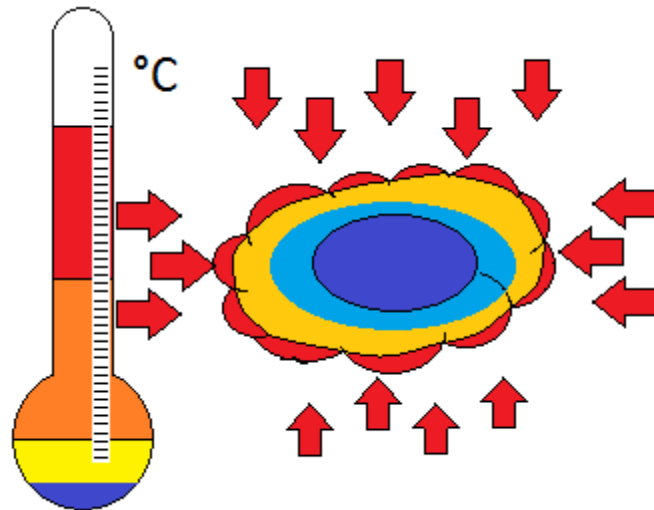
### **2.1.2 Parámetros termo físicos en el proceso de secado**

Se conoce como parámetros termo-físicos a los datos que se consideran como imprescindibles y orientativos para lograr evaluar la temperatura por la parte térmica y la masa o demás relacionado a la parte física tangible del producto a secarse.

A demás estos inciden el proceso de secado, debido a que cuando se efectúa el secado, los parámetros que intervienen en cuanto ambientales la temperatura y humedad relativa, dentro de la cámara de igual manera la temperatura y el flujo del aire de secado, con respecto al producto a ser secado, la temperatura, humedad y la velocidad con la que se mueve o agita dentro de la cámara del secador. Los parámetros citados son dependientes entre ellos e influyen en el secado como un conjunto de factores y no aisladamente. El manejo adecuado de dichos parámetros permite determinar el equipamiento apropiado para las condiciones específicas de secado. [5]

#### **2.1.2.1 Temperatura de secado**

La temperatura es un parámetro de mayor flexibilidad durante el proceso de secado, el cual va a influir de manera significativa en la eficiencia del secado del producto y por ende en la calidad del mismo. Las temperaturas de secado más elevadas pueden causar daños térmicos acentuados en el producto a ser seco, junto con el flujo de aire y la agitación del producto, determinan la cantidad de agua evaporada en un secador. [5]



**Fig. 2. 1** Temperatura en el secado de okara de soya.

**Fuente:** Omar Tello

#### **2.1.2.2 Humedad inicial del okara**

El contenido de humedad inicial influye en el secado del producto, cuanto más elevado sea el contenido de humedad de un producto, mayor será la cantidad de agua evaporada. En consecuencia, se utiliza un mayor porcentaje de energía disponible para evaporar la humedad contenida en los productos más húmedos. [5]



**Fig. 2. 2** Humedad inicial

**Fuente:** Omar Tello

#### 2.1.2.4 Flujo del producto dentro del secador

La velocidad con que el material pasa por el secador o es agitado, denominada con mayor frecuencia flujo de masa o tiempo de residencia del producto en el secador, puede influir en el secado, la eficiencia del proceso y la calidad final del producto. Si el flujo de masa aumenta, el producto final será, en general, de mejor calidad. Por otra parte, hay un aumento del consumo de energía específica, esto es, de la energía que se necesita para evaporar una unidad de masa de agua y una disminución de la eficiencia térmica del secado, porque el producto que pasa por el secador con mayor velocidad pierden menos humedad y el secado puede resultar insuficiente. El manejo adecuado de la velocidad del producto tiene importancia fundamental en el secado. [5]

#### 2.1.3 Secado de okara de Soya

A la *okara* se la conoce también como pulpa de soya, la cual es de color blanca-amarillenta, la cual se forma por aquellas partes que no se filtran pero son centrifugadas y separadas cuando el grano de la soya es triturado para así conseguir leche de soya. [4]

Éste se encuentra de manera tradicional en las cocinas Japonesa, Coreana y China desde ya hace mucho tiempo atrás, pero con el intercambio socio cultural y el movimiento globalizado que cada vez es más rápido, se ha venido empleando en la cocina vegetariana y de a poco en la occidental por sus beneficios que de apoco están siendo reconocidos. [4]

**Tabla 2. 1**

Propiedades del okara de Soya

Parámetros	Mojada	Seca
Humedad	76 - 80 %	
Sólidos	20 - 24 %	
Proteína	3,5 – 4,0 %	24 %
Grasa		8 - 15 %
Fibra cruda		12 – 14,5 %

Contiene el 17% de la proteína de las  
semillas de soja originales.

**Fuente:** Shurtleff William & Akiko Aoyagi [4]

Para lo que respecta a secado de *okara* se toma en cuenta normas existentes como lo es para secado de trigo para referirse a la humedad del producto final ya que según la Universidad de Pamplona recomienda a una temperatura oscilante de 60-70°C por un tiempo de 3 horas 30 minutos para 1 kg de producto, o hasta obtener una humedad final deseada, lo cual se encuentra establecido en la norma del CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1-1995) que es de 15.5% máximo de humedad final para harina de trigo según el protocolo de Pan. [2]

### 2.3.1.1 Secado en Horno Casero

#### Horno

Un horno es un dispositivo que genera calor y que lo mantiene dentro de un compartimento cerrado. Se utiliza tanto en la cocina para cocinar, calentar o secar alimentos, como en la industria. La energía calorífica utilizada para alimentar un horno puede obtenerse directamente por combustión (leña, gas u otro combustible), radiación (luz solar), o indirectamente por medio de electricidad (horno eléctrico). [6]



**Fig. 2. 3** Horno

**Fuente:** EcuRed [6]

## **Horno a gas**

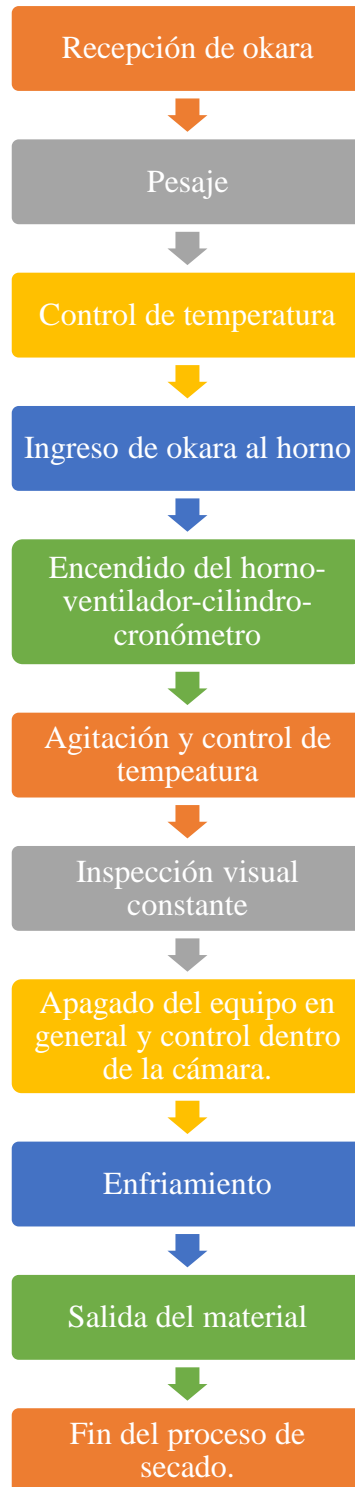
Los avances en la utilización del gas natural como combustible, han permitido conceder a los hornos de gas una opción viable en las alternativas que nos brinda su uso, mostrándose muy eficaces, tanto por la reducción de los tiempos de cocción de las materias primas, como la reducción de las emisiones al ambiente. La regulación de la atmósfera en el interior del horno, se puede controlar variando la inyección de la mezcla de gas y aire, por lo que resultan muy útiles para hacer reducciones. Otra ventaja digna de mención es que se alcanzan altas temperaturas en un menor tiempo. [6]

### **2.1.3.2 Proceso de secado de *okara* de soya**

El proceso de secado de *okara* es meticuloso, debido a la naturaleza del producto puesto que debe mantenerse el control de la temperatura para evitar que se quemara con facilidad dentro de la cámara, tampoco se pierdan sus propiedades alimenticias y tampoco pierda esa apariencia y textura agradable a la vista.

A continuación una descripción del proceso de secado de *okara*:

Una vez realizada la leche de soya queda el residuo llamado *okara*, éste se envía hacia la etapa de secado en donde se lo recepta, se lo pesa para que no sobrepase el volumen permitido dentro de la cámara de secado, posterior a eso es necesario controlar las temperaturas ambientales para mantener estándares y evitar aumento en el consumo de combustible, después el *okara* se ingresa en la cámara y se la ubica, una vez ubicada se enciende la cámara sin realizar algún precalentamiento previo, en el transcurso del proceso se controlará temperatura, tiempo, agitaciones durante el secado acompañado de una inspección visual para determinar el momento en el cual se dé por terminado el proceso en sí y bajo las características que se necesiten del producto final. A continuación diagrama de flujo del proceso de secado:



**Fig. 2. 4** Proceso de secado de *okara* de soya.

**Fuente:** Omar Tello



### 2.1.4 Transferencia de calor en el proceso de secado

La transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo, por ejemplo, un objeto sólido o un fluido, está a una temperatura diferente a la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de energía térmica, también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico. La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado del segundo principio de la termodinámica. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos en proximidad uno del otro, la transferencia de calor no puede ser detenida; solo puede hacerse más lenta. [7]

#### Balance de masa

El principio de balance de la masa o conservación de la masa simplemente es una expresión en donde que la masa durante el proceso de secado no puede crearse ni destruir en el proceso y que, durante un análisis, debe tomarse en cuenta en su totalidad. En el flujo estacionario, la cantidad de masa dentro del volumen de control permanece constante y, como consecuencia, la conservación de la masa se puede expresar. Según Cengel. [8]

$$\left( \text{Razón de flujo de masa que} \right)_{\text{entra al volumen de control}} = \left( \text{Razón del flujo de masa que} \right)_{\text{sale del volumen de control}} \quad (1)$$

#### Balance de energía

El balance de energía para cualquier sistema que pasa por cualquier proceso se expresa como: [8]

$$E_{\text{entra}} - E_{\text{sale}} = \Delta E_{\text{sistema}} \quad (2)$$

Lo cual indica que el cambio en el contenido de energía de un sistema durante un proceso es igual a la diferencia entre la entrada y la salida de energía. Durante un proceso de flujo estacionario, el contenido total de energía de un volumen de control permanece constante (y, por lo tanto,  $\Delta E_{\text{sistema}} = 0$ ) y la cantidad de energía que

entra a un volumen de control en todas las formas debe ser igual a la cantidad de energía que sale de ese volumen. Entonces, para un proceso de flujo estacionario, la forma de balance de la ecuación general de la energía se reduce a: [8]

$$\dot{E}_{entra} - \dot{E}_{sale} = 0 \quad (3)$$

Dado que la energía se puede transferir sólo por el calor, el trabajo y la masa, el balance de energía para un volumen de control de un flujo estacionario se puede escribir en forma explícita como: [6]

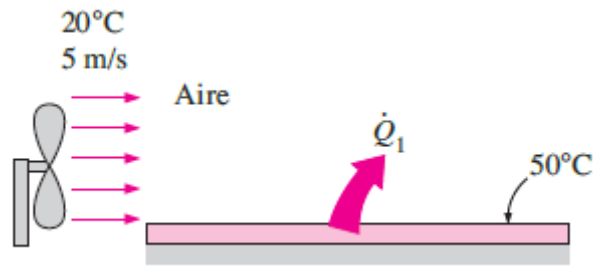
$$(\dot{E}_{entra} - \dot{E}_{sale})_{por\ calor} + (\dot{E}_{entra} - \dot{E}_{sale})_{trabajo} + (\dot{E}_{entra} - \dot{E}_{sale})_{masa} = 0 \quad (4)$$

### **2.1.5 Convección en el proceso de secado**

Se considerará la convección, la cual constituye el mecanismo de transferencia de calor a través de un fluido, en presencia de un movimiento masivo de éste. [7]

La convección se clasifica como convección natural (o libre) y forzada, dependiendo de la manera en que se inicia el movimiento del fluido. En la convección forzada se obliga a que el fluido fluya sobre una superficie o en un tubo por medios externos, como una bomba o un ventilador. En la convección natural, cualquier movimiento del fluido es causado por medios naturales, como el efecto de flotación, el cual se manifiesta como la subida del fluido caliente y la caída del fluido frío. La convección también se clasifica como externa e interna, dependiendo de si se obliga al fluido a fluir sobre una superficie o en un tubo. [7]

La transferencia de calor por convección es complicada por el hecho de que comprende movimiento del fluido así como conducción del calor. El movimiento del fluido mejora la transferencia de calor, ya que pone en contacto porciones más calientes y más frías de ese fluido, iniciando índices más altos de conducción en un gran número de sitios. [7]



**Fig. 2. 5** Convección forzada.

**Fuente:** Çengel [7]

### 2.1.6 Ventilador

Los ventiladores son instrumentos que se emplean para aumentar la presión y provocar un flujo de aire y otros gases dentro de un sistema de flujo de gases, su función es similar al de una bomba de agua. Un ventilador está diseñado para que opere a presiones estáticas pequeñas de hasta 2 psi (13,8 kPa) Según Robert Mott [9].

Se utiliza ventiladores para hacer circular el aire dentro de un espacio, sea para introducirlo o evacuarlo o para moverlo dentro de los ductos de sistemas de ventilación, calefacción o aire acondicionado.

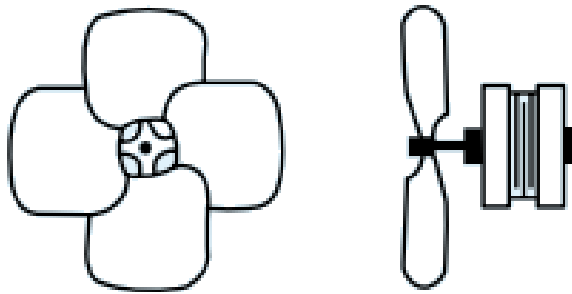


**Fig. 2. 6** Ventilador.

**Fuente:** Westinghouse Goodness.

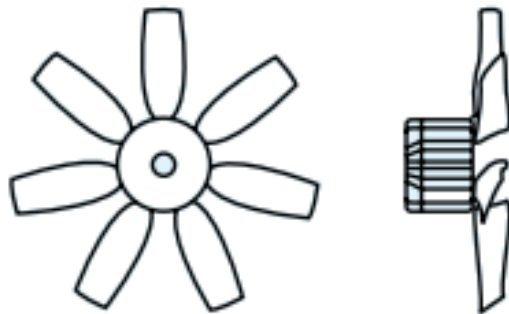
### 2.1.6.1 Ventiladores Axiales

Es el tipo de ventilador en el cual el aire entra y sale de la hélice con trayectoria a lo largo de superficies cilíndricas coaxiales al ventilador. Las hélices de los ventiladores axiales pueden ser de dos tipos como se indica: según Soler&Palau [10]



**Fig. 2. 7** Hélice axial de perfil delgado.

**Fuente:** Soler&Palau. [10]



**Fig. 2. 8** Hélice axial de perfil sustentador.

**Fuente:** Soler&Palau. [10]

### 2.1.6.2 Uso

El ventilador más conocido, se utiliza para la disipación de humedad o para incrementar la velocidad del aire en un espacio habitado, básicamente para refrescar o expulsar humedad. Por esta razón, es un elemento muy utilizado en climas cálidos.

### **2.1.7 Grado de Humedad Final**

Es la reducción porcentual del contenido de agua que contiene la materia orgánica.

#### **2.1.7.1 Cálculos de humedad**

El contenido de humedad que contiene el grano en las muestras a analizarse, se expresa en porcentaje de masa y se la obtiene mediante la siguiente fórmula: [11]

$$H = (m_0 - m_1) \frac{100}{m_0} \quad (5)$$

Dónde:

$H$  = Humedad en porcentaje de masa

$m_0$  = Masa inicial de la muestra húmeda, en gramos.

$m_1$  = Masa final de la muestra seca, en gramos.

## **2.2 HIPÓTESIS**

Los parámetros termo físicos (temperatura, humedad, agitación), permiten establecer el grado de humedad final en el proceso de secado artesanal de *okara* de soya en un horno de convección a gas.

## **2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **Variable Independiente**

Parámetros termo físicos en el proceso de secado.

### **Variable dependiente**

Grado de humedad final.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **Investigación bibliográfica**

Previamente se realizó una investigación que ayudará a conocer teóricamente el tratamiento que se le iba a brindar a la investigación, por lo que se basó en datos de orden bibliográfico basados en el internet y libros como:

- ✓ Termodinámica de Yunus A. Cengel
- ✓ Fundamentos de Transferencia de Calor de Frank P. Incropera
- ✓ Proceso de Conservación de Alimentos de A. Casp y J. Abril

##### **Investigación experimental**

En este tipo de investigación se procedió a realizar los ensayos, pruebas y experimentos en un horno de convección a gas de uso doméstico que fue modificado, el cual nos permita evaluar los tiempos, la masa inicial y final, como también la humedad.

#### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.2.1 Población**

Debido a que Alimentos de Santiago es una micro empresa nueva, pues la producción que corresponde a leche de soya es pequeña, por lo que en base a una producción diaria de 10 kg de soya procesada, la cual la 8 kg son vendidos como alimento para animales y a personas particulares, queda un sobrante de 2 kg.

##### **3.2.2 Muestra**

El residuo de la población es nuestra muestra.

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### V.I. Parámetros termo físicos en el proceso de secado

Conceptualización	Categorías o Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Se conoce como parámetros termo físicos a los datos que se consideran como imprescindibles y orientativos para lograr evaluar la temperatura por la parte térmica y la masa o demás relacionado a la parte física tangible del producto a secarse.	Dato imprescindible y orientativo para evaluar la temperatura	¿Qué temperatura es la adecuada?	Entre 60 y 70 °C	Termómetro
			Hasta 90°	Cuaderno de Notas
	Dato imprescindible y orientativo para evaluar la masa	¿Cuál es el porcentaje de peso óptimo para finalizar el proceso?	Cuando haya alcanzado del 20 al 24% del peso inicial	Balanza

V.D. Disminución del grado de humedad final.

Conceptualización	Categorías o Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Reducción porcentual del contenido de agua que contiene la materia orgánica.	Humedad del <i>Okara</i> de soya	Tiempo que dura el proceso de secado	¿Cuál es el tiempo total de secado de <i>Okara</i> de soya?	<p>Método de observación directa, control constante del tiempo y temperatura.</p> $H = (m_0 - m_1) \frac{100}{m_0}$



### 3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Inicialmente se procedió a tomar datos de temperatura, humedad de una masa previamente pesada, para posteriormente realizar el secado de manera artesanal en un horno de convección a gas de tipo doméstico el cual fue adaptado para variar sus presiones, posterior a ello se midió el tiempo requerido para el secado, y la humedad en el transcurso del proceso, al igual que la masa se pesó al final.

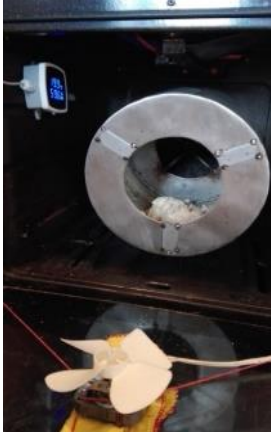
Con el objeto de obtener información lo más precisa posible, se procedió a realizar con las muestras previamente establecidas el proceso para posteriormente extraer los resultados mediante lo siguiente:

#### Observación directa

Mediante este método se logró determinar los valores que nos permitieron de manera estadística establecer los parámetros termo-físicos como son: humedad calculada, temperatura de secado, número de agitaciones del producto, tiempo de secado, masa inicial y final para el presente proyecto.

**Tabla 3. 1**

Equipos e instrumentos empleados.

Nombre	Detalle	Función
Horno de cocina de calentamiento indirecto, capacidad 6Kg, adaptado con un cilindro y ventilador.		Seca el <i>Okara</i> a temperatura estable y con convección generada por el ventilador y remoción de material por su cilindro adaptado.

<p>Balanza Digital capacidad 5 Kg</p>		<p>Pesa el okara a ser secada o tratada.</p>
<p>Termómetro Digital</p>		<p>Muestra la temperatura interna del horno.</p>
<p>Válvula reguladora de presión</p>		<p>Se encarga de regular la presión que se dirige hacia el horno.</p>
<p>Cronómetro</p>		<p>Permite medir el tiempo del proceso de secado.</p>
<p>Tacómetro</p>		<p>Mide las revoluciones por segundo de un eje en rotación.</p>
<p>Anemómetro</p>		<p>Mide la velocidad del viento generada por un ventilador.</p>

**Fuente:** Omar Tello

### 3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Con lo que respecta al análisis de la información, el cual una vez realizadas las mediciones y obtenida la información de las mismas, se procedió a organizar los valores en tablas con el objeto de tener un panorama más ordenado y entendible de lo obtenido previamente.

A continuación una síntesis del procesamiento de la información mediante los siguientes pasos:

- ✓ Establecer los parámetros previos a analizarse dentro del proceso.
- ✓ Recopilar las temperaturas y agitaciones durante el secado.
- ✓ Calcular las humedades finales obtenidas a base de una fórmula.
- ✓ Pesar las masas inicial y final.
- ✓ Recopilar toda la información de cada una de las pruebas en formatos previamente elaborados.
- ✓ Realizar las tablas que destaquen los parámetros termo físicos del proceso de secado de *okara*.
- ✓ Tabular la información obtenida.
- ✓ Realizar gráficas por dispersión y plantear líneas de tendencia.
- ✓ Comparar mediante una gráfica general cada una de las pruebas.
- ✓ Interpretar el gráfico y determinar el mejor resultado, en base a la humedad calculada, el peso final obtenido, número de agitaciones y calidad que va ligada al color del producto final.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Previamente se realizaron pruebas en las que se variaron la temperatura del horno, la convección natural a forzada, horno con puerta abierta y cerrada del horno, pero al dar resultados ineficientes como la quema del producto final, demora excesiva en el factor tiempo, asepsia inadecuada, variaciones bruscas de temperatura, se tomaron en cuenta las tres mejores pruebas con las correcciones pertinentes en los inconvenientes antes mencionados para obtener resultados aceptables y lo más fiables posibles que cubran las deficiencias de las pruebas anteriores.

En el estudio, previamente se hicieron pruebas que ayudaron a establecer los parámetros en los cuales serían basadas nuestras pruebas finales para así obtener los correspondientes datos finales. Dichos parámetros y datos son analizados a continuación en la siguiente tabla 4.1:

**Tabla 4. 1**

Análisis cualitativo previo de parámetros establecidos.

PARAMETRO	DATOS	RESULTADO	ESTADO
<b>Presión</b>	2,7576 kPa (0.4 psi)	Es controlable la temperatura en la cámara, donde se realiza secado de la <i>okara</i> en intervalos de 60 a 70 °C.	Aceptada
	6,894 kPa (1 psi)	Fluctúa la temperatura rápidamente en la cámara, donde se realiza el secado de la <i>okara</i> en intervalos de 75 a 87°C.	Descartada

<b>Presión</b>	13.788 kPa (2 psi)	Se dispara la temperatura rápidamente en la cámara, donde se realiza el secado de la <i>okara</i> en rangos de 90 a 110°C, además se quema con facilidad el producto que se está secando.	Descartada
<b>Masa</b>	150 g	Es muy poca la masa, a temperaturas elevadas se quema con demasiada facilidad la <i>okara</i> .	Descartada
	500 g	Es una masa controlable, además a medida que se gira el tambor no hay mucha salida hacia el exterior de la <i>okara</i>	Aceptada
	1000 g	Demora mucho tiempo en secar con la temperatura de 70°C, aproximadamente 3 h 15 min.	Descartada
<b>Rotación del Tambor</b>	60 rpm	Muy rápida la rotación sale residuos de <i>okara</i> hacia las paredes de la cámara y en el transcurso del proceso de secado esa merma se quema.	Descartada
	30 rpm	Rotación más estable aunque sale todavía residuos de <i>okara</i> hacia el exterior del cilindro.	Descartada
	18 rpm	Rotación es más estable, el despido de <i>okara</i> es mínimo y por consiguiente se quema menos producto.	Aceptada

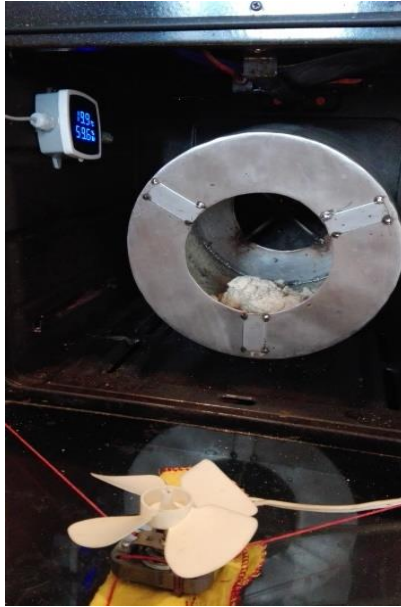
<b>Velocidad de movimiento del aire</b>	2.6 m/s	Muy suave el movimiento del aire dentro de la cámara por lo que no ayuda a disipar la humedad de manera eficiente durante el proceso de secado de la <i>okara</i> dentro de la cámara.	Descartada
	5.4 m/s	Con esta velocidad, ayuda a remover la humedad de manera eficaz del producto hacia el exterior de la cámara de secado.	Aceptada

**Fuente:** Omar Tello

En base a la experiencia antes expuesta en la Tabla 4.1, se tomó en cuenta que la presión de trabajo del GLP para el secado de *okara* sea de 2,7576 kPa (0,4 psi), como también la masa de 500 g (0,5 Kg), rotación del tambor de 18 rpm y velocidad de movimiento del aire de 5,4 m/s, todo esto debido a que la masa del producto es el idóneo para el estudio, la presión es la ideal para controlar el ambiente dentro de la cámara de secado, la rotación y velocidad de movimiento del aire disminuye el desperdicio de materia a secarse de manera notable.

#### **4.1.1 Recolección de datos de secado de *okara* en un horno de convección forzada a baja presión de gas con 16 agitaciones de producto durante el proceso.**

A continuación se muestra la recolección de datos obtenidos en el proceso de secado con convección forzada por un ventilador y con agitaciones del producto a 16 veces durante el proceso de secado.



**Fig. 4. 1** Secado de *okara* en un horno de convección forzada a gas con agitación de producto.

**Fuente:** Omar Tello

Ahora bien, en la prueba de secado de *okara* por convección forzada generada con un ventilador en un horno doméstico a gas como se mostró en la Fig. 4.1, en el cual se trabajaron con las siguientes características para la pertinente prueba que se pone a continuación:

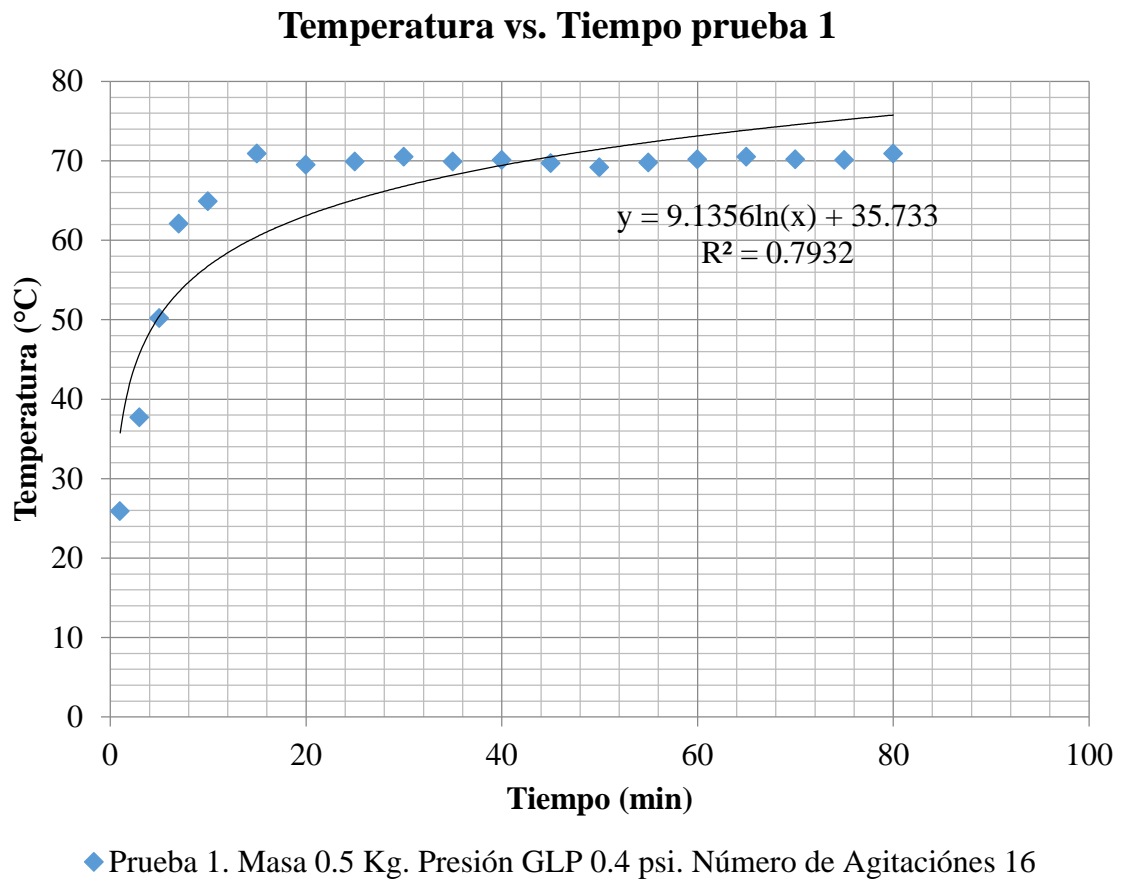
**Tabla 4. 2**

Característica de la prueba 1.

Peso de <i>okara</i> Inicial	0,5 Kg
Temperatura ambiente	19,7 °C
Presión de gas	2,7576 kPa (0,4 psi)
Puerta del horno	Cerrada
Agitación de <i>okara</i>	Manual
Número de agitaciones durante el proceso de secado de <i>okara</i>	16 veces
Rotación del cilindro	18 rpm
Velocidad del aire en movimiento	5,4 m/s

**Fuente:** Omar Tello

Para los cuales en la gráfica siguiente se muestra los datos de Temperatura vs. Tiempo para la prueba 1 en el que muestra lo siguiente:



**Gráfica 4. 1** Datos del Secado de *okara* en un horno de convección forzada a baja presión de gas a puerta cerrada con 16 agitaciones durante el proceso.

**Fuente:** Omar Tello

Con una masa previamente establecida de 0,5 Kg, la temperatura toma un tiempo de 15 minutos aproximadamente hasta lograr establecerse en 70 °C y se mantiene constante con leves intermitencias durante el transcurso del proceso de secado, para esta prueba se realizan 16 agitaciones durante todo el proceso de secado de *okara*, para mejorar la disipación de humedad y obteniéndose el secado del producto a unos 80 minutos.

A continuación la Tabla 4.3 con la toma de tiempos, en cada etapa y con las temperaturas medidas en cada una de las etapas de secado durante la prueba 1 como se muestra:



**Tabla 4. 3**

Toma de tiempos y temperatura durante la prueba 1.

<b>Proceso</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Puesta de <i>okara</i> en la cámara	0	20,3
Encendido y calentamiento de la cámara junto al <i>okara</i>	1	25,9
	3	37,7
A 16 agitaciones durante el proceso de secado.	5	50,2
	10	64,9
	15	70,9
	20	69,5
	25	69,9
	30	70,5
	35	69,9
	40	70,1
	45	69,7
	50	69,2
	55	69,8
	60	70,2
	65	70,5
	70	70,2
75	70,1	
Apagado y fin del proceso	80	70,9

**Fuente:** Omar Tello

En la Tabla 4.3 se muestra el proceso, especificándose las etapas, tomando en cuenta el tiempo y la temperatura cada 5 minutos, en el cual se muestra el proceso desde el momento en el cual se pone la *okara* dentro de la cámara, pasando por el encendido de la cámara durante el minuto 1 al 3, posteriormente las 16 agitaciones realizadas cada 5 minutos aproximadamente hasta llegar al apagado de la cámara y finalización del proceso de secado de *okara*.

**Tabla 4. 4**

Datos obtenidos de la prueba 1.

Peso <i>okara</i> Inicial	0,5 Kg
Peso <i>okara</i> Final	90 g
Tiempo de secado	80 min
Contenido de Humedad	82,00%
Velocidad de salida de aire de cámara	1,1 m/s

**Fuente:** Omar Tello

En la Tabla 4.4 antes expuesta se muestra los datos obtenidos indicando el peso inicial de 500 g, peso final con 90 g, contenido de humedad calculada en base a los pesos de 82.00% y la velocidad del aire caliente a la salida de la cámara que fueron de 1,1 m/s.

#### **4.1.2 Recolección de datos de Secado de *okara* en un horno de convección forzada a baja presión de gas con 9 agitaciones de producto durante el proceso.**

En la prueba de secado de *okara* por convección forzada, se trabajaron con los siguientes datos, en los cuales la mayoría se mantienen fijos, pero con una leve variación en la temperatura ambiente:

**Tabla 4. 5**

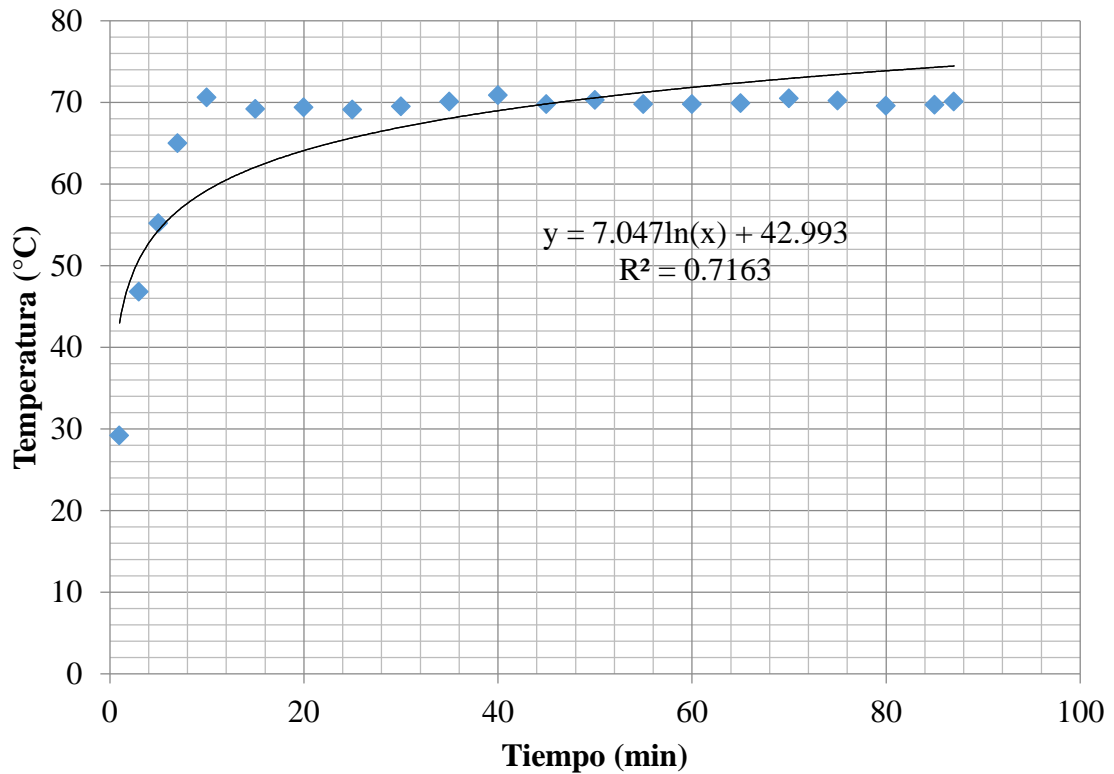
Característica de la prueba P2.

Peso de <i>okara</i> Inicial	0,5 Kg
Temperatura ambiente	19,9 °C
Presión de gas	2,7576 kPa (0,4 psi)
Puerta del horno	Cerrada
Agitación de <i>okara</i>	Manual
Número de agitaciones durante el proceso de secado de <i>okara</i>	9 veces
Rotación del cilindro	18 rpm
Velocidad del aire en movimiento	5,4 m/s

**Fuente:** Omar Tello

Una vez aplicadas las características de las prueba 2, se muestra a continuación la gráfica con los datos obtenidos para 9 agitaciones durante todo el proceso de secado.

### Temperatura vs. Tiempo de la prueba P2



◆ Prueba 2. Masa 0.5 Kg. Presión GLP 0.4 psi. Número de Agitaciones 9

**Gráfica 4. 2** Datos del Secado de *okara* en un horno de convección forzada a baja presión de gas a puerta cerrada con 9 agitaciones durante el proceso.

**Fuente:** Omar Tello

En la Gráfica 4.2, muestra que con una masa de 0,5 Kg la temperatura se eleva hasta 70 °C y se mantiene constante con leves variaciones y con agitaciones de la *okara* cada de 9 veces durante el proceso de secado, obteniendo a 87 minutos el producto seco.

**Tabla 4. 6**

Toma de tiempos y temperatura durante la prueba 2.

<b>Proceso</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Puesta de <i>okara</i> en la cámara	0	19,7
Encendido y calentamiento de la cámara junto al <i>okara</i>	1	29,2
	3	46,8
	5	55,2
A 9 agitaciones durante el proceso de secado.	7	65
	10	70,6
	15	69,2
	20	69,4
	25	69,1
	30	69,5
	35	70,1
	40	70,9
	45	69,8
	50	70,3
	55	69,8
	60	69,8
	65	69,9
	70	70,5
	75	70,2
80	69,6	
85	69,7	
Apagado y fin del proceso	87	70,1

**Fuente:** Omar Tello

En la Tabla 4.6 se muestra el proceso, especificándose las etapas durante el proceso, tomando en cuenta el tiempo y la temperatura cada 5 minutos, a demás la agitación del producto con un intervalo aproximado de cada 10 minutos.

**Tabla 4. 7**

Datos obtenidos de la prueba 2

Peso <i>okara</i> Inicial	0,5 Kg
Peso <i>okara</i> Final	88 g
Tiempo de secado	87 min
Contenido de Humedad	82,40%
Velocidad de salida de aire de cámara	1,1 m/s

**Fuente:** Omar Tello

En la Tabla 4.7 antes expuesta se muestra los datos obtenidos indicando el peso inicial de 500 g, peso final de 88g, contenido de humedad calculada en base a los pesos 82,40% y velocidad de aire caliente a la salida de la cámara se mantiene como en la anterior a 1,1 m/s.

#### **4.1.3 Recolección de datos de Secado de *okara* en un horno de convección forzada a baja presión de gas con 3 agitaciones de producto durante el proceso.**

En la prueba de secado de *okara* por convección forzada, se trabajaron con los siguientes datos:

**Tabla 4. 8**

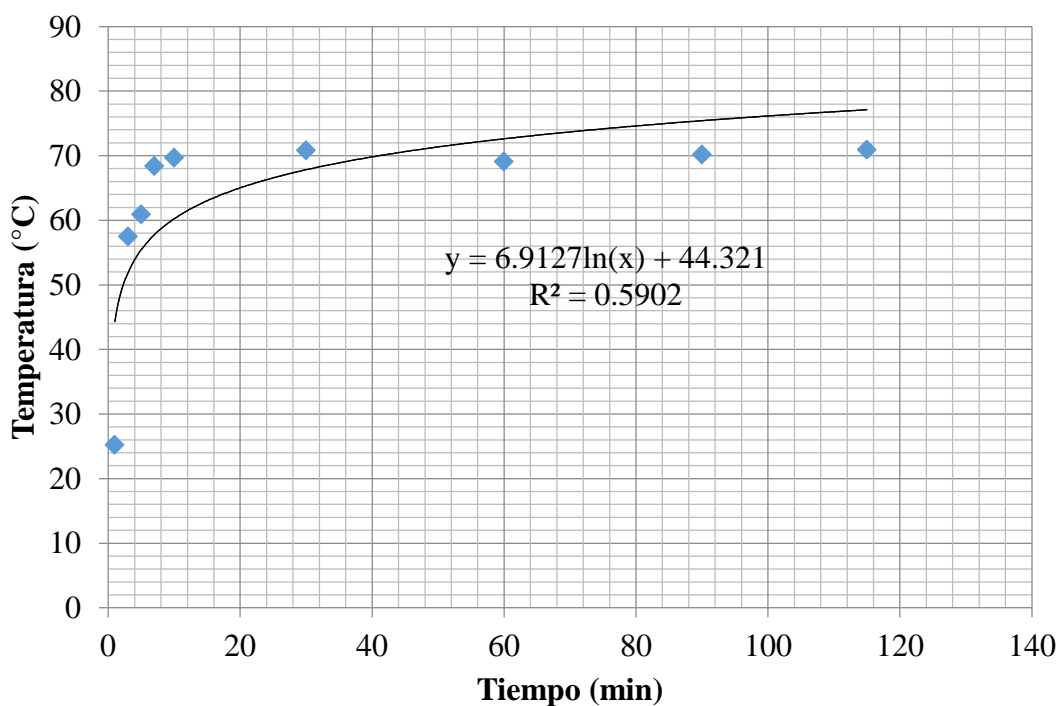
Característica de la prueba 3.

Peso <i>okara</i> Inicial	0,5 Kg
Temperatura ambiente	20,6 °C
Presión de gas	2,7576 kPa (0,4 psi)
Puerta del horno	Cerrada
Agitación de <i>okara</i>	Manual
Número de agitaciones durante el proceso de secado de <i>okara</i>	3 veces
Rotación del cilindro	18,2 rpm
Velocidad del aire en movimiento	5,4 m/s

**Fuente:** Omar Tello

En la Tabla 4.8 se muestra que se mantienen estables la presión de gas, rotación del cilindro, velocidad del aire en movimiento y el peso de *okara* entrante.

### Temperatura vs. Tiempo de la prueba 3



◆ Prueba 3. Masa 0.5 Kg. Presión GLP 0.4 psi. Número de Agitaciones 3

**Gráfica 4. 3** Datos del Secado de *okara* en un horno de convección forzada a baja presión de gas a puerta cerrada con 3 agitaciones durante el proceso.

**Fuente:** Omar Tello

En la Gráfica 4.3 Con una masa de 0,5 Kg la temperatura se eleva hasta 70 °C a partir de los 10 minutos aproximadamente y se mantiene con leves variaciones, con agitaciones del *okara* en 3 ocasiones para obtener el secado total del producto a partir del minuto 115, en el cual se determina que el producto está listo.

A continuación se muestra el proceso en una tabla en donde se muestra la toma de tiempos y temperaturas durante el proceso de secado durante el transcurso de la prueba 3.

**Tabla 4. 9**

Toma de tiempos y temperatura durante la prueba 3.

Proceso	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
Puesta de <i>okara</i> en la cámara	0	20,6
Encendido y calentamiento de la cámara junto al <i>okara</i>	1	25,2
	3	57,5
	5	60,9
A 3 agitaciones durante el proceso de secado	7	68,4
	10	69,7
	30	70,8
	60	69,1
	90	70,2
	115	70,9

**Fuente:** Omar Tello

En la tabla 4.9 se muestra el proceso, especificándose las etapas, tomando en cuenta el tiempo y la temperatura cada 10 minutos.

**Tabla 4. 10**

Datos obtenidos de la prueba 3.

Peso <i>okara</i> Inicial	0,5 Kg
Peso <i>okara</i> Final	86 g
Tiempo de secado	115 min
Contenido de Humedad	82,80%
Velocidad de salida de aire de cámara	1,1 m/s

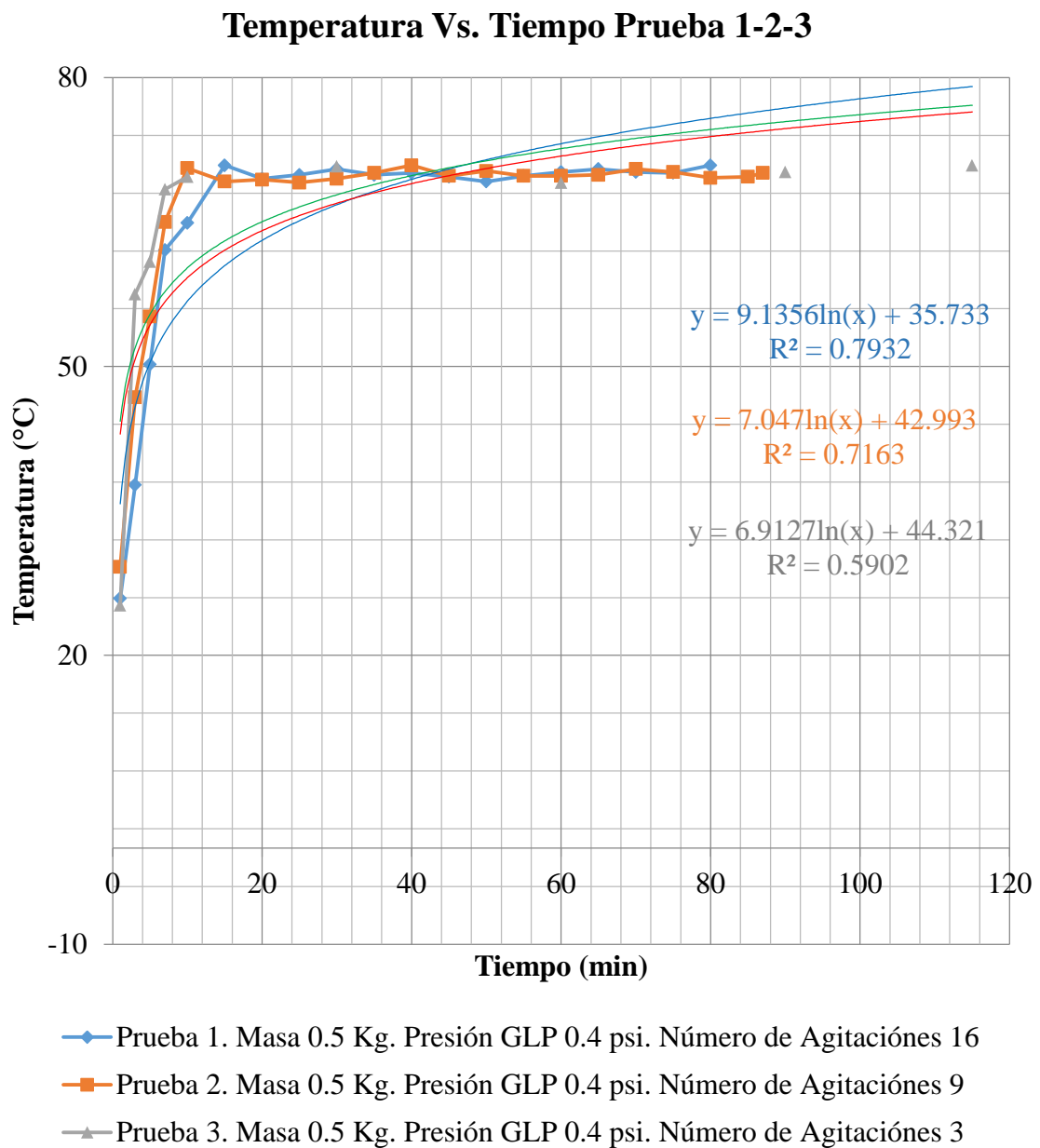
**Fuente:** Omar Tello

En la Tabla 4.10 antes expuesta se muestra los datos obtenidos indicando el peso inicial de 500 g, peso final de 86g, contenido de humedad calculada en base a los pesos

82,80% y velocidad de aire caliente a la salida de la cámara se mantiene como en la anterior a 1,1 m/s.

#### 4.1.4 Comparación entre pruebas de secado.

Una vez realizada la recolección de datos individuales de las pruebas, a continuación se realiza una comparación entre las tres pruebas realizadas con el objeto de visualizar de manera directa el comportamiento de cada una de las pruebas y así diferenciarlas.



**Gráfica 4. 4** Comparación de resultados de las pruebas 1-2-3

**Fuente:** Omar Tello



En la Gráfica 4.4 se puede observar los diferentes intervalos de temperaturas que van en función del tiempo que se demora cada una de las pruebas en secar el *okara*.

Tomando en cuenta que la presión del gas es la misma para todas las pruebas y lo que varía es el tiempo en el cual la *okara* recibe agitación para disipar la humedad.

La prueba 1 es la que menor tiempo obtiene en secar el producto, la prueba 3 en cambio es la que más se demora.

## 4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se verificó que la coloración sea la adecuada al finalizar el secado, puesto que debe ser amarillenta pálida, debido a que es ahí donde se mantienen las propiedades y una excelente calidad del producto terminado.



**Fig. 4. 2** *Okara* Húmeda y Seca

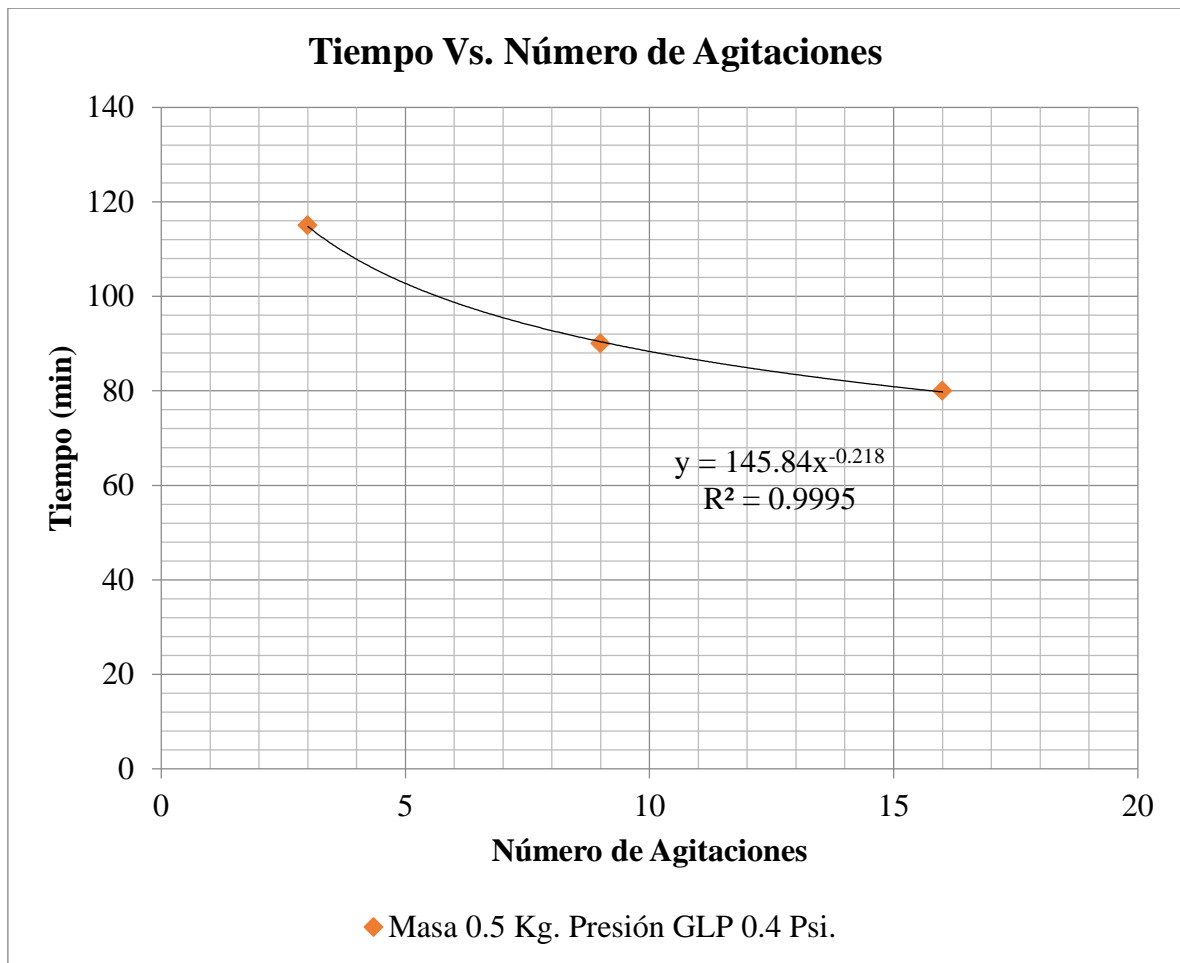
**Fuente:** Omar Tello

Ahora bien, con todos los resultados previamente obtenidos se procedió a realizar la gráfica general de dispersión con las tres pruebas, en donde se analizó el tiempo y la temperatura en función de la masa.

### 4.2.1 Análisis del secado de *okara*

Para el análisis del secado de *okara*, se realizó dos gráficas, en las cuales se evidencie de manera más notoria los parámetros necesarios para un eficiente secado del producto.

El primer análisis se lo realizó en función del tiempo necesario para el secado total del *okara* y el número de Agitaciones realizadas manualmente durante el proceso, las características de las pruebas se encuentran a continuación.

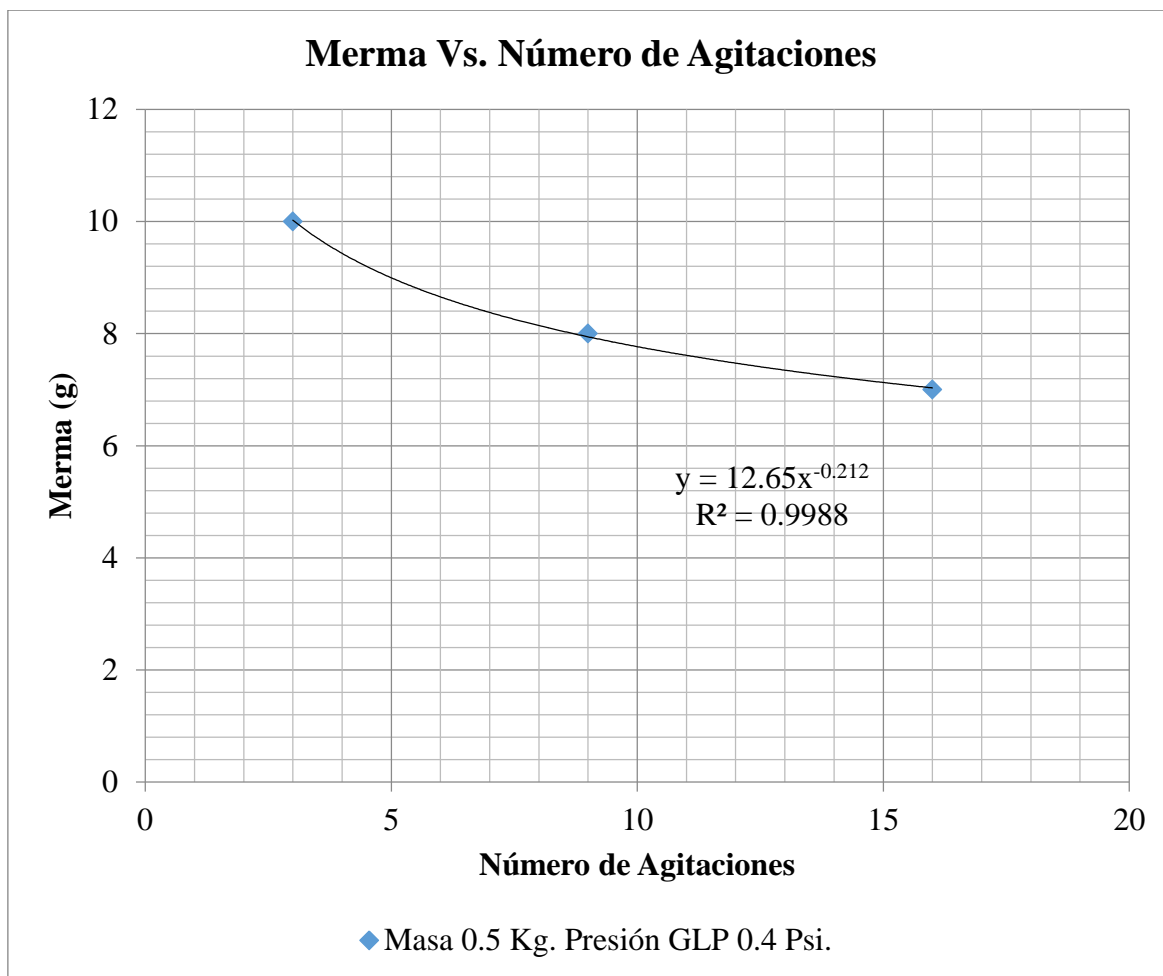


**Gráfica 4.5** Análisis del tiempo de secado vs. número de agitaciones

**Fuente:** Omar Tello

En la Gráfica 4.5 se puede observar que a mayor tiempo de secado o sea 115 minutos, el número de agitaciones realizadas que es menor con 3 agitaciones, en cambio se consigue un menor tiempo de secado con 80 min cuando en número de agitaciones es mayor con 16. Ajustándose a una línea de tendencia decreciente con un 99.95% a la ideal.

El segundo análisis se lo hizo en función de la merma y el mismo número de agitaciones realizadas durante el tiempo de secado, en el cual se analiza la pérdida de producto durante el proceso, puesto que por el acto de agitar y recibir convección forzada por parte del ventilador, tienden las partículas más pequeñas a salir expulsadas del cilindro que contiene la *okara* durante el proceso de secado y generar merma, las características de las pruebas se muestran a continuación.



**Gráfica 4. 6** Análisis de la Merma vs número de agitaciones

**Fuente:** Omar Tello

Ahora bien en la Gráfica 4.6 se puede observar que en un número de agitaciones realizadas cómo de 3 veces durante el proceso de secado, la merma es de es de 10 g, a medida que se va aumentando el número de agitaciones a 9 veces, la merma disminuye a 8 g y al aumentar a 16 veces las agitaciones se consigue disminuir a 7 g, por lo que a mayor número de agitaciones recibidas, la merma disminuye. Ajustándose a una línea de tendencia decreciente con un 99,88% a la ideal.

### 4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para terminar el estudio de los parámetros termo físicos en el secado de *okara* en horno de convección a gas de manera artesanal, se constata que la agitación, es el parámetro más influyente dentro del secado, en compañía de una temperatura estable a 70°C y una presión de GLP de baja de 2,7576 kPa (0,4 psi), puesto que con un mayor número de

agitaciones para este estudio de 16 veces en el proceso de secado, se obtuvo una disminución de la merma en un 42,85%, el tiempo de secado en 43,75% y por ende una disminución en la humedad, obteniendo finalmente un producto seco con mayor uniformidad y calidad.

#### 4.4 PARAMETROS DEL PROCESO ÓPTIMO DE SECADO DE OKARA

Una vez estudiado los parámetros que influyen en el secado artesanal de *okara*, es importante hacer referencia al proceso que se debe llevar a cabo este tipo de procesos.

A continuación una tabla con los parámetros del proceso óptimo de secado:

**Tabla 4. 11**

Parámetros del proceso óptimo de secado de *okara*.

Humedad Ambiente	50 - 60	HR
Temperatura ambiente	19 - 20	°C
Temperatura requerida en la cámara	70	°C
Agitaciones de <i>okara</i> durante el proceso	16	veces
Rotación del cilindro	18	Rpm
Velocidad del aire en movimiento	5,4	m/s

**Fuente:** Omar Tello

Ahora el cálculo de la eficiencia del secado de la prueba más relevante en base a las masas inicial y final.

Obtención de la masa útil.

$$\% \text{ Obtención de masa útil} = \left( \frac{\text{masa final}}{\text{masa inicial}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Obtención de masa útil} = \left( \frac{90}{500} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Obtención de masa útil} = 18 \%$$

Se muestra que de los 500 gramos se obtuvo el 18% del producto seco, lo que muestra abundante humedad en la *okara*, por lo que demuestra que el 18% de la masa resulta útil.

En base a lo anterior, la eficiencia de humedad disipada se la calcula de la siguiente manera en base a las masas inicial y final.

$$\% \text{ Eficiencia de secado} = \left( 1 - \frac{\text{masa final}}{\text{masa inicial}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia de secado} = \left( 1 - \frac{90}{500} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia de secado} = 82 \%$$

Como se puede observar existe una eficiencia del 82%, demostrando que existió una disipación de la humedad del producto cerca de 100% que se consideraría como eficiente el proceso de secado.

Finalmente se realizó un análisis económico del secado de *okara* en cada una de las pruebas para realizar una comparación breve de los mejores costos:

**Tabla 4. 12**

Tabla de costos de GLP y electricidad para el proceso de secado de *okara*.

	<b>Costo</b>	<b>Cantidad contenida</b>	<b>Unidad</b>
<b>Cilindro de GLP industrial</b>	US\$ 25,00	15	Kg
<b>Electricidad</b>	US\$ 0,16	1	KW-h

**Fuente:** Omar Tello

**Tabla 4. 13**

Tabla de consumo del ventilador y GLP por hora.

	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Consumo de Ventilador</b>	36	W-h
<b>Consumo de GLP a 0,4 psi</b>	0,09975	Kg-h

**Fuente:** Omar Tello

**Tabla 4. 14**Tabla de consumos durante el proceso de secado de *okara*

<b>PRESIÓN, AGITACIONES ESTABLECIDAS Y TIEMPOS OBTENIDOS PARA CADA UNA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS</b>					<b>Consumo GLP durante el proceso de secado (Kg)</b>	<b>Consumo de energía del ventilador durante el proceso de secado (KW-h)</b>
<b>Número de Prueba</b>	<b>Presión GLP (Psi)</b>	<b>Agitaciones durante el proceso de secado</b>	<b>Tiempo del proceso de secado (min)</b>	<b>Tiempo del proceso de secado (h)</b>		
<b>Prueba 1</b>	<b>0,4</b>	<b>16</b>	<b>80</b>	<b>1,33</b>	0,133	0,04788
<b>Prueba 2</b>		<b>9</b>	<b>87</b>	<b>1,45</b>	0,145	0,05220
<b>Prueba 3</b>		<b>6</b>	<b>115</b>	<b>1,92</b>	0,192	0,06912

**Fuente:** Omar Tello**Tabla 4. 15**Costos del secado de *okara* aplicados a cada una de las pruebas.

<b>Número de prueba</b>	<b>Costo GLP empleado US\$</b>	<b>Costo Electricidad empleada durante la prueba US\$</b>	<b>Costo de secado para 90 g de <i>okara</i></b>
<b>Prueba 1</b>	US\$ 0,22	US\$ 0,0077	US\$ 0,2277
<b>Prueba 2</b>	US\$ 0,24	US\$ 0,0084	US\$ 0,2484
<b>Prueba 3</b>	US\$ 0,32	US\$ 0,0111	US\$ 0,3311

**Fuente:** Omar Tello

**Tabla 4. 16**

Costos del secado de *okara* dimensionado a cada una de las pruebas en la obtención de 1 Kg de producto seco.

<b>Número de Prueba</b>	<b>Costo dimensionado de secado para obtener 1 Kg de <i>okara</i></b>
<b>Prueba 1</b>	US\$ 2,53
<b>Prueba 2</b>	US\$ 2,76
<b>Prueba 3</b>	US\$ 3,68

**Fuente:** Omar Tello

Como se puede observar se consiguió un costo de 2,53 dólares por cada kilogramo seco en el mejor de los casos que es el de la Prueba 1, aplicando previamente los parámetros óptimos para el secado de *okara*. Cabe mencionar que se despreció la mano de obra asumiendo que los mismos operarios que trabajan en la micro empresa elaborando otros productos pueden hacerse cargo del proceso de secado de *okara* por lo cual su precio es despreciable.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- ✓ El parámetro más relevante para el secado de *okara* de soya fue la agitación con el cual se logró más homogeneidad del producto final ya que por medio de ésta se conseguía romper la masa en varios volúmenes y conseguir una mayor disipación de la humedad dentro del horno que acompañado por la convección generada por el ventilador se conseguía evaporar la humedad de mejor manera y dar al producto una mejor calidad del mismo y mientras más agitaciones reciba el producto, menor será el tiempo de secado.
- ✓ A diferencia de los granos que se pueden secar a altas temperaturas por la solidez de su textura, el *okara* de soya por su constitución blanda no se la puede secar a temperaturas mayores a 70°C debido a que se quema con facilidad, por lo que la presión en el secado de *okara* debe ser de baja para mayor control de la temperatura dentro de la cámara de secado evitando así los molestos picos que vienen a dañar y alterar la calidad de producto terminado.
- ✓ Debido a que el *okara* es el producto obtenido de la extracción del grano de soya con agua, es evidente que el grado de humedad final obtenido luego de realizar los cálculos fueron de 82% a 82.4% de humedad disipada en el secado, indicando que el *okara* es un producto complejo al momento de ser secado debido a que contiene mucha agua en su interior.
- ✓ Se determinó que la masa seca de *okara* al final del proceso es de 88 a 90 gramos como resultado del tratamiento térmico aplicado a los 0,5 Kg de *okara* húmeda que ingresaron en la cámara de secado, considerándose le muy pequeña para todo el proceso que demoró el conseguirla, debido a la gran cantidad de agua que contiene el *okara* de soya la cual debe disiparse y temperatura de 70°C y presión de baja.



- ✓ Los factores como la temperatura y la presión del GLP no permitieron mejorar el tiempo de secado, por lo que el número de agitaciones juega un factor muy importante en el secado de *okara* debido a que mientras mayor número de agitaciones fueron realizadas, se consiguió disminuir el tiempo de secado en un 43,75%, de igual manera ayudó a disminuir la merma que también mejoró en un 42,85%, demostrando que es evidente que la agitación es el factor más importante para mejorar la eficiencia del proceso en el secado de *okara* de soya de manera artesanal.
- ✓ Puesto que se realizaron pruebas previas con respecto a la velocidad del cilindro que contuvo el *okara*, que oscilaron de 60, 30 y 18 rpm, se concluyó que la última velocidad aplicada fue la ideal para realizar las pruebas definitivas debido a que es una velocidad más estable con la cual se evitó que la *okara* salga despedida hacia las paredes de la cámara aumentando así la merma.
- ✓ Dentro de las pruebas previas realizadas con la presión del GLP que oscilaron de 0,4 hasta 2 psi, demostraron que para el secado de un producto tan húmedo y delicado como lo es la *okara*, sólo se puede emplear presiones de baja debido a que las presiones altas desestabilizan el proceso de secado empezando por la inestabilidad de la temperatura, calidad y apariencia del producto final.
- ✓ Con respecto al ventilador empleado dentro de la cámara, la velocidad del movimiento del aire de 5,4 m/s ayudó a disipar convenientemente la humedad considerable de la *okara* durante el secado, debido a que necesita un movimiento ni tan brusco por la fuerza del aire que genere merma al mover las partículas de *okara*, ni tan débil que no disipe la humedad como fue con el ventilador que previamente se probó, el cual tuvo una velocidad del aire de 2,6 m/s, con el que se demoró mucho tiempo en evacuar la humedad durante el proceso de secado.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Investigar si es posible realizar el mismo tipo de secado pero en un horno que sea eléctrico para ver si los costos por secado se mejoran o se mantienen al igual que los tiempos, aplicando los parámetros aquí estudiados.
- ✓ Automatizar el proceso de secado de *okara* con el objeto de mejorar el proceso disminuyendo la intervención humana y optimizando el proceso para un correcto secado y producto terminado.
- ✓ Seguir experimentando con la adición de ventiladores para generar mayor convección los cuales podrían ser de más ayuda al momento de disipar la cantidad de humedad en el interior del producto y de la cámara.
- ✓ Experimentar con el aumento del número de agitaciones en el producto, puesto que se podría disminuir el tiempo y la merma aún más para mejorar de esta manera la eficiencia del sistema.
- ✓ Diseñar un horno de secado específico para el secado de *okara* con más capacidad de producto a secarse, mayor hermeticidad con un mejor sistema de agitación para evitar filtraciones que gasten energía del combustible y merma del producto.

## BIBLIOGRAFÍA



- [1] Alex Omar Heredia Tipán, "Estudio y Mejoramiento del proceso manual de tostado del haba su incidencia en el tiempo de obtención del producto terminado, para la empresa Granofa Cía. Ltda.," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tesis 2012.
- [2] Mariela Hernández O. and Diana C. Carvajal T., "Características fisicoquímicas de harina de okara," *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 9, no. 2, pp. 123-131, Marzo/Mayo 2011.
- [3] Guadalupe Préstamo Martínez, Pilar Rupérez Antón, and Araceli Redondo Cuenca, "Recubrimiento prebiótico a base de okara para fritos y precocinados.," *Sector Alimentario* 2 281 218, Septiembre 16, 2007.
- [4] William Shurtleff and Aoyagi Akiko, *Tofu & Soymilk Production: A Craft and Technical Manual*, Tercera ed., Akiko Aoyagi, Ed. Lafayette CA, Estados Unidos: Soyfoods Center, 1979.
- [5] Departamento de Agricultura. (2016, Febrero) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. [Online]. <http://www.fao.org/docrep/x5059S/x5059S02.htm>
- [6] EcuRed. (2016, Julio) EcuRed conocimiento con todos y para todos. [Online]. <http://www.ecured.cu/Horno>
- [7] Yunus A. Çengel and Afshin J. Gahar, *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., Pablo E. Roig, Ed. Mexico D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V., 2011.
- [8] Yunus A. Çengel and Michael A. Boles, *Termodinámica*, Séptima Edición ed., Miguel Ángel Toledo Castellanos et al., Eds. México D.F., México: McGraw-Hill,

2012.

- [9] Robert L. Mott, *Mecánica de Fluidos*, Sexta ed., Pablo Miguel Guerrero Rosas, Ed. México, México: Pearson Educación, 2006.
- [10] Soler&Palau. (2016, Julio) Soler-Palau. [Online]. [http://www.soler-palau.mx/pdf/ventilacion/sp\\_ventilacion\\_TOTAL.pdf](http://www.soler-palau.mx/pdf/ventilacion/sp_ventilacion_TOTAL.pdf)
- [11] NTE INEN 1513, Granos y cereales. Maíz. Determinación del contenido de humedad, 1987.
- [12] Edgar Padilla Ulloa, *Guía para la formulación de proyectos de investigación*. Quito, Ecuador: Music Class, 2009.
- [13] A. Caps and J. Abril, *Proceso de conservación de alimentos*, Segunda ed., A. Madrid Vicente, Ed. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa, 2003.
- [14] Luis Herrera E, Arnaldo Medina F, and Galo Naranjo L, *Tutoría de la investigación científica*, Primera ed., Maxtudio, Ed. Ambato, Ecuador: Gráficas Corona Quito, 2004.

## **ANEXO I**

### **FORMATOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**



	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYO DEL SECADO DE OKARA DE SOYA		
	<b>ENSAYO:</b> 1 <b>FECHA:</b> 29/03/16	<b>LUGAR:</b> Alimentos de Santiago <b>EJECUTOR:</b> Omar Tello	

#### ENSAYO


ENTRADA DE PRODUCTO		SALIDA DE PRODUCTO	
<b>Producto:</b>	Okara de Soya	<b>Peso (g):</b>	90
<b>Velocidad del Cilindro (rev/s):</b>	0.3	<b>Temperatura final °C:</b>	70.9
<b>Velocidad de movimiento del aire (m/s):</b>	5.4	<b>Humedad Calculada %:</b>	82
<b>Peso inicial (g):</b>	500	<b>Coloración final:</b>	Amarillenta
<b>Coloración:</b>	Blanquecina		
<b>Presión GLP (psi):</b>	0.4		
<b>Temperatura ambiente °C:</b>	20		
<b>Agitaciones:</b>	16		

#### REGISTRO DE OPERACIÓN DE SECADO

#	Tiempo (min)	Temperatura °C	Agitación	Observación
1	0	20.3		Ingreso de Okara
2	1	25.9		Calentamiento y Secado
3	3	37.7		Calentamiento y Secado
4	5	50.2	SI	Calentamiento y Secado
5	7	62.1		Secado
6	10	64.9	SI	Secado
7	15	70.9	SI	Secado
8	20	69.5	SI	Secado
9	25	69.9	SI	Secado
10	30	70.5	SI	Secado
11	35	69.9	SI	Secado
12	40	70.1	SI	Secado
13	45	69.7	SI	Secado
14	50	69.2	SI	Secado
15	55	69.8	SI	Secado
16	60	70.2	SI	Secado
17	65	70.5	SI	Secado
18	70	70.2	SI	Secado
19	75	70.1	SI	Secado
20	80	70.9	SI	Fin de Secado



	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYO DEL SECADO DE OKARA DE SOYA		
	<b>ENSAYO:</b> 2	<b>LUGAR:</b> Alimentos de Santiago	
<b>FECHA:</b> 05/04/16	<b>EJECUTOR:</b> Omar Tello		

### ENSAYO


ENTRADA DE PRODUCTO		SALIDA DE PRODUCTO	
<b>Producto:</b>	Okara de Soya	<b>Peso (g):</b>	88
<b>Velocidad del Cilindro (rev/s):</b>	0.3	<b>Temperatura final °C:</b>	70.9
<b>Velocidad de movimiento del aire (m/s):</b>	5.4	<b>Humedad Calculada %:</b>	82.4
<b>Peso inicial (g):</b>	500	<b>Coloración final:</b>	Amarillenta
<b>Coloración:</b>	Blanquecina		
<b>Presión GLP (psi):</b>	0.4		
<b>Temperatura ambiente °C:</b>	20		
<b>Agitaciones:</b>	9		

### REGISTRO DE OPERACIÓN DE SECADO

#	Tiempo (min)	Temperatura °C	Agitación	Observación
1	0	19.7		Ingreso de Okara
2	1	29.2		Calentamiento y Secado
3	3	46.8		Calentamiento y Secado
4	5	55.2		Calentamiento y Secado
5	7	65		Secado
6	10	70.6	SI	Secado
7	15	69.2		Secado
8	20	69.4	SI	Secado
9	25	69.1		Secado
10	30	69.5	SI	Secado
11	35	70.1		Secado
12	40	70.9	SI	Secado
13	45	69.8		Secado
14	50	70.3	SI	Secado
15	55	69.8		Secado
16	60	69.8	SI	Secado
17	65	69.9		Secado
18	70	70.5	SI	Secado
19	75	70.2		Secado
20	80	69.6	SI	Secado
21	85	69.7		Secado
22	87	70.1	SI	Fin de Secado

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYO DEL SECADO DE OKARA DE SOYA		
	<b>ENSAYO:</b> 3	<b>LUGAR:</b> Alimentos de Santiago	
<b>FECHA:</b> 12/04/16	<b>EJECUTOR:</b> Omar Tello		

#### ENSAYO

ENTRADA DE PRODUCTO		SALIDA DE PRODUCTO	
<b>Producto:</b>	Okara de Soya	<b>Peso (g):</b>	88
<b>Velocidad del Cilindro (rev/s):</b>	0.3	<b>Temperatura final °C:</b>	70.9
<b>Velocidad de movimiento del aire (m/s):</b>	5.4	<b>Humedad Calculada %:</b>	82.4
<b>Peso inicial (g):</b>	500	<b>Coloración final:</b>	Amarillenta
<b>Coloración:</b>	Blanquecina		
<b>Presión GLP (psi):</b>	0.4		
<b>Temperatura ambiente °C:</b>	20		
<b>Agitaciones:</b>	3		

#### REGISTRO DE OPERACIÓN DE SECADO

#	Tiempo (min)	Temperatura °C	Agitación	Observación
1	0	20.6		Ingreso de Okara
2	1	25.2		Calentamiento y Secado
3	3	57.5		Calentamiento y Secado
4	5	60.9		Secado
5	7	68.4		Secado
6	10	69.7		Secado
7	30	70.8	SI	Secado
8	60	69.1	SI	Secado
9	90	70.2	SI	Secado
10	115	70.9		Fin de Secado



## **ANEXO II**

### **ANALISIS DE HUMEDAD DE OKARA DE SOYA**



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 114, e-mail:laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com Ambato-Ecuador

**CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Suplemento al Certificado No:16-017

R01-5.10 06

Solicitud No: 16-017 Pág.:1 de 1

Fecha recepción: 15 enero 2016 Fecha de ejecución de ensayos: 15 enero 2016

**Información del cliente:**

Empresa: C.I./RUC: 0502781503001

Representante: Omar Santiago Tello Carillo Tlf: 0995233171

Dirección: Salcedo Email: omaysan@hotmail.com

Ciudad: Salcedo

**Descripción de las muestras:**

Producto: Ocara de soya Peso: 150g

Marca comercial: n/a Tipo de envase: plástico

Lote: n/a No de muestras: una

F. Elb.: n/a F. Exp.: n/a

Conservación: Ambiente: Refrigeración: Congelación: X Almac. en Lab: 7 días

Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos: Muestreo por el cliente: 15 enero 2016

**RESULTADOS OBTENIDOS**

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Ocara de soya	1726072	Ninguno	Humedad	PE02-5.4-FQ. AOAC Ed 19, 2012 925.10	%	79.2

Conds. Ambientales: 19.5 °C; 49%HR


  
 DIRECTORA DE CALIDAD  
 Ing. Gladys Risueño  
 Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Sí Gfreire

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.

No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

**ANEXO III**

ARTÍCULO DE REVISTA @LIMENTECH

## Características fisicoquímicas de harina de okara

### *Physicochemical characteristics of okara flour*

Hernández O. Mariela, Carvajal T. Diana C.

*Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Programa Ingeniería de Alimentos, Universidad de Pamplona, Km 1 Via Bucaramanga, Pamplona, Norte de Santander, Colombia*

Recibido 12 de Marzo 2011; aceptado 26 de Mayo de 2011

#### RESUMEN

*Durante el proceso de extracción de la leche de soya se genera un subproducto (okara) que es utilizado para alimentación animal o desechado (O´Toole, 1999). El objetivo de esta investigación fue evaluar las características fisicoquímicas de la harina de okara, que permita definir su utilidad en la elaboración o enriquecimiento de productos alimenticios. Se adquirió la okara en la empresa PAN (Medellín –Antioquía), con una humedad inicial de 86%; esta fue prensada manualmente y secada a una temperatura de 60–70°C por 3 1/2 h hasta obtener una humedad final del 5,72%, y posteriormente se realizó la reducción de tamaño con un molino de discos. Los parámetros evaluados a la harina de okara fueron: grasa, humedad, proteínas, fibra, cenizas, capacidad de retención de agua, hinchamiento y granulometría. La composición fisicoquímica de la harina de okara fue: materia grasa (12,62±0,16%); humedad (5,72%); cenizas (2,66±0,018%); fibra bruta (48,24±0,49%) y proteína 36,6201±0,681). La granulometría presentada por el 98,34% de la harina de okara fue menor de 212 µm cumpliendo lo establecido por la norma AOAC 965.22. La capacidad de retención de agua y el hinchamiento de la harina de okara fue de 73.5 ml de agua por cada 25 g de harina y 7,86±0,23ml/g respectivamente, los cuales son elevados y alto contenido en fibra bruta y proteína en las proporciones encontradas le imparte importancia desde el punto de vista nutricional y tecnológica.*

**Palabras clave:** *características físicas, harina, químicas, okara.*

\*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: marielaheer@gmail.com

---

## ABSTRACT

During the extraction process of soymilk a byproduct is generated (okara) which is used for animal feeding or discarded (O'Toole, 1999). The objective of this research was to evaluate the physicochemical characteristics of the okara flour, which will define its usefulness in the development or enrichment of foodstuffs. Okara flour was purchased in the PAN company (Medellin –Antioquia), with an initial humidity of 86%, it was manually pressed and dried at a temperature of 60-70 ° C for 3 1/2 h until obtaining a final moisture of 5,72% and subsequently size reduction was performed with a disc mill. The evaluated parameters to the okara flour were: grease, moisture, proteins, fiber, ash, water retention capacity, swelling and particle size. The physicochemical composition of the okara flour was: fat ( $12.62 \pm 0.16\%$ ), moisture ( $5.72\%$ ), ash ( $2.66 \pm 0.018\%$ ), gross fiber ( $48.24 \pm 0.49\%$ ) and protein ( $36.6201 \pm 0.681$ ). The particle size is represented by the 98.34% of the okara flour it was less than 212  $\mu\text{m}$  fulfilling the established standard by the AOAC 965.22. Water retention capacity and swelling of the okara flour was 73.5 ml of water per 25 g of flour and  $7.86 \pm 0.23$  ml / g respectively, which are elevated and high in gross fiber content and protein in the found proportions, its importance is from the nutritional and technological point of view.

**Keywords:** physical characteristics, okara flour, chemical

## INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria genera semanalmente entre ocho y diez toneladas de subproductos, es decir los productos no principales obtenidos en un proceso específico que pueden tener determinadas aplicaciones, constituyéndose como las materias primas en la elaboración de un producto principal (Hermida, 1993).

Los subproductos con poco interés en el mercado son los provenientes de leguminosas, como es el caso de la semilla de soja, (Kushi *et al.*, 1999; Messina, 1999; Anderson y Major, 2002; Guillon y Champ, 2002); en el 2004 en Colombia se produjeron 68.615 toneladas en el departamento del Meta principalmente, Va-

lle del Cauca y Tolima, siendo la variedad P34 la más cultivada (Quintero, 2004). La mayoría de la soja se procesa para obtener piensos de animales y, en menor cantidad para alimentos destinados al consumo humano (Liu, 1997; Guerrero, 1998) principalmente aceite, leche, tofu, harina y proteína texturizada. Durante el proceso de extracción de la leche de soja se produce un subproducto que se destina para alimentación animal o desechado, denominado okara que contiene mayoritariamente fibra compuesta por celulosa, hemicelulosas y lignina, lo cual hace que este subproducto se pueda utilizar para la elaboración o el enriquecimiento de distintos productos alimenticios (O'Toole, 1999).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ***Materiales***

Se adquirieron 10 bolsas de okara (empresa Pan, Medellín- Antioquía) con un peso promedio 1.294 Kg y un total de 12.94 Kg, con las siguientes características: color crema, textura homogénea pastosa, maleable y pegajosa. Posteriormente las bolsas se pesaron en una balanza Javar modelo JAV 3P, se rotularon y refrigeraron en el cuarto frío de la planta de cereales de la Universidad de Pamplona para evitar la fermentación de la okara.

### ***Obtención de la harina de okara***

Para el secado de la okara se procedió inicialmente a sacar las bolsas del cuarto frío midiendo la temperatura (termómetro de punzón) y se determinó el porcentaje de humedad a la okara antes y después de someterla al prensado manual con el fin de determinar la eficiencia del proceso (tomando una muestra aleatoria de 3 g okara de diferentes bolsas, llevándola a la balanza de humedad Mb35 Halogen –Ohaus, por 60 minutos a una temperatura de 110°C). Debido al exceso de humedad que presentó la muestra original de okara se le realizó un prensado manual con un lienzo de tela, tomando 200 gramos de muestra dentro del lienzo y oprimiendo con la mano hasta obtener 56 gramos de leche de soya pesados en la balanza Nahita modelo 5041/2000 con el fin de eliminar un porcentaje de la leche residual contenida en la misma con el fin de facilitar el secado.

La muestra de 200g de okara previamente prensada, se colocó 0,5 cm de grosor

distribuida sobre una lámina de papel aluminio rotulado de 45 x 30 cm; esta lámina se llevó a la bandeja de secador de la planta de vegetales de la Universidad de Pamplona a una temperatura de 60-70°C por un tiempo de 31/2 horas, o hasta obtener una humedad final deseada, lo establecido en la norma del CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1-1995) para harina de trigo según el protocolo de Pan, (2007) registrando en una tabla, el peso tomado en la balanza Nahita modelo 5041/2000, la temperatura y la humedad relativa en el higrómetro, la humedad de la muestra en la balanza de humedad Mb35 Halogen (Ohaus) por 30 minutos a una temperatura de 110°C, cada 30 minutos. En cada secado realizado se colocaron 3 muestras cada una en una bandeja ya que el secador tiene esta capacidad.

El material seco u hojuelas de okara se empacó en bolsa de polietileno de baja densidad rotuladas con peso, fecha y selladas hasta terminar con todas las muestras de la materia prima. Una vez secada toda la muestra, se pesó en la balanza gravimétrica (Javar modelo CW-6 Capacidad 6 Kg) y se llevó a trituration en un molino de discos marca corona, y posteriormente se hizo pasar por un tamiz metálico 0,1mm según el ICONTEC (NTC 267) volviéndose a pesar en la balanza gravimétrica (Javar modelo CW-6 Capacidad 6 Kg) para finalmente envasarse 300g de harina en cada una de las bolsas de polietileno de cierre fácil marcadas con la fecha, nombre, peso y empacadas al 50% de vacío para evitar que adquiriera humedad y se deteriorara, almacenándose en un lugar seco, fresco y en ausencia de luz.

---

### ***Propiedades físico-químicas de la harina de okara***

Para los análisis que se realizaron a la harina de okara se tuvo en cuenta el estudio realizado por Mateus, (2008) en la caracterización de los subproductos como la harina de okara y las vainas de guisantes, además la norma del CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1-1995) para harina de trigo.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados (triplicado) a la harina de okara fueron: contenido de grasa (método de determinación del extracto etéreo, lípidos libres extraídos con éter de petróleo en un sistema Soxhlet), humedad (se colocó 2-3 g de muestra en la balanza de humedad Mb35 Halogen Ohaus por 60 minutos a una temperatura de 110°C), cenizas (AOAC, 1995 c método 923.03 residuo inorgánico resultante de la incineración a 550°C hasta la pérdida total de la materia orgánica), fibra bruta (método 962.09, se calculó después de la digestión ácida y alcalina), proteína (método Kjeldahl contemplado en la AOAC, 1995 obteniendo el porcentaje de nitrógeno, se empleó el factor F para las harinas de 5,71).

### ***Análisis granulométrico en la harina de okara***

Según la norma AOAC 965.22, el 98% de las partículas de la harina de trigo exige que pasen a través de una malla o tamiz de 212  $\mu\text{m}$ ., es decir 2,12 mm., parámetro tenido en cuenta para el análisis granulométrico de

la harina de okara; se pesó 50 g de esta harina (balanza Nahita modelo 5041/2000), se colocó en el tamiz superior del Ro-tat (juego de tamices marca Tyler de diferentes aperturas en orden descendente: 2mm, 1mm, 0,5 mm, 0,355 mm, 0,212 mm, 0,150 mm, 0,106 mm, 0,063 mm y finalmente plato recolector). La operación de tamizado se realizó por 20 minutos, en el ciclo y potencia 9; al final se pesó cada tamiz (balanza Nahita modelo 5041/2000) determinando en cada tamiz el % rechazos y % cernidos para finalmente graficar.

### ***Análisis del hinchamiento en la harina de okara***

Se determinó utilizando la técnica citada por (Chau, 1997 citado por Garcia, 2003). Se colocaron 0.5 g. del producto en una probeta graduada de 10 mL, después de medir el volumen ( $V_0$ ) ocupado por el producto, se adicionó un exceso de agua (5 mL.) y se agitó. Se dejó reposar durante 24 horas y se midió el volumen final ( $V_f$ ) de la muestra.

### ***Capacidad de retención de agua***

Para determinar la capacidad de retención de agua se tomaron 25 gr de harina de okara (pesada en la balanza Nahita modelo 5041/2000) y se llevaron a una capsula de porcelana, donde poco a poco se le fue agregando agua, cuantificando el volumen con una probeta de 25mL, amasando manualmente hasta formar una masa homogénea.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de humedad en la okara

Se determinó que para evaluar el contenido de humedad de la muestra de okara se requiere de un tiempo de 44 minutos en la balanza de humedad, obteniéndose un contenido de humedad inicial de 86%, valor similar al suministrado en la ficha técnica otorgada por la empresa Pan al momento de adquirir el subproducto (83,02%). De la muestra inicial de 12.940Kg de okara se obtuvieron 9.3168Kg de okara prensada y 3.6232 Kg de leche de soya después de realizar el prensado manual, lo que indica un porcentaje de rendimiento del 72% y un porcentaje de humedad del 77%, lo que se traduce en una reducción en 9% del contenido de humedad con respecto a la muestra inicial de gran importancia para el proceso posterior.

### Secado de la okara

El tiempo ideal de secado de la okara con una humedad inicial del 77% (después del prensado manual) hasta una humedad final de 5,72%, fue necesario 3 y  $\frac{1}{2}$  h, se tomó una muestra de 200g a la cual cada 30 minutos se registró el peso y el %humedad como se observa en la figura 1.

Con el fin de obtener un secado uniforme de las muestras de okara se hizo necesario el intercambio de orden de las muestras, ya que en el secador de bandejas la circulación del aire se presenta en mayor grado en la parte superior e inferior que en la parte central.

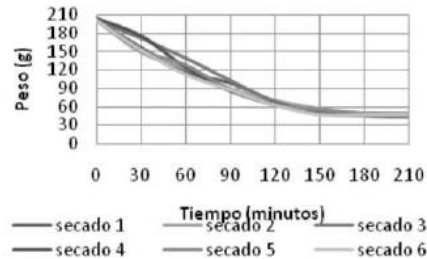


Figura 1. Curva de secado de la okara

En la figura anterior se relaciona el peso en gramos de la muestra de okara con el tiempo de secado en minutos, en la cual se presentan 6 secados realizados, los cuales permiten la puesta a punto de la técnica, iniciando con una muestra de 200g y finalizando con la hojuelas de la misma de  $46 \pm 1,52$ g, tres horas y media después, lo que significa una reducción del 77% del peso de la muestra, quedando con un 23% de su peso original.

La velocidad de secado de la okara es de teniendo en cuenta las dimensiones de las bandejas de secador, la humedad final e inicial y el tiempo obtenido experimentalmente. Se realizó el balance de energía del proceso de secado, donde se determinó que el calor necesario para calentar 600 g de okara prensada fue 20.464 Kcal, el calor necesario para evaporar 456.4515 g de agua es 254.369 Kcal, lo que significa que este es el calor total necesario que debe suministrarse a la okara prensada durante el proceso de secado a fin de obtener una humedad de la harina del 5,72%.



En general, el rendimiento del proceso de obtención de la harina de okara fue 14.89% con un porcentaje de humedad inicial de 86% y final de 5,72%. El prensado manual de la okara se realizó con el fin de facilitar la operación subsiguiente; presentó un rendimiento del 72%, obteniéndose 9.3168Kg de okara prensada, la cual secó durante 3 h y ½ en un secador de bandejas, evaporándose 7.08778 Kg de agua presente en la okara y obteniéndose 2.22902 Kg de hojuelas de okara, lo que se traduce en un 23.92% de rendimiento. En la molienda y tamizado se presentaron pérdidas de 0.30202 Kg de okara, obteniéndose un porcentaje de rendimiento del 86.45%.

#### **Las propiedades fisicoquímicas de la harina de okara**

En la tabla 1. Se presentan los constituyentes químicos de la harina de okara donde se puede observar que los componentes mayoritarios fueron fibra y proteína.

Tabla 1  
Constituyentes químicos de la harina de okara

Componente	% (Porcentaje)
Grasa	12,62 ± 0,16
Humedad	5,72 ± 0,05
Cenizas	2,66 ± 0,02
Fibra bruta	48,24 ± 0,49
Proteína	36,62 ± 0,68

El contenido promedio de materia grasa de la harina de okara fue de 12,62±0.16%, resultado similar reportado por Pan (2007) cuyo valor fue 12.78%, mientras Mateus, (2008) obtuvo un 8,47±0,21 como resultado, lo cual puede ser debido al tipo de procedimiento empleado para la obtención de la leche de soya, ya que de esto va a depender el subproducto obtenido.

Además al comparar el porcentaje de grasa obtenido en la harina de okara con el de la semilla de soya, ésta presenta un porcentaje de 18-22% (Souci *et al.*, 1994; Liu, 1997; Guillon y Champ, 2002), lo que podría indicar que la materia grasa presente en la semilla de soya se transfiere mayoritariamente a la okara, y en menor proporción a la leche.

En la figura 2, se presenta la curva de humedad de la harina de okara, donde se identificó el porcentaje de humedad presente en las 3 muestras analizadas.

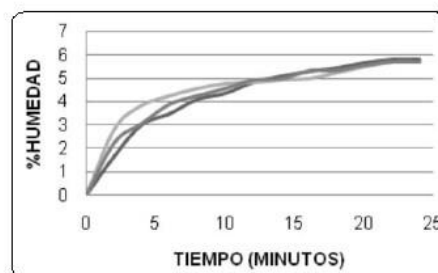


Figura 2. Curva de humedad de la harina de okara.

La curva de humedad indica que el porcentaje de humedad de la harina de okara es de 5,72±0,049% obtenido en un tiempo de 24 minutos, como se observa en la gráfica anterior, el cual cumple con la normatividad establecida por el CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1-1995) para harina de trigo.

Los resultados obtenidos del contenido de cenizas en las 3 muestras de harina de okara fueron 2,681%, 2,677% y 2,648% respectivamente lo que denota resultados similares en las 3 muestras analizadas; por lo tanto, el contenido promedio de cenizas en la harina de okara fue de 2,66±0,018%. Según la ficha técnica de la okara (Pan, 2007) registra un contenido de cenizas de 2,51% lo que constituye un resultado semejante al presentado en este

análisis, mientras Mateus (2008) consiguió un  $3,67 \pm 0,04$  por medio del método de absorción atómica, identificando los macro y microelementos que constituyen la okara.

Las muestras 2 y 3 presentan valores cercanos con respecto a la muestra 3 en el contenido de fibra bruta, ya que la muestra 2 presenta un 48,73% y la muestra 3, 48,24% mientras la muestra 1 tiene 47,75%. Estos resultados indican que la fibra es el constituyente mayoritario de la okara tal y como lo afirma Mateus, (2008), la cual obtuvo un  $55,48 \pm 0,34\%$ , alcanzando por su parte un valor más elevado, siendo la fibra insoluble, la fracción mayoritaria con un 50,77 g/100g y la fibra soluble escasamente representada con un 4,71 g/100g. La fibra insoluble (FI) esta compuesta por 37,2% de glucosa, 23,1% de galactosa, 13,7% arabinosa, 9,45% de ácidos urónicos y 10% de xilosa así mismo la fibra soluble (FS) contiene galactosa en 43,6% en okara, seguido por ácidos urónicos con un 23,8% y la arabinosa un 15,7%. La fibra total (FT) sigue el mismo orden monómero que la fibra insoluble (FI), lógicamente ya que ésta es la fracción mayoritaria.

La proteína de la semilla de soja contiene todos los aminoácidos esenciales que requiere la alimentación humana, aunque hay que señalar también la presencia de otros componentes, entre los que están los inhibidores de proteasas, como los inhibidores de tripsina, ácidos fenólicos y ácido fitico, que reduce la calidad de la proteína (Liu, 1997). El porcentaje promedio de proteína en la harina de okara fue de  $36,6201 \pm 0,6812$  resultado muy similar al obtenido por Mateus (2008), en este mismo análisis el cual fue de  $36,36 \pm 0,32$ .

Las semillas de soya son fuente conocida de proteína en la cual se presentan valores

que oscilan entre 35 y 42g/100g (Liu, 1997; Guillon y Champ, 2002), por lo cual se puede observar que la harina de okara presenta un contenido más bajo que la semilla debido a que una parte de la proteína se transfiere hacia la leche durante el procesado.

### Granulometría en la harina de okara.

En la figura 3 se puede identificar la relación de las masas de rechazo y cernido de cada una de las muestras, las cuales presentan resultados muy similares, a partir de los cuales se puede deducir que a medida que disminuye la masa de cernido aumenta la masa de rechazo, presentándose un mayor tamizado en la luz de malla de 2mm y menor cantidad en la luz de 0,063mm. En la luz de malla de 2mm se presentó un porcentaje de cernido del 98,34 cumpliendo con la norma AOAC 965.22 la cual establece que el 98% de la harina debe pasar por un tamiz de 2,12 mm o 212  $\mu\text{m}$ .

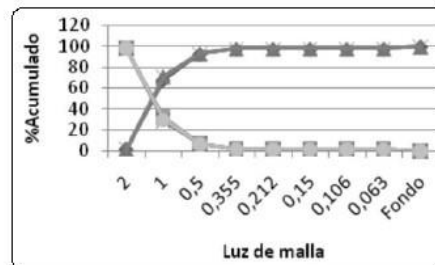


Figura 3. Granulometría de la harina de okara

El tamaño de la partícula, la porosidad, la superficie disponible, la capa superficial de la harina de okara por su alto contenido en fibra alimentaria, son algunas de sus características principales puesto que pueden influir en las propiedades fisiológicas de la misma. Un mayor número de poros permiten mayor hidratación de la partícula y una superficie

---

disponible facilita la unión de cationes; de allí radica la importancia de una granulometría fina.

#### **Hinchamiento en la harina de okara**

El hinchamiento en la harina de okara en la muestra 1 fue de 7,6 ml/g, en la muestra 2 y 3 de 8 ml/g, los cuales son resultados similares que indican una alta capacidad de hidratación, difiriendo de los resultados presentados por Mateus (2008) la cual obtuvo  $9,44 \pm 0,11$  ml/g, puede ser debido a que las características fisiológicas pueden modificarse debido a la madurez del alimento vegetal, tipo de cocinado, presencia de otros tipos de fibra, etc. (Guillon y Champ, 2000; Mälkki, 2001; Mataix y Gassull, 2002).

#### **Capacidad de retención de agua de la harina de okara**

La capacidad de retención de agua de la harina de okara fue de 73.5 ml por cada 25 gramos de harina, lo cual es alto, pues implica una relación 2,94 ml de agua por 1g de harina. Esta capacidad de retención de agua está relacionada con la estructura interna de la pared celular de la soya, puesto que allí se encuentra ubicada la fibra alimentaria, la cual dependiendo, de sus componentes, estructura y enlaces formados determinan sus efectos fisiológicos sobre la salud de los consumidores

---

### **CONCLUSIONES**

El rendimiento del proceso de obtención de la harina de okara fue 14.89% con un porcentaje de humedad inicial de 86% y final de 5,72%.

El 98,34% de la harina de okara presentó una granulometría menor de 212  $\mu$ m, cum-

pliendo lo establecido por la norma AOAC 965.22.

La harina de okara presentó una elevada capacidad de retención de agua y de hinchamiento de 73.5 ml de agua por cada 25 g de harina y  $7,86 \pm 0,23$  ml/g respectivamente.

---

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Anderson, J.W., y Major, A.W., (2002). Pulses and lipaemia, short- and longterm effect: potential in the prevention of cardiovascular disease. *Br J Nutr*, 88: 263-271.
- AOAC (1995b). Method 993.19. *Official Methods of Analysis, 16th Edition*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (1995c). Method 955.04. *Official Methods of Analysis, 16th Edition*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Flander, L.M. (007). Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT* 40 860-870p.
- García, I. 2003. Caracterización físicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica L.*) y su incorporación en galletas. Tesis Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oax, México.
- Guillon, F., Champ, M., y Thibault, J.F., (2000). Dietary fibre functional products. En: GR Gibson y CM Wil-



- liams (eds.). *Functional Foods*. Woodhead Publishing, Cambridge, England. 315-355 p.
- Guerrero, A. (1998). Soja. En: A Guerrero (ed). *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa, Madrid. 755-855 pp.
- Guillon, F., y Champ, M.M.J., (2002). Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *Br J Nutr*, 88 (Suppl. 3): 293- 306.
- Hernida, J.R. (1993). Tratamiento y aprovechamiento del orujo de aceituna. *Tecnologías complementarias en la industria alimentaria*, 137-148
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS. ICONTEC (NTC 267). Harina de trigo.
- Kushi, L.H. Meyer, K.M. y Jacobs, D.R. (1999). Cereals, legumes, and chronic disease risk reduction: evidence from epidemiologic studies. *Am J Clin Nutr*, 70: 451-458.
- Liu, k (1997). Agronomic Characteristics, Production, and Marketing Chemistry and Nutritional value of Soybean Components. En: Keshun
- Quintero, L. E., Gaitán, X. A., Soler, M. S. (2004). Costos de producción de soya en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agro-cadenas Colombia. Bogotá, Colombia. <http://www.agrocadenas.gov.co>
- Mätkki, Y., (2001). Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. *Cereal Foods World*, 46:196-199.
- Mataix Verdú, J., y Gassull, M.A., (2002). Fibra alimentaria. En: J Mataix Verdú (ed). *Nutrición y alimentación humana*. Ergon, Madrid. 119-135 pp.
- Mateus I, y Col, (2008) Tesis doctoral, Aprovechamiento de subproductos de Leguminosas para la obtención de Productos funcionales: Comparación de metodologías para la Caracterización de la fibra alimentaria, Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, Departamento de nutrición y Bromatología II (Bromatología), Madrid. <http://eprints.ucm.es/8175/1/T30419.pdf> [en línea] 1 de junio de 2009.
- Messina, M.J. (1999). Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am J Clin Nutr*, 70: 439-450
- O Toole, D.K. (1999). Characteristics and uses of okara, the soybean residue from soymilk production – A review. *J Agric Food Chem*, 47:363-361.
- Pham, v.h.; tomoko, Maeda; NAOFUMI, Monta. (2007) Dough and bread qualities of flours with whole waxy wheat flour substitution. *Food Research International* 40, 273–279p. **ct**

**ANEXO IV**

PATENTE ESPAÑOLA

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



(1) Número de publicación: **2 281 218**

(2) Número de solicitud: 200401674

(5) Int. Cl.:

**A23J 1/14** (2006.01)

**A23P 1/08** (2006.01)

**A23L 1/30** (2006.01)

(12)

SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación: **08.07.2004**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.09.2007**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**16.09.2007**

(71) Solicitante/s:  
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Serrano, 117  
28006 Madrid, ES  
Universidad Complutense de Madrid**

(72) Inventor/es: **Préstamo Martínez, Guadalupe;  
Rupérez Antón, Pilar y  
Redondo Cuenca, Araceli**

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Recubrimiento prebiótico a base de okara para fritos y precocinados.**

(57) Resumen:

Recubrimiento prebiótico a base de okara para fritos y precocinados.

El objeto de la invención es el empleo de la okara en la alimentación humana, para la realización de recubrimientos en fritos y prefritos congelados, fundamentalmente por su alto contenido en fibra y proteína.

La Okara es el residuo que queda en la obtención de la bebida de soja (mal llamada leche de soja) y del tofu. Tiene un alto contenido de fibra (49%) y proteína (33%). Debido a su composición podría ser usado para enriquecer en fibra y proteínas algunos alimentos y como suplemento en la dieta humana. Tiene un sabor muy agradable (similar a almendras). Es un residuo bastante perecedero, por lo que se debe eliminar su alto contenido en agua, mediante técnicas de secado (60°C) o liofilizado, antes de su utilización.

ES 2 281 218 A1

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. P\* de la Castellana, 75 - 28071 Madrid

## DESCRIPCIÓN

Recubrimiento prebiótico a base de okara para fritos y precocinados.

5 **Sector de la técnica**

El sector al que se dirige es el Sector Alimentario. Industrias lácteas que elaboran bebidas de soja. Productos nutracéuticos. Es un residuo con alto contenido en fibra y proteínas, con aplicación en la dieta humana.

10 **Antecedentes**

La Okara es el residuo que se genera en la obtención de la bebida de soja (mal llamada leche de soja) y del tofu. El consumo de productos de soja está en aumento, siendo uno de sus principales motivos su interés en nutrición y salud. La soja es una semilla que pertenece a la familia de las leguminosas y es originaria de Asia, donde se consume abundantemente como importante aporte de proteínas. La okara tiene un alto contenido de fibra (49%) y proteínas (33%). Debido a su composición podría ser usado para enriquecer en fibra y proteínas algunos productos y como suplemento en la dieta humana. Tiene un sabor muy agradable (similar a almendras) por lo que presenta un alto grado de aceptabilidad por el consumidor. Es un residuo bastante perecedero, por lo que se debe eliminar su alto contenido en agua, mediante técnicas de secado (60°C) o liofilizado.

Se han descrito posibles aplicaciones en alimentación humana como añadir a la masa de bollería (bollos, pastas, galletas, magdalenas, bizcochos) (patente n° MD2062F), añadir a la masa de panadería (panes ricos en fibra o integrales, pizza, empanadas) (patente n° US 5128165) para preparar hamburguesas, salchichas (vegetales o cármicas) (patente n° GB2172787), en yogures de sabores y batidos (patente n° JP2000102363) y finalmente en zumos, frutas, purés (patente n° JP 59042860).

Los estudios realizados hasta el momento han dado lugar a una comunicación en un congreso internacional sobre utilización de subproductos. TOTAL FOOD 2004. Exploiting Co-Products. Minimizing waste. <http://www.totalfood2004.com/totalfood.pdf> "IN VIVO" ASSAY OF OKARA (a waste in the process of making tofu) abril 2004 Préstamo G, Rupérez P, Espinosa-Martos I, Redondo-Cuenca A, Tenorio MD y Rodríguez-Sevilla D.

**Descripción de la invención**

El objeto de la invención es el empleo de la okara en la alimentación humana, para la realización de recubrimientos en fritos y prefritos congelados, fundamentalmente por su alto contenido en fibra y proteína, que la hacen muy recomendable para la dieta, así como contribuir al desarrollo sostenible al ser revalorizado el producto en vez de ser eliminado como un residuo orgánico.

El procedimiento consiste en secar la okara a 60°C o en liofilizarla para eliminar la humedad y facilitar su mejor conservación.

En el proceso de liofilizado, la okara se congela a -20°C y a continuación se somete al proceso ya conocido de liofilización. El producto ya liofilizado se homogeneiza en un molinillo hasta polvo fino, en el que se puede controlar el tamaño de partícula final.

En el proceso de secado, la okara se seca en estufa a una temperatura de 60°C. Temperaturas superiores podrían producir caramelización de los azúcares de la fibra y desnaturalización de proteínas. Una vez seco, se puede emplear directamente o en polvo más fino, para ello se homogeneiza en un molinillo. La okara de grano grueso o fino se puede utilizar para enharinar o rebozar diferentes productos que luego se van a freír directamente, o realizar un prefrito como croquetas, San Jacobos, pescado, carnes, aves, verduras, etc. Al enharinado de okara molida se le pueden añadir coadyuvantes como antioxidantes, como el tocoferol, hidroxitirosol, colorantes como betacaroteno, licopeno, xantofilas, etc, saborizantes como ajo, nuez moscada, etc, proteínas para mejorar la textura o aditivos como conservantes.

Esquema del procedimiento:

- Obtención de la okara (residuo sólido industrial de la soja que se desecha en la fabricación de la bebida de soja y del tofu)
- Secado de la okara o liofilizado
- Okara seca (grano grueso)
- Okara seca molida y tamizada (grano fino)
- Rebozado con más del 5% de okara

**Ejemplos de la realización de la invención**

Ejemplo 1

5 *Pescado rebozado frito directamente*

Los filetes de pescado se pasan por huevo batido y a continuación por el polvo de okara. En una sartén con aceite hirviendo se fríen los rebozados hasta que tomen un color dorado.

10 Ejemplo 2

*Pescado enharinado prefrito*

15 Los filetes de pescado se pasan por una harina que contenga el polvo de okara en una proporción superior al 10% para tener una cantidad mínima de fibra. Una vez enharinado el producto así obtenido, se prefríe durante 15 segundos a temperatura de aceite de 180°C, se ultracongela y se conserva a -20°C para su comercialización.

Ejemplo 3

20 *Calamares a la andaluza*

Se corta el tubo del calamar en forma de aros (alternativamente se pueden usar rabas o aros preformados a partir de músculo picado), los aros resultantes se rebozan en una masa que lleva agua, huevo, sal, harina y polvo de okara en una proporción superior al 10% para tener una cantidad mínima de fibra. Opcionalmente se puede añadir ajo picado finamente y perejil o polvo de ajo y perejil secos, y unas gotas de vinagre o limón. El homogeneizado así obtenido se aplica de manera inmediata (antes de transcurrir 15 min.) sobre las superficies de los aros de manera que se forme una fina película. Una vez rebozado, el producto así obtenido se prefríe durante 30 segundos a temperatura de aceite de 180°C, se ultracongela y se conserva a -20°C para su comercialización.

30 Ejemplo 4

*Precocinado de ave para freír*

35 Los filetes de ave (pollo, pavo, etc) o sus reestructurados (filetes u otras conformaciones elaborados a partir de trozos más o menos identificables) correspondientes se pasan por huevo batido y a continuación por el polvo de okara. Una vez rebozado, el producto así obtenido, se prefríe durante 15 segundos a temperatura de aceite de 180°C, se ultracongela y se conserva a -20°C para su comercialización.

Ejemplo 5

40 *Aros de cebolla prefritos*

45 Se corta la cebolla en rodajas, los aros resultantes se rebozan por una masa que lleva agua, huevo, sal, harina y polvo de okara en una proporción superior al 10% para tener una cantidad mínima de fibra. Opcionalmente se puede añadir unas gotas de vinagre. El homogeneizado así obtenido se aplica de manera inmediata (antes de transcurrir 15 min.) a los aros de manera que se forme una fina película. Una vez rebozado el producto así obtenido, se prefríe durante 15 segundos a temperatura de aceite de 180°C, se ultracongelan y se conservan a -20°C para su comercialización.

Ejemplo 6

50 *Croquetas*

Para la preparación de las croquetas se prepara una bechamel espesa con 70 g de harina (puede llevar okara de grano grueso o fino en una composición superior al 10%), 60 g de mantequilla, sal al gusto, un poco de nuez moscada y  $\frac{3}{4}$  de litro de leche. En una sartén se deshace al fuego la mantequilla con la harina, a continuación se añade la leche de forma progresiva hasta que se espese, la sal y la nuez moscada, removiéndola continuamente para evitar que se pegue. Durante el proceso de cocción se pueden añadir trozos (desmenuzados) de carne, pescado, verduras, jamón, huevo cocido, setas etc. Por último, se deja enfriar la masa y se le da forma cilíndrica. Seguidamente, se pasa por huevo batido y por el polvo de grano grueso o fino de okara. En este punto se dispone de tres opciones: a) congelar, b) prefrír durante 15 segundos a temperatura de aceite de 180°C, y luego congelar y conservar a -20°C o c) freír y consumir calientes o frías.

Todos los precocinados se sacan del congelador y se fríen en aceite hasta conseguir un color dorado.

65



REIVINDICACIONES

- 5 1. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos **caracterizado** porque contiene el polvo de okara obtenido a partir del residuo sólido industrial de la fabricación de la bebida de soja y del tofu, seco o liofilizado, en cantidad superior al 5% en peso y que al aplicarlo en forma de película sobre el producto alimenticio le proporciona una cantidad mínima de fibra con efecto prebiótico.
- 10 2. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque al producto alimenticio se le aplica una película de huevo, huevo líquido o su sucedáneo correspondiente y a continuación polvo de okara o harina de cereal o galleta molida, con un porcentaje de okara superior al 10% en peso.
- 15 3. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque al producto alimenticio se le aplica una película que contiene huevo o sucedáneo, una harina de cereal o galleta molida y polvo de okara.
- 20 4. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque se le añaden antioxidantes admitidos por la legislación como tocoferol, hidroxitirosol, zumo de limón, ácido cítrico, ácido ascórbico entre otros y en las cantidades permitidas.
- 25 5. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque se le añaden colorantes admitidos por la legislación como licopeno, carotenoides o xantofilas y en las cantidades permitidas.
- 30 6. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque se le añaden algunos de los siguientes saborizantes: ajo picado, zumo de limón, vinagre, perejil, nuez moscada u otras especias.
- 35 7. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque se le añade como potenciador del sabor glutamato monosódico al 0,2% en peso.
- 40 8. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según las reivindicaciones 1 a 7 **caracterizado** porque se le añaden una o varias de las siguientes proteínas: proteína aislada de soja, gluten, clara de huevo, caseína, proteína de suero, plasma bovino, gelatina.
- 45 9. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según las reivindicaciones 1 a 8 **caracterizado** porque se aplica a pescado, carne, y sus reestructurados correspondientes, verdura, jamón, huevo cocido, croquetas y otros precocinados cuyo destino es la fritura.
- 50 10. Recubrimiento bioactivo para productos fritos y prefritos según las reivindicaciones 1 a 8 **caracterizado** porque se le somete a un prefrito a 170-190°C durante 10-60 segundos y posterior congelación a una temperatura inferior a 10°C.
- 55
- 60
- 65



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 281 218

② Nº de solicitud: 200401674

③ Fecha de presentación de la solicitud: **08.07.2004**

④ Fecha de prioridad:

#### INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ <b>Int. Cl.:</b> Ver hoja adicional
---------------------------------------

#### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	JP 63167754 A (HOSEN KK) 11.07.1988, Recuperado de WPI (World Patent Index) nº acceso: 1988-232597 (33). DW 198833. Resumen de la Base de Datos.	1
A		2-3
Y	JP 4356167 A (NAKAJIMA MISAO) 09.12.1992, Recuperado de ESPACENET. Resumen de la Base de Datos.	1
Y	THE OKARA COOKBOOK. "Okara Chicken Nuggets (or Strips)", 02.06.2003. Recuperado de Internet: URL: <a href="http://home.iprimus.com.au/vileletters/okara">http://home.iprimus.com.au/vileletters/okara</a>	1
A		3,6,9

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<b>Fecha de realización del informe</b> 31.07.2007	<b>Examinador</b> I. Galíndez Labrador	<b>Página</b> 1/2
---	---	----------------------

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**A23J 1/14** (2006.01)

**A23P 1/08** (2006.01)

**A23L 1/30** (2006.01)

## **ANEXO V**

### **FICHA TÉCNICA DE REGULADOR DE GLP**

## Reguladores Libras-a-Libras de Alta Presión, Industriales/Comerciales

Diseñados para reducir la presión del recipiente a una presión entre 3 y 100 PSIG. Ideales para servicio de líquido o de vapor con calentadores de alquitrán, quemadores comerciales, sopletes, y otros servicios de tipo industrial.



Número de parte	Método de Ajuste	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Rango Recomendado de Presión de Descarga (PSIG)	Rango Recomendado de Presión de Descarga (PSIG) <sup>†</sup>	Capacidad BTU/hr. Propano <sup>**</sup>
597FA	Mango de T	1/2" NPT	1/2" NPT	1-15	10	1,750,000
597FB				10-30	20	3,000,000
597FC				20-45	30	3,500,000
597FD				40-100	40	4,500,000

<sup>†</sup> Calibración se establece con una presión de entrada de 100 PSIG y un flujo de propano de 250,000 BTU/hora.

<sup>\*\*</sup> Capacidades determinadas a la presión actual de descarga 20% menos que la presión de calibración con una presión de entrada 20 PSIG más alta que la presión fijada.

**ANEXO VI**

**FICHA TÉCNICA COCINA MABE**

**modelo:**  
TX3-0CH



#### General

4 Quemadores y Horno	a Gas
Color	Inox Espejada (laterales negros)

#### Cubierta

Tapa de Vidrio templado	Sí
Quemadores a Gas	4
Material Quemadores Quemadores	Aluminio con Tapas Enlozadas
Material de la Cubierta	2 Normal y 2 Jumbo
Material Parrillas	Acero Inoxidable
Material del Panel de Control	2 de Alambón
Timer Mecánico	Acero
Encendido Quemadores	Sí (Sonoro)
	Eléctrico

#### Horno

Capacidad Horno (lts.)	68 Litro
Encendido Eléctrico	Horno y Grill
Grill Dorado	A Gas
Luz Horno	Sí
Bandeja con Rejilla	1
Parrillas Horno	1
Material Parrilla	Acero Inoxidable
Puerta Horno	Doble Vidrio Templado
Válvula de Seguridad en el Horno	Sí
Calienta Platos	Sí
Dimensiones del Producto (Ancho x Alto x Fondo) mm	61 x 92,5 x 58,5
Peso Neto (kg.)	36
Tensión Normal	110 V
Gas Licuado / Gas Natural	Habilitada para Gas GLP, convertible para GN
Procedencia	Ecuador
Código de Barras	7861032310309

### Grill dorador a gas - 4 Quemadores

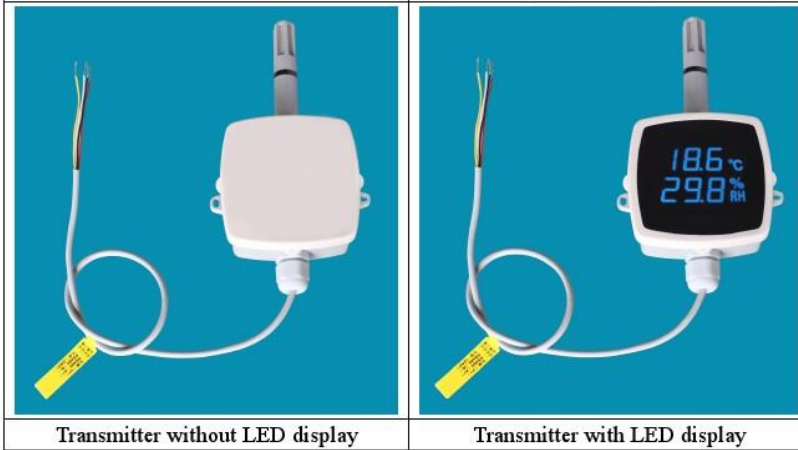
Más información en nuestro sitio web [www.mabe.cl](http://www.mabe.cl)  
Servicio técnico Mabe 600 364 3000 · (2) 376 86 49 o en [www.serviciomabe.cl](http://www.serviciomabe.cl)

## **ANEXO VII**

### **SENSOR DE TEMPERATURA FICHA TÉCNICA**



## Relative Humidity & Temperature Transmitter



Transmitter without LED display

Transmitter with LED display

### **MQ series *Capacitive humidity & temperature transmitter for Wall or Outdoor Mounting***

#### **1. Description:**

MaxDetect capacitive humidity element based humidity & temperature transmitters are ideal solution for detecting relative humidity and temperature in applications such as HVAC in residential & commercial buildings. The capacitance element based transmitter is one of the most stable transmitters available and no recalibration required, **transmitters are temperature compensated and calibrated.**

MaxDetect transmitters are problem-free and accurate with long-term reliability by apply unique HydroProbe® digital technology, our transmitters are developed for high-precision measurement of relative humidity & temperature and transmitters are available for wall & duct & outdoor mounting.

All MaxDetect transmitters can be equipped with industrial-class Led display, Led shows both humidity and temperature.

#### **2. Technical Specification:**

Power supply	12~36V DC
Humidity working range	0..100%RH
Humidity sensing element	Polymer humidity capacitor
Output for humidity	0~5V DC or 0~10V DC or 4~20mA
Accuracy of humidity	+/-2%RH(10-95%RH, at 25Celsius); <+/-5%RH(-40..80Celsius)
Repeatability	+/-0.3%RH
Hysteresis	+/-0.3%RH

- 1 -

**MaxDetect Technology Co., Ltd.**

<http://www.humiditycn.com>

Thomas Liu (Sales Manager)

Email: [thomasliu198518@aliyun.com](mailto:thomasliu198518@aliyun.com) , [sales@humiditycn.com](mailto:sales@humiditycn.com)

Sensitivity for humidity	0.1%RH
Drift rate per year	+/-0.5%RH
Temperature sensor	DS18B20
Accuracy of temperature	+/-0.3Celsius(at 25Celsius)
Output for temperature	0~5V DC or 0~10V DC or 4~20mA
Temperature working range	Customer can select temperature range by dial-switches on PCB board: 0~50Celsius, -20~80Celsius, -40~60Celsius
Storage temperature range	-40..80Celsius
Case	ABS
Electrical connection	Screw connector( Max1.5mm <sup>2</sup> )

### 3. Ordering guide:

**MQ3005**, output 0~5V DC for humidity & temperature both, without LED display

**MQ3105**, output 0~5V DC for humidity & temperature both, with LED display

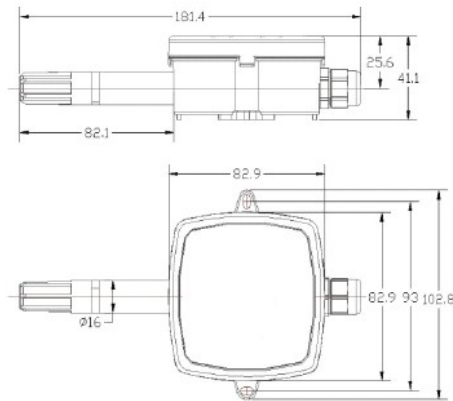
**MQ3010**, output 0~10V DC for humidity & temperature both, without LED display

**MQ3110**, output 0~10V DC for humidity & temperature both, with LED display

**MQ3020**, output 4~20mA for humidity & temperature both, without LED display

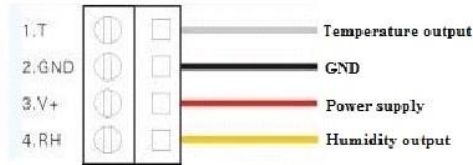
➔ **MQ3120**, output 4~20mA for humidity & temperature both, with LED display

### 4. Dimensions: (unit----mm)

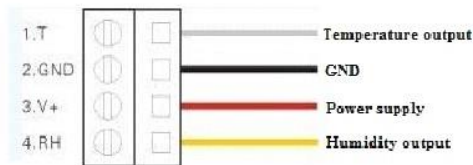


## 5. Electrical connection diagram

### 1). Connection Diagram for voltage output



### 2). Connection Diagram for current output



### 3). Power Supply

<b>For 0-5V DC output,</b>	<b>Power supply is 12~36V DC</b>
<b>For 0-10V DC output,</b>	<b>Power supply is 15~36V DC</b>
<b>For 4~20mA output,</b>	<b>Power supply is 12~36V DC when sampling resistor &lt; 50Ω</b>
	<b>Power supply is 15~36V DC when sampling resistor &lt; 250Ω</b>
	<b>Power supply is 20~36V DC when sampling resistor &lt; 500Ω</b>

#### Cautions:

Proper location of the room humidity sensor is important to ensure accurate measurement of representative air samples. Place the sensor in an area of room that has good air circulation. Install the sensor on a flat interior surface, approximately 1.4m from the floor.

Avoid locating the sensor:

- \* Near heat sources, such as radiant heat from the sun, heat from appliances, or from concealed pipe or chimneys
- \* In areas subject to draft
- \* Behind doors, draperies, or in corners
- \* On walls having excessive vibration
- \* In corrosive environments such as swimming pools or hospital rooms

- 3 -

**MaxDetect Technology Co., Ltd.**

<http://www.humiditycn.com>

Thomas Liu (Sales Manager)

Email: thomasliu198518@aliyun.com , sales@humiditycn.com

## **ANEXO VIII**

**VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA  
ADQUIRIDO CON OTRO SENSOR CERTIFICADO MARCA TESTO**



## **ANEXO IX**

### **MOTOR DEL VENTILADOR**



### Motor OH SUNG

Modelo: OEM-1011X1

Tensión: 120 V

Frecuencia: 60 Hz

Intensidad: 0.30 A

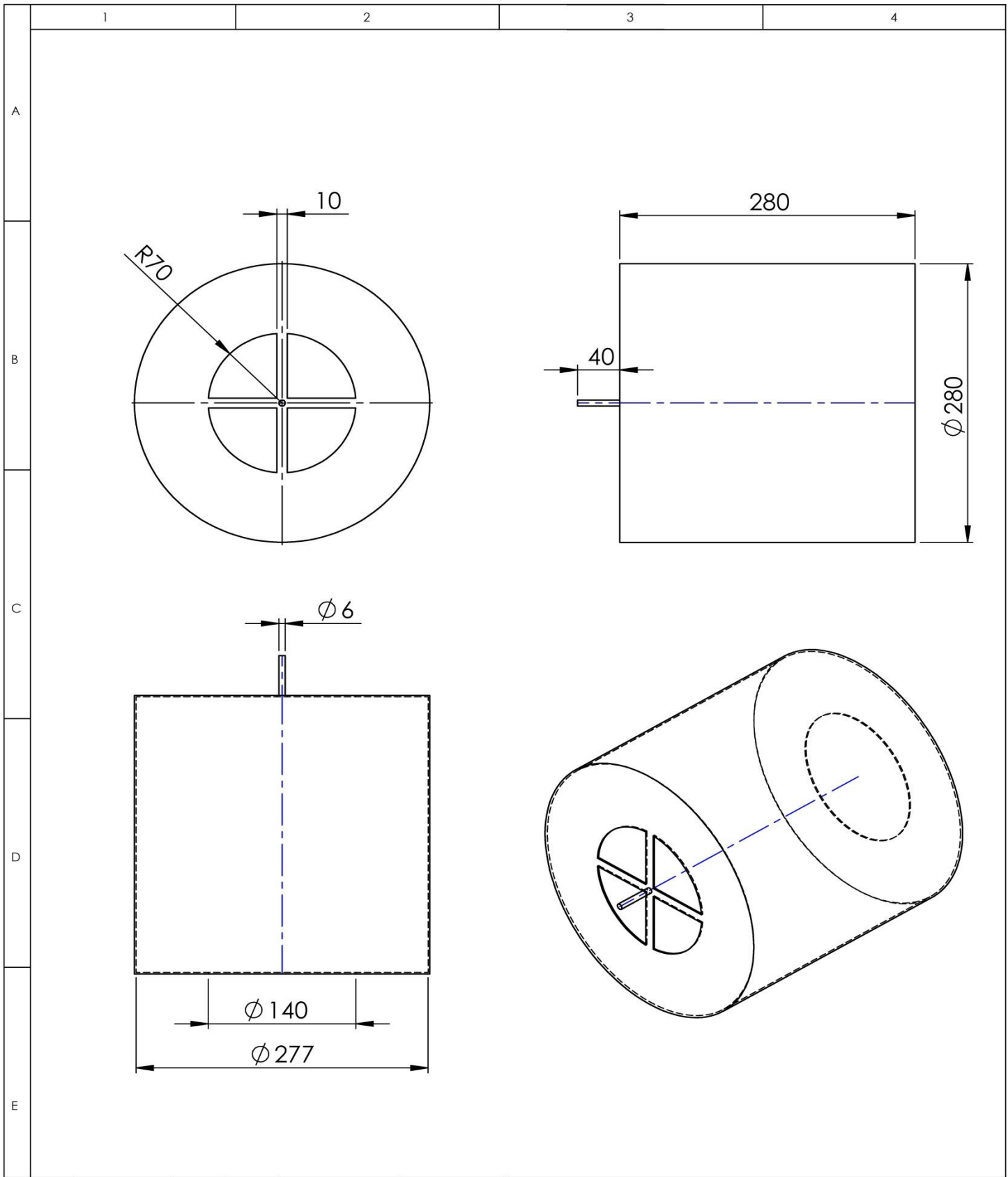
Eje de metal : longitud de 1 3/8 " , 1/8" de diámetro ( eje redondo con un tipo D parte plana )

Dimensión del marco: Ancho : 2 3/8 pulgadas Altura : 2 3/8

## **ANEXO X**

### **DIMENSIONES DEL TAMBOR**





				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				+/- 0,1 mm	2,5 Kg	ACERO INOXIDABLE 304	
					NOMBRE	FECHA	TITULO:
				DIBUJÓ:	OMAR TELLO	29/01/16	
				REVISÓ:	ING. CABRERA	29/01/16	
				APROBÓ:	ING. CABRERA	29/01/16	ESCALA:
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		NUMERO DE LAMINA	1 de 1
EDICION	MODIFICACION	FECHA	NOMBRE			SUSTITUCIÓN:	