

## RESUMEN

El trabajo tiene por objetivo el obtener harina de okara a escala laboratorio, se propone dar valor agregado a este subproducto de la elaboración de la leche de soja, el cual en la actualidad se emplea solamente como suplemento para alimento animal, sin tomar en cuenta los beneficios que ofrece también al ser humano, por su alto contenido de nutrientes, pudiéndose emplear como insumo en repostería e industria alimentaria.

La okara producida por la empresa NUTRIR, según los análisis realizados en el Centro de Investigación y Desarrollo (CEANID), contiene 83.12 % de humedad, 0.53% de fibra, 7.59% de proteína y 3.72% de materia grasa en base húmeda, lo cual nos muestra la potencialidad de este subproducto como un suplemento alimenticio.

Para el diseño del proceso experimental de secado de la harina de okara se planteó un diseño factorial,  $2^2$  de 2 variables y 2 niveles, temperatura (65°C y 75°C) y espesor del material a secar (0.5 cm y 1 cm), con dos repeticiones.

Se realizó el secado de la okara en un secador de bandejas con aire forzada a una temperatura de 65°C, con un espesor de 0.5 cm de las bandejas, una vez obtenido el producto secado se sometió el mismo a un proceso de molienda, en un molino de bolas a escala de laboratorio, el tamizado de la harina así obtenida proceso en el cual se determinó que la harina con mejor granulometría es la posee un tamaño de malla de 0.5 mm equivalente a 0.5 mm de la norma ASTM.

El producto obtenido, para una mejor conservación se envasó al vacío en bolsas medianas de polipropileno las cuales se almacenaron en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente en bolsas oscuras para evitar el paso de la luz durante 137 días, al cabo de este tiempo se realizó el análisis fisicoquímico de las muestras para estimar su conservación.

# **INTRODUCCIÓN**

## ANTECEDENTES

En los últimos años se ha visto un cambio en la tendencia de la dieta alimenticia. A nivel mundial la industria de producción de alimentos está dedicando grandes esfuerzos a la producción y comercialización de productos elaborados a base de soja.

La soja y los productos que se obtienen a partir de esta leguminosa forman parte de la dieta habitual de los países asiáticos desde hace miles de años, mientras que en occidente su presencia en la alimentación se reducen a los últimos 15 ó 20 años debido al interés que han despertado diversos componentes de la soja como candidatos en la prevención de algunas enfermedades.

La Okara es el residuo insoluble que se obtiene durante el proceso de elaboración de la bebida o leche de soja y constituye el principal subproducto generado por esta industria alimentaria. Se conoce por su nombre japonés, Okara, que significa “corteza honorable”. Tiene color crema, sabor neutro, suave y una textura agradable.

Se utiliza como alimento para animales o abono, aunque también se podría utilizar en alimentación humana. Su composición puede variar dependiendo del tipo de semilla de soja y del método de obtención utilizados.

La Okara de soja en fresco tiene un alto contenido de agua entre los 70 a 80%, por lo que es un producto muy perecedero. Para prolongar su conservación se puede congelar o deshidratar. Contiene fundamentalmente fibra insoluble, un carbohidrato complejo que proporciona un bajo índice glicémico y por ello es apropiada para diabéticos. Además su proteína es de alta calidad, pues están presentes todos los aminoácidos esenciales en una proporción similar a la que se encuentran en la bebida de soja. Por otra parte, en su grasa o aceite vegetal predominan los ácidos grasos poli-insaturados.

Otra de sus características es que no contiene gluten, por lo que también sería apta para celíacos.

En cuanto a sus propiedades fisicoquímicas o funcionales determinadas in vitro, la Okara deshidratada muestra una alta capacidad de hinchamiento y de retención de agua, junto a una baja capacidad de retención de aceite.

Este subproducto contiene mayor proporción de fibra compuesta por celulosa, hemicelulosas y lignina, pero además presenta más de un 20% de proteínas, 10-15% de grasa, alrededor del 10% de isoflavonas, muy poco almidón y carbohidratos simples. Esta composición hace que la okara se pueda utilizar por su fibra alimentaria para el enriquecimiento de distintos alimentos. Así, podría ser un candidato adecuado para enriquecer nutricionalmente a los productos hechos a base de cereales, bizcochos y aperitivos, ya que reduciría el contenido calórico de estos y aumentaría su contenido en fibra alimentaria. (Martínez P., Rupérez A., Cuenca P. y R.)

### **Efecto sobre la salud, en estudio**

Las particularidades físico-químicas que se van descubriendo de la okara abundante fibra, buen perfil proteico, cualidad emulsionante, la convierten en objeto de investigaciones por su potencial en la mejora de la calidad nutricional de los productos a los que se añade y por ende, por la esperada mejora en la salud.

En el Departamento de Metabolismo y Nutrición (Instituto del Frío) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) han realizado un estudio para analizar los efectos sanitarios de un concentrado de fibra dietética a partir de la okara en ratas. En dicho estudio se alimentan ratas Wistar hembras sanas, bien con una dieta normal o con una dieta enriquecida con un 10% de fibra de okara durante cuatro semanas. Al final del estudio, las ratas alimentadas con la dieta enriquecida, en comparación con el grupo control, mostraron una disminución significativa en el aumento de peso y del colesterol total, además de un aumento significativo en la absorción y retención de calcio.

Dada la riqueza en fibra de la okara, y la asociación positiva entre el consumo de fibra y el control del peso, más bien del apetito, desde el Departamento de Microbiología Aplicada del Gifu Prefectural Research Institute for Bioengineering, en Japón, llega una investigación, también en ratas, sobre el efecto del consumo de okara en la obesidad. Los ratones obesos fueron alimentados "ad libitum" (sin control sobre su alimentación) con una dieta basal o con una dieta suplementada en okara desecada en concentraciones del 10%, el 20% o el 40%, durante 10 semanas. Se observó que los ratones alimentados con dieta suplementada con la mayor proporción de okara tenían unos mejores resultados tanto en el

control del peso como en la reducción de los lípidos plasmáticos (colesterol total y LDL colesterol o "colesterol malo").

### **La okara como ingrediente de galletas y aperitivos**

Las particularidades físico-químicas de la okara (abundante fibra, buen perfil proteico y cualidad emulsionante) la hacen objeto de investigaciones por su potencial en la adición de alimentos para mejorar su textura y su valor nutricional.

“La okara se destaca por la abundancia de fibra insoluble del tipo celulosa, hemicelulosa, lignina, la riqueza de proteína y de grasa, además por su cualidad emulsionante y su riqueza en isoflavonas”. Estos datos se desprenden del análisis químico incluido en la revisión reciente sobre las características y usos de la okara llevada a cabo por el Grupo de Investigación de Productos Bioactivos del Departamento de Biología y Química de la Universidad de Hong Kong (China), uno de los países de mayor producción y uso de okara.

Se han descrito posibles aplicaciones de la okara como su adicción a la masa de bollería industrial (bollos, galletas, magdalenas, bizcochos), a la masa de panadería (panes ricos en fibra, pizza, empanadas), para preparar hamburguesas y salchichas (vegetales o cárnicas), entre otras. Su adicción a la masa permite aumentar el volumen, reducir las calorías de los productos y aumentar su contenido en fibra, lo que puede redundar en beneficio para la salud del consumidor. (Bueno Cortez M. (2007)).

Otros estudios científicos realizados demuestran que la Okara es eficaz como prebiótico y para el control del peso corporal. Además se ha observado que puede contribuir a proteger el tracto gastrointestinal mejorando su estado antioxidante.

### **Problema**

La okara, es un producto que se descompone rápidamente debido a su alto contenido de humedad, lo cual dificulta su conservación, por esta razón ha sido considerado un subproducto de desecho, debido a que contribuye a la fertilidad del suelo sin contaminación química.

A nivel industrial en el proceso de elaboración de leche de soja, cada año se producen grandes cantidades de okara y ante la dificultad para su eliminación, el personal técnico de la industria alimenticia, que emplea soja como materia prima, trata cada vez más de

determinar e investigar a fondo su composición química, con el fin de obtener el máximo rendimiento de este subproducto. Como producto de estas investigaciones, se ha encontrado que posee propiedades que permiten mejorar la textura y valor nutricional de los alimentos. La tabla i-1 muestra la composición nutricional de la okara por cada 100 g de masa seca (100 g ms.)

**Tabla i-1 Composición nutricional de la Okara**

<b>Componentes</b>	<b>g/(100 g m.s)</b>
Grasa	8.47±0.21
Proteína	36.36±0.32
Cenizas	3.67±0.04
Almidón	0.46±0.04
Azúcares solubles	3.69±0.18
Fibra	55.48±0.34

Fuente: Mateos I., Aparicio C., Madrid (2008)

**La figura i-1 Apariencia de la okara húmeda**



Fuente: Martínez P., Rupérez A, Pilar y Redondo Cuenca (2004)

Como puede verse en la tabla i-1 la Okara, tiene un alto contenido de fibra y proteína, por lo tanto puede ser usada para enriquecer con estos componentes algunos alimentos pobres en ellos, tanto para consumo animal o como suplemento en la dieta humana. Actualmente lo más común es destinarla en su totalidad a la alimentación de animales, tales como ganado vacuno y porcino los cuales reaccionan muy favorablemente a su consumo ya que

es un alimento bastante balanceado y apetitoso. Por esta razón, se ve la necesidad de aprovechar este alimento e incluirlo en la alimentación humana, en productos cárnicos, galletería, panadería, pastelería, lácteos y barras energéticas, dándole así un mayor valor agregado e incluyendo en la dieta humana productos con más proteína y con fibra y brindando, como alternativas de su uso, para el consumo humano. Es evidente que resulta interesante incluir este derivado de la soja en la dieta.

### **Fibra alimentaria**

La fibra alimentaria es una compleja mezcla de polímeros de carbohidratos que están asociados a otros componentes. Consiste en el residuo vegetal no digerible, que incluye polisacáridos y lignina. La fibra alimentaria presenta una serie de propiedades físico-químicas que explican los efectos fisiológicos que se le atribuyen. Pero es difícil encontrar los términos exactos para definir la fibra alimentaria, no sólo por los componentes de esta, sino también porque debe responder a sus propiedades físico-químicas y sus beneficios fisiológicos.

### **Beneficios de la fibra en el organismo**

Tiene efectos fisiológicos positivos para el organismo porque es fácilmente digerible, reduciendo así el tiempo de tránsito alimenticio.

Potter, N. (1990), “menciona que el cuerpo necesita fibra para desechar desperdicios, la fibra absorbe líquido en cantidades mayores a su propio peso y esto ayuda a mantener la materia fecal suelta y previene el estreñimiento”.

La fibra soluble regula el nivel de azúcar en la sangre, ayuda al cuerpo a digerir mejor las grasas y reduce el nivel de colesterol. También controla el peso, puesto que no tiene calorías y hace que uno se sienta satisfecho, es posible que una dieta alta en fibra reduzca el riesgo de ataques al corazón, la diabetes en los adultos y algunos cánceres.

Muchas de las enfermedades de importancia para la salud pública la obesidad, enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo 2, el estreñimiento y el cáncer de colon se pueden prevenir o tratar mediante el aumento de las cantidades y variedades de fibra que contienen los alimentos. (Mateos I., Aparicio C. (2008)).

## **Proteína**

La proteína es un macro nutriente indispensable para la formación de los músculos del cuerpo.

Las funciones de las proteínas son transportar las sustancias grasas a través de la sangre, elevando así las defensas de nuestro organismo. Por lo tanto la ingesta diaria de estos **nutrientes que son las proteínas** es imprescindible para una dieta sana y saludable.

El consumo de proteínas es necesario, además para aportar todos los aminoácidos esenciales, para reparar el desgaste diario y la renovación celular y síntesis de nuevos tejidos en situaciones de crecimiento y desarrollo, ante heridas, fracturas o quemaduras. (Mateos I., Aparicio C. (2008)).

### **Beneficios de la proteína en el organismo**

Fortalece, repara tejidos, produce encimas y hormonas.

Hace posible que la sangre pueda transportar oxígeno a todo el cuerpo.

La insuficiencia en proteínas puede degenerar en disminución de la masa muscular, la inmunidad y debilitamiento del corazón y sistema nervioso.

La proteína también ayuda a controlar el hambre, acelerar el metabolismo aún en reposo, además de ayudar a conservar los niveles de azúcar en la sangre en rangos aceptables.

## **OBJETIVOS**

Los objetivos que se persiguen en el presente trabajo de investigación son:

### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar a escala de laboratorio el proceso para la producción de harina de Okara.

### **OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Determinar las propiedades físico-químicas de la okara.
- Definir las variables de diseño para el proceso a escala de laboratorio.
- Realizar el balance de materia y energía del proceso productivo.
- Plantear el secador de bandejas por convección forzada a escala piloto.

- Especificar las propiedades físico-químicas del producto tales como humedad, proteína, fibra, grasa, carbohidratos, cenizas y contenido energético.

## **JUSTIFICACIÓN**

En los procesos productivos el factor fundamental es la rentabilidad que depende del aprovechamiento máximo de los recursos, siendo la okara un subproducto de la soja poco conocido en su aporte nutricional y en sus diversas maneras de aprovechamiento, representa alternativas de investigación e industrialización dándole un valor agregado.

Es así que la empresa NUTRIR que se encuentra localizada en el Barrio Germán Busch entre la Avenida Los Callejones y la calle Pedro Rivera, pretende emplear la okara, desecho de su producción de leche de soja, para obtener harina con el fin de aprovechar de una manera industrial el desecho actual y obtener un producto que puede ser utilizado de diversas maneras en el ámbito alimenticio proporcionando así a la empresa una alternativa más para mejorar sus ingresos y la calidad alimenticia de animales y personas. Esta empresa solicitó a la Dirección del Departamento de Procesos Industriales (DPIBA) de la carrera de Ingeniería Química, asesoramiento técnico para la obtención de harina de okara.

Es así que se plantea el presente proyecto de investigación para obtener harina de okara a escala de laboratorio y luego con los parámetros técnicos determinados se diseñará y/o dimensionará un secador de bandejas por convección forzada y un molino de bolas.

La harina de okara, es una excelente fuente de proteína y fibra y puede ser un excelente aditivo en la fabricación de bollería (bollos, pastas, galletas, magdalenas), panadería (panes ricos en fibras o integrales, masa para pizza o empanadas) para consumo humano y en la obtención de alimento balanceado para animales.

La tabla i-2 muestra el contenido nutricional de la harina de okara obtenida en otros países.

El presente trabajo esta propuesto al interés que tiene la empresa Nutrir para poder aprovechar de su subproducto y darle un mayor valor agregado ya que ellos lo venden para alimento de cerdos con un bajo costo.

Con todos estos factores ofrecemos un producto nuevo y rico en nutrientes mejorando la calidad de vida y salud de la población.

**Tabla i-2 Propiedades nutricionales de la harina de okara**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad	%	14.25
Fibra	%	33.52
Proteína	%	37.42
Materia grasa	%	12.78
Hidratos de carbono	%	33.04
Calorías	Kcal	396.86

Fuente: Ocampo E. (2008)

**Tabla i-3 Propiedades nutricionales de la harina de okara**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Humedad	%	5.5 – 12.3
Fibra	%	46.5 - 50
Proteína	%	20 – 23.3
Materia grasa	%	6 - 15
Hidratos de carbono	%	7 – 9.8
Calorías	Kcal	202 - 350

Fuente: SOAREJAPAN INC.(2010)

Es un producto que aún contiene en su composición una buena proporción de fibra (entre 31.52% y 46.5 %) y proteína (entre 23.3% y 37.42%) pudiendo ser parte de la dieta animal y humana, la ingesta periódica de harina de okara reduce la presión arterial, triglicéridos y colesterol en la sangre, por lo que puede prevenir la obesidad y las enfermedades cardiovasculares así mismo puede ayudar a prevenir el endurecimiento de las arterias. Todo esto gracias a la fibra que ayuda a limpiar los intestinos, frenando la absorción rápida de los azúcares y ayudando a expulsar tóxicos como el colesterol.

Es recomendable para las personas de todas las edades, especialmente para los que siguen algún tipo de dieta especial: deportistas, vegetarianos, diabéticos, hipertensos, obesos, etc. (Ocampo E., 2008; SOAREJAPAN, 2010).