

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA

---

TÍTULO DEL TRABAJO: “DESARROLLO Y  
CARACTERIZACIÓN DE HARINA PARA HOT-CAKE  
ENRIQUECIDA CON OKARA”

INFORME TÉCNICO DE LA OPCIÓN CURRICULAR EN LA MODALIDAD DE:  
**(PROYECTO DE INVESTIGACIÓN)**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO(A) EN ALIMENTOS

PRESENTA:  
**NATALY KAREN ROSALES ARÉVALO**

ASESORES

Asesor externo: M. en C. Yoja Teresa Gallardo Navarro.  
Asesor interno: M. en C. Hermilo Sánchez Pineda.

México, D. F. 21 Mayo de 2008

Índice	Páginas
1. Introducción	3
2. Antecedentes	4
3. Marco teórico	4
3.1 Hot-cake	4
3.2 Proteínas de los cereales	5
3.3 Trigo	5
3.4 Soya	8
3.5 Okara	10
3.5.1 Composición de la okara	10
3.5.2 Obtención de la okara	11
3.6 Otros componentes para productos de panificación	12
3.6.1 Leche	12
3.6.2 Mantequilla	12
3.6.3 Huevo	12
3.6.4 Agente Leudante	13
4. Justificación	14
5. Objetivo General	15
5.1 Objetivos Específicos	15
6. Desarrollo Experimental	15
7. Métodos	18
8. Resultados y discusión	19
9. Conclusiones	23
10. Sugerencias	24
11. Bibliografía	25

## Resumen

Los productos que contienen soya y sus derivados representan un gran potencial en el mercado mundial de alimentos funcionales, debido a la presencia de compuestos bioactivos como las isoflavonas, las cuales han sido largamente estudiadas en cuanto a sus efectos biológicos benéficos para la salud humana, tales como: actividad estrogénica, especialmente sobre los síntomas del climaterio, osteoporosis, hipocolesterémica y anticarcinogénica. Los cereales son deficientes en aminoácidos esenciales como lisina y la incorporación de leguminosas a los productos a base de trigo promueven el aumento en los niveles de lisina, minerales y vitaminas del complejo B. En el mundo, la producción de leche de soya está aumentando en los últimos años y el residuo “okara” que todavía contiene proteínas no está siendo utilizado a niveles industriales. Unos de los objetivos de este trabajo fue desarrollar una harina adicionada con okara de buena calidad para elaborar hot-cakes. “Okara” es un derivado de la obtención de leche de soya y el cual presenta un elevado contenido de humedad, siendo esto perjudicial para su utilización en la industria por su elevado estado húmedo, por lo que el okara que se utilizó fue en polvo, para aumentar su tiempo de vida útil y dar facilidad de aplicación en las formulaciones de hot-cakes. Para la elaboración de hot-cakes se necesitó harina de trigo, azúcar, polvo para hornear, sal, aceite de soya, leche, huevo y mantequilla, los cuales fueron pesados, sumando todos los ingredientes 407g, después se realizó la mezcla de los polvos durante 1 min, al igual que la mezcla de los productos húmedos, se incorporó la mezcla líquida a la mezcla de polvos, se toman 10mL de la mezcla, se coloca mantequilla en un sartén y se funde a 75°C, se cuece hasta que salgan burbujas y se voltea para su cocción, se realizaron determinaciones físicas y fisicoquímicas, arrojando un diámetro 10.7cm, peso 53.3g , espesor de 1.9cm, humedad 41.9% y textura 24.8KgF. En el caso del 5% de sustitución de okara los hot-cakes tuvieron un diámetro de 10.5 cm, espesor 2.0 cm, peso 54.7g humedad 41.2% y textura 23.9KgF. Para la sustitución de 10% se tiene que un diámetro del 10.6 cm, espesor 2.0 cm, peso de 53.2 g, humedad del 41.2% y textura de 23.0 KgF. Los hot-cakes con 15 % de okara tienen un diámetro de 11.4 cm, espesor 1.9 cm, peso de 53.2, humedad de 44.7% y textura de 22.7 KgF. Para una sustitución del 20% su diámetro es de 11.3 cm, espesor 1.8 cm, peso de 60.9 g, humedad del 44.6% y textura de 22.4 KgF.

## 1. Introducción

Seleccionando un alimento por su consumo, se decidió trabajar con los hot-cakes y okara, ya que estos son agradables para mayoría de la población.

Como casi toda la mayoría de los inventos culinarios parten o de una casualidad o de la necesidad, antiguamente, durante la celebración de la Semana Santa, la iglesia prohibía comer unas cuantas cosas, no solo la carne, sino que también estaban entre otros alimentos incluidos: huevos, leche, queso, manteca (mantequilla), grasa.

Pero algo se debía comer, y es así y entonces cuando nacen los antepasados de los panqueques, la gente mezclaba harina de trigo con agua y esta pasta la extendía en capas finas sobre piedras calientes para cocinarla.

Más adelante se quitaron algunas prohibiciones y la iglesia autorizó a incluir en la dieta de abstinencia: huevos, leche, azúcar y manteca.

Dada esta oportunidad a la mezcla original se le agregaron estos productos y al comenzar a cocinarse en sartenes (paila o pan – de allí pan cake: “pastel hecho en sartén”) con el agregado de manteca o grasa dio como resultado unas tortillas finitas (cakes) que enloquecieron a todos y así surgió la costumbre de preparar para el primer martes de ayuno pilas y pilas de panqueques, una vez listos el jefe de hogar o monasterio hacia sonar una campana y todos a comer.

Fue pasando el tiempo y se fueron perdiendo algunas costumbres, pero el panqueque perduró en la mesa de todos los hogares y restaurantes ya que permite ser relleno tanto con dulces (dulce de leche, mermelada, cremas, etc.) como con productos salados (fiambres, queso, jamón, verduras, pescado, pates, etc.) (En plenitud).

Los hot-cakes o también llamados pancakes son populares en el desayuno en restaurantes en todo el país, y a menudo son ofrecidos por vendedores ambulantes en las ciudades y durante las fiestas locales de pequeñas poblaciones a través del día y de noche, los vendedores suelen ofrecer un solo hot-cake con diferentes salsas, como la leche condensada, mermelada de fruta o un dulce de leche de cabra propagación llamado "cajeta" (Wikipedia, 2008).

## **2. Antecedentes**

El okara ha tenido diversos usos, como es la obtención del queso crema extendido con okara y elaborado a partir de la leche de vaca. Se han usado el okara para la elaboración de queso fundido, se han obtenido aislados proteicos a partir de okara y de ácido cítrico por medio de un proceso de fermentación.

También se ha servido para enriquecer sopas, pastas, hamburguesas, panes, cereales, dulces, galletas, y pan para pizza, utilizaron el okara en productos horneados (Pérez, 2004).

La okara puede también puede ser usada como una acción de fermentación para la producción de condimentos, especias y pasta de soya (Ma, 1997).

Se han desarrollo diferentes proyectos de investigación como los siguientes:

- “Influencia de la granulometría de la harina del residuo de la leche de soya (okara) en la elaboración de pan de molde” (Paucar, 2003).
- Obtención de oligosacáridos y fibra soluble a partir de okara de soya.

## **3. Marco Teórico**

### **3.1 Hot-cake**

Una harina preparada, se le denomina así al producto elaborado a partir de cereales y leguminosas, adicionado de otros ingredientes y aditivos para alimentos, para preparar donas, hot cakes, tortillas y pasteles, entre otros (Diario oficial, 1999).

Es un tipo pan preparado a partir de una mezcla dulce que se cocina en una sartén. La mayoría de los hot-cakes son panes rápidos, que contienen un agente leudante, por lo general es polvo para hornear, y también posee diferentes proporciones de harina, leche, y mantequilla, los cuales son batidos creando una masa densa.

Esta masa se vierte sobre una superficie caliente, y se extiende para formar un círculo aproximadamente de 30 cm de diámetro y 1 cm de espesor. El agente leudante causa la

formación de burbujas, permitiendo saber que ese lado ya está cocido y se pueda voltear para que su cocido sea homogéneo. Estos hot-cakes son de textura muy suaves. (Wikipedia, 2008)

Pancakes o hot-cakes son un tipo de pan o crepa elaborado con una pasta muy sencilla que se extiende generalmente sobre la superficie de una sartén. Existen muchas variantes en diferentes culturas y países, no sólo en los ingredientes sino en la forma de ser servido (En plenitud).

### **3.2 Proteínas de cereales**

Las proteínas de reserva más abundantes en los cereales se les denominan glutelinas, aunque pueden haber algunas diferencias entre especies. En las leguminosas, las globulinas constituyen el 70% del total, en tanto a las glutelinas y albúminas contribuyen con porcentajes que oscilan entre el 10 y 20% para cada una. El contenido total proteínico es alrededor del 12%, que resulta bajo si se compara contra el de las leguminosas, que oscilan entre el 18 y 25 por ciento (Badui, 2006).

### **3.3 Trigo**

Este cereal se usa fundamentalmente en panificación, que involucra una fermentación que produce esponjamiento de la masa. Para fabricar el pan se mezcla la harina de trigo con todos los ingredientes necesarios, como agua, azúcar, mantequilla, sal y levadura.

Esta capacidad de esponjamiento se debe principalmente a las proteínas, pero también influyen otros constituyentes como el almidón y los lípidos. Las harinas de trigo contienen del 10 a 12 % de proteínas, que son básicamente glutelinas y en menor proporción existen también otras, como albúminas y globulinas, que solo representan aproximadamente 15% de total (Badui, 2006).

Las glutelinas del trigo reciben el nombre de gluteninas es un grupo heterogéneo de proteínas, son de cadena ramificada. Físicamente, la proteína es elástica, pero no coherente. La glutenina confiere aparentemente a la masa su propiedad de resistencia a la extensión (Hoseney, 1991).

Las prolaminas se le denominan gliadinas, sus cadenas son simples tienen estructuras primarias con diferente composición de aminoácidos. Su conformación se estabiliza mediante enlaces disulfuros intermoleculares; al hidratarse forman una masa viscosa extensible, fluida pero poco elástica y son los responsables de la expansión de la masa durante la elaboración del pan. Cuando existe el exceso de gliadinas en relación a las gluteninas, el gluten se vuelve débil, permeable y no retiene anhídrido carbónico, entonces la masa en lugar de esponjarse se colapsa (Badui, 2006).

La harina de trigo tiene la habilidad de formar masa fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y rendir por cocción un producto esponjoso. Se atribuye fundamentalmente a las proteínas del trigo y más concretamente a las proteínas del gluten, las características particulares del trigo. Las proteínas del gluten son proteínas de reserva del trigo. Se asilan con relativa facilidad en estado relativamente puro por ser insolubles en agua. El almidón y las sustancias hidrosolubles se pueden eliminar del gluten trabajando suavemente la masa bajo una pequeña corriente de agua. Tras el lavado queda una pequeña goma de gluten (Hoseney, 1991).

El gluten es rico en residuos de cisteína que permite formar enlaces disulfuro intra e intermoleculares. Es durante el amasado, manual o mecánico, que las gluteninas y las gliadinas se desnaturalizan y establecen enlaces disulfuro y, mediante interacciones hidrofóbicas e hidrofílicas permiten que estos polímeros se orienten longitudinalmente; los esfuerzos mecánicos indican un intercambio de grupos azufrados entre las múltiples cisteínas. El resultado de este proceso es la formación de una red elástica y cohesiva necesaria para el esponjamiento ocasionado por la generación del CO<sub>2</sub> de la fermentación (Badui, 2006).

La tenacidad de las harinas se debe a la composición del gluten; las conocidas como fuertes producen masas cohesivas, que requieren tiempos de mezclado largos, y las llamadas débiles, que no desarrollan una estructura adecuada y la colapsan al amasarse. Es práctica común el empleo de agentes oxidantes y reductores para regular la cantidad de enlaces disulfuro cruzados que son parcialmente responsables de las propiedades reológicas de la masa. Los agentes oxidantes más utilizados los peróxidos, los bromatos, etc. Entre los reductores los sulfitos, la cisteína, el glutatión, etc. (Badui, 2006)

El trabajo de las albúminas y las globulinas del trigo desempeñan un papel importante en la formación de la costra del pan debido que favorecen las reacciones de oscurecimiento no enzimático responsable del color y el aroma típicos de estos productos. Cabe indicar que tanto las gliadinas como las gluteninas contienen una cantidad muy baja de lisina, ya que el 85% de este aminoácido se localiza en las albuminas y las globulinas (Badui, 2006).

El valor nutritivo del trigo y de los productos de trigo, se ha constituido como una fuente principal de alimento para la gran parte de la humanidad. En promedio la harina de trigo se componen aproximadamente de 74% de carbohidratos, 11 % de proteínas, 1.25% de lípidos, 0.4% de material mineral y diversas cantidades de vitamina B. El balance de proteína-aminoácido del trigo y de los productos del mismo es bueno. El aminoácido limitante es la lisina, pero la ingestión de 228g al día satisfaría esta deficiencia de lisina en la dieta promedio (Shellenberger, 1999).

La calidad panadera se mide por la capacidad de la harina para absorber agua y por la propiedad de producir piezas grandes y bien formadas. Esto último depende de la producción de gas, de la retención de éste y de las características físicas del gluten (extensibilidad y resistencia).

El calentamiento severo del trigo tiende a producir gluten más áspero y fuerte, es decir, menos elástico y extensible. La calidad panadera puede estropearse fácilmente por tratamiento demasiado severo con el calor, cuando se crea necesario, debe aplicarse a la harina mejor que al trigo.

La actividad enzimática se estimula con el aumento de humedad y temperatura, pero los acondicionamientos con humedades temperaturas y tiempos normales, no afectan en la actividad diastásica. La actividad proteolítica no es afectada por las temperaturas. Que se aplican en el acondicionamiento templado, aunque se pueden reducirse por el acondicionamiento caliente (Kent, 1987).

### 3.4 Soya

La soya presenta una composición excelente bajo el punto de vista nutritivo. La semilla contiene aproximadamente el 20% de aceite, y el 40% de proteínas, con una casi óptima composición de aminoácidos. El restante 40 % son carbohidratos (Quaglia, 1991).

En forma general, la soya está constituida por tres fracciones principales: la cascarilla, que presenta aproximadamente el 8% del peso total de la semilla, el hipocotilo 2% y el cotiledón 90%. En el cuadro 1 se muestra una composición promedio (Badui, 2006).

**Cuadro 1.** Composición de la soya y sus partes en base seca (%) (Badui, 2006)

	Proteína	Grasa	Hidratos de carbono	Cenizas	Constituyente de la semilla
Soya total	40	21	34	4.9	100
Cotiledón	43	23	29	5	90
Cascarilla	9	1	86	4.4	8
Hipocotilo	41	11	43	4.3	2

A diferencia de los cereales como el trigo, maíz, etc; que son abundantes en glutelinas y prolaminas, las proteínas de la soya y de otras oleaginosas son una mezcla heterogénea de globulinas (60 a 75% del total) y de albúminas. En general, las proteínas de las leguminosas son ricas en los aminoácidos indispensables, tales como la lisina, treonina, isoleucina, leucina, fenilalanina y valina; sin embargo, son deficientes en metionina y caseína. Algunos procesos de obtención aislados de proteína de soya a pH muy alcalinos provocan todavía una pérdida de dichos aminoácidos azufrados. Por su contenido de lisina, se ha sugerido usarlas como complemento de las proteínas de los cereales.

Las proteínas de la soya tienen la capacidad de formar geles, a través de varios mecanismos que implican ciclos de calentamiento-enfriamiento. Se ha demostrado que el calentamiento causa una ruptura irreversible de la estructura cuaternaria de la globulina.

Debido a su compleja estructura, estas fracciones proteínicas son muy sensibles a muchos agentes desnaturizantes, como los pH extremos, las temperaturas altas, las

concentraciones elevadas de disolventes y de sales. De todos estos el efecto del calor es más importante, ya que los tratamientos térmicos son las operaciones unitarias que más se emplean en la manufactura de los alimentos. La consecuencia de esto es, en una primera instancia, la reducción de la solubilidad de las proteínas, lo que puede llegar a inducir la gelificación. El calentamiento de las dispersiones de proteínas de soya en una concentración de 7% causa rápidamente la formación de geles. (Badui, 2006)

La harina de soya, sobre todo como concentrado, se ha utilizado como ingrediente en la industria del pan para aumentar la cantidad y mejorar la calidad de las proteínas del pan (Quaglia, 1991).

Para la producción de pan se ha experimentado con la posibilidad de añadir harina de soya hasta el 12%, con un incremento de hasta el 50% del contenido proteico.

En la panificación la harina de soya se usa comúnmente en cantidad comprendida entre 1-3% respecto a la harina de trigo. Las ventajas atribuidas a la harina de soya se pueden esquematizar así:

1. Prolongación de la conservación de los productos de horno como consecuencia de la:
  - Reducción de la velocidad de evaporación del agua de la miga;
  - Disminución del paso del agua del gel del almidón al gluten de la miga (endurecimiento);
  - Inhibición de las alteraciones de las grasas a causa del efecto antioxidante de los fosfatos de la soya (enranciamiento);
2. Mejora de la estructura de la miga por efecto de una expansión mas uniforme de la masa;
3. Confiere cuerpo o estabilidad a la miga;
4. Producción de una ,miga con estructura fina;
5. Aumento de la calidad nutricional de las proteínas de tal forma que el pan tenía un valor nutritivo o igual o superior al elaborado solo con trigo (Qu

### 3.5 Okara

Okara es el nombre que se le da a la pulpa residual obtenida una vez que se filtra el frijol molido mezclado con agua para obtener la leche de soya.

El okara es ligero y esponjoso, sabroso y nutritivo. Absorbe bien los sabores y da cuerpo a los vegetales salteados, sopas, panes y ensaladas.

El okara es de color beige claro y tiene una textura grumosa fina, algunas personas lo visualizan como arena de mar mojada. Constituye la fibra dietética vegetal de la soya (Kasai, 2004). El okara tiene la facilidad de podrirse esto es debido a que tiene una gran actividad de agua (O'Toole, 1999).

El okara se ha utilizado como sustituto de la harina de trigo para la elaboración de pan y de igual forma reemplazar la harina de soya para la producción de tofu (Ma, 1997).

La fibra del okara está constituida por los carbohidratos de las capas externas de la soya. Contiene baja digestibilidad, cerca del 17% de las proteínas originales de la soya, con un valor nutritivo alto. Absorción y retención de humedad (O'Toole, 1999).

#### 3.5.1 Composición del okara

Hay muchos informes que hablan sobre el análisis de los componentes de la okara que por lo general contienen lo siguiente que se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Composición química de la okara (%base seca).

<b>Proteína</b>	<b>26.8</b>
<b>Carbohidratos</b>	52.9
<b>Grasa</b>	12.3
<b>Fibra cruda</b>	14.5
<b>cenizas</b>	4.54

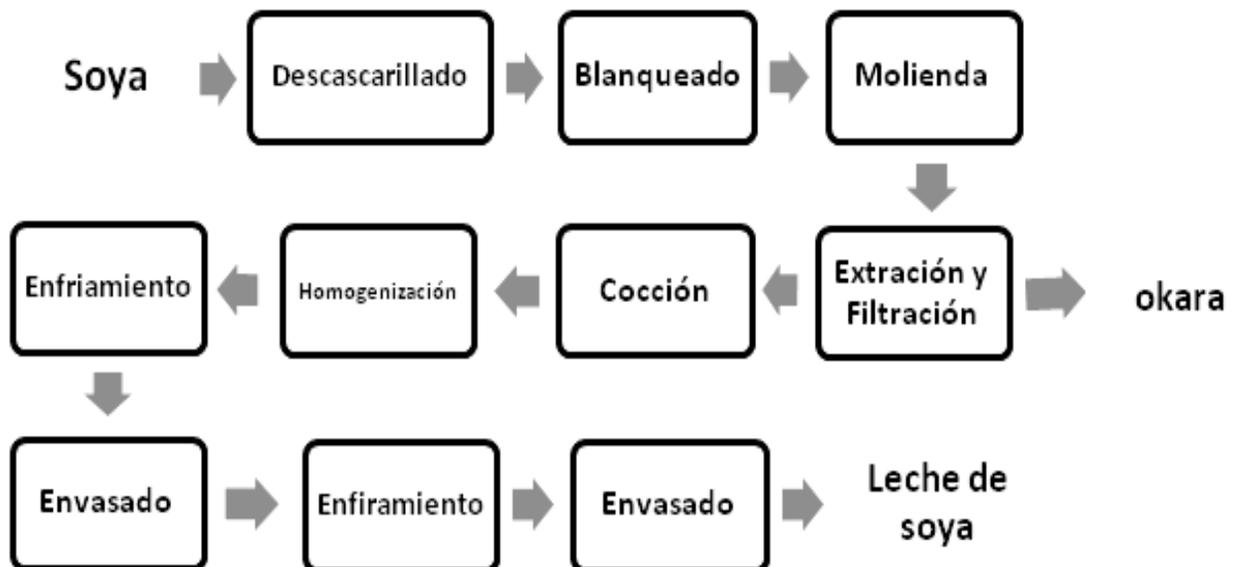
**Fuente:**(Kasai, 2004), (O'Toole, 1999), (Ma. C-Y., 1997)

### 3.5.2 Obtención del okara

Los pasos básicos para la preparación de una leche de soya, de alta calidad incluye limpieza y descascarillado de la soya, blanqueo de los cotiledones, molienda, extracción, cocción y formulación; homogenización, enfriamiento, empaque y refrigeración. (Pérez, 2004)

La leche de soya puede ser extraída del suero de soya removiendo las materias insolubles que son conocidas como residuos de soya u okara. Este puede completarse pasando el suero de soya a través de un extractor de rodillos y una criba separadora vibradora.

El okara o pasta lodosa tiene todavía proteína que puede ser extraída mezclando agua caliente y seguido de una segunda extracción y filtrado. El okara obtenido de la segunda extracción es mas seco que el de la primera operación, como es mostrado en la Figura1. El okara con un contenido de un 80% de humedad se considera deseable (Pérez, 2004).



**Figura 1.** Proceso de obtención de la leche de soya y okara (Pérez, 2004).

### **3.6 Otros componentes para productos de panificación.**

La leche, mantequilla y huevo, han sido los ingredientes tradicionales para los productos de panificación debido a sus excelentes propiedades de nutrición y también a su sabor.

#### **3.6.1 Leche**

En la leche completa reciente, los diminutos glóbulos de grasa están recubiertos por una película de proteína formando una emulsión que se puede separar con bastante facilidad del suero. El espectro de aminoácidos de las proteínas (caseína y albuminas) es muy valioso para la nutrición humana, y complementa a las proteínas derivadas de los cereales. Sin embargo, no es corriente considerar el valor nutritivo básico de las galletas excepto en aquellas formuladas especialmente con carácter dietético (por ejemplo, ricas en proteína cuando se utilizan caseinatos de leche) (Manley, 1989).

#### **3.6.2 Mantequilla**

La mantequilla se utiliza, tanto por su efecto antiaglomerante como por su sabor. Es mucho mas cara que otras grasas plastificadas, pero no hay duda de que su contribución al sabor, es muy sustancial.

El sabor de la mantequilla se complementa con vainilla y azúcar y en el transcurso de fabricación de la galleta, el sabor de la mantequilla horneada se exalta con tiempo corto de horno y alta temperatura (Manley, 1989).

#### **3.6.3 Huevo**

La yema de huevo es rica en grasa y lecitina, y son estos componentes, junto con el sabor los que han hecho del huevo un ingrediente tradicional de estos productos. Para la mayoría de las galletas, los huevos son demasiado caros, y la grasa y emulsionante se pueden obtener de otras fuentes, pero en los batidos para bizcocho de tipo <<Jaffa Cakes>> y galletas <<Boudoir>> en los que se precisa una espuma estable y el único otro saborizante es el azúcar, el delicado gusto del huevo es todavía muy valioso (Manley, 1989).

El comportamiento del huevo líquido completo en estos usos es variable, y se sabe que, tanto el huevo congelado como el desecado, se deterioran con el almacenamiento (Manley, 1989).

#### **3.6.4 Agente leudante**

Existen un sinnúmero de productos elaborado a partir de harina de trigo suave y agentes químicos leudantes. Esta materia prima es usada para manufacturar galletas dulces y saladas, pasteles, pancakes y productos a fines. A diferencia de la harina de trigos duros o panaderos, la harina de trigo suave está caracterizada por contener un bajo contenido de proteína, una menor granulometría y un más bajo de cenizas. Una vez que se hidrata, la harina de trigo suave absorbe menos agua, requiere menos tiempo de amasado y posee un gluten poco tenaz y muy elástico. Todas estas propiedades favorecen los procesos de manufactura de galletas, pasteles y productos relacionados.

El efecto leudante es resultante de la generación de bióxido de carbono por los agentes químicos, de las minúsculas burbujas de aire incorporado durante el amasado al batido y de la generación de vapor de agua durante la exposición de producto a las altas temperaturas del horno.

Los agentes químicos demoran menos tiempo en activarse, por lo tanto aceleran el proceso de fabricación de productos. Los agentes químicos leudantes generan gas una vez que son hidratados en un medio ligeramente ácido. El gas generado consiste principalmente en bióxido de carbono producido por el bicarbonato de sodio y otras sales ácidas. Las sales comúnmente mezcladas con el bicarbonato de sodio son el fosfato monocalcico, fosfato dicalcico, pirofosfato, etcétera. Existen tres clases de agentes químicos leudantes: los de acción rápida, los de acción lenta y los de doble efecto. Los de acción rápida liberan la mayoría del gas a temperatura ambiente (durante la etapa de hidratación y mezclado). Por lo contrario, los de acción lenta generalmente precisan de altas temperaturas para liberarla mayoría del gas, por lo tanto son muy efectivos durante el proceso de horneado. Los de acción doble son muy populares ya que generan importantes cantidades de gas durante las etapas de mezclado y horneado (Othón, 1996).

La liberación del CO<sub>2</sub> está regulada principalmente por el pH del sistema. Casi todos los polvos para hornear están constituidos por agentes químicos leudantes, acidulantes y un material inerte (generalmente almidón). La función del acidulante es desarrollar un desprendimiento controlado del bióxido de carbono. Una propiedad importante de los agentes leudantes es el llamado valor de neutralización, el cual se define como las partes de bicarbonato de sodio que se neutralizan con cien partes el agente químico leudante bajo condiciones normales de horneado (Othón, 1996).

#### Efectos sobre los productos horneados

Entre más rápido actúe el polvo de hornear, menor será la tolerancia de un batido o masa al mezclado. Como leudante de acción rápida, casi las tres cuartas partes del bióxido de carbono existente es liberado en el batido o la masa fría, mientras que con el SAS-fosfato, sólo se libera una tercera parte. Sólo del 20 al 30% del bióxido de carbono es liberado en el batido o masa fría, se retiene hasta el final de periodo de mezcla para esponjar el producto. Por esta razón, debe evitarse el movimiento innecesario constante de las mezclas de harina leudada con bicarbonato leche agria o crémor tártaro. El porcentaje del bióxido de carbono retenido, varía con la espesura de la mezcla no horneada. La cantidad de polvo de hornear utilizado en los panes rápidos generalmente varía de 1 a 2 cucharaditas por taza de harina. Se necesita menos para esponjar un producto cuando se incorpora una gran cantidad de aire en el batido o en la masa. Se requiere una menor cantidad de polvo de hornear en los batidos de pasteles en los que el aire se incorpora por medio de la grasa (Charley, 2005).

#### **4. Justificación**

- En el mundo, la producción de leche de soya está aumentando en los últimos años y el residuo “okara” que todavía contiene proteínas no está siendo utilizado. El “Grupo Industrial Cuadritos Biotek S.A. de C. V.” es la que se encarga de producir esta materia prima obteniendo 50 toneladas a la semana.
- Es por esta razón que se busca aprovechar ESTE IMPORTANTE DERIVADO, dado que los cereales son deficientes en aminoácidos esenciales.
- Haciendo de esto un alimento rico en proteína y fibra, que tienen una acción beneficiosa en varias enfermedades como el estreñimiento, el colesterol elevado,

el cáncer de colon, la diabetes tipo 2 y la obesidad, la ingesta de fibra oscilan entre 20 y 40 g/día.

## 5. Objetivo general:

- Desarrollar una harina adicionada con okara de buena calidad para elaborar hot-cakes.

### 5.1 Objetivos específicos:

- Realizar pruebas preliminares para elaborar hot-cakes a partir de harina de trigo.
- Establecer el nivel de incorporación adecuado de okara y harina de trigo para realizar hot-cakes a diferentes concentraciones.
- Elaborar hot-cakes y evaluar sus características fisicoquímicas.
- Determinar su valor nutricional.

## 6. Desarrollo experimental

En base a la formulación que se muestra en el cuadro 3. Se llevo acabo el nivel de sustitución de okara, la cual consta de 5 concentraciones diferentes 5, 10, 15 hasta 20% de okara.

**Cuadro 3.** Formulación estándar a base de harina de trigo para realizar hot-cakes.

INGREDIENTES	CANTIDAD	
	[g]	[%]
Harina de trigo (La Moderna)	150	36.9
Azúcar estándar	20	4.9
Sal	3	0.7
Polvo para hornear (Royal)	10	2.5
Huevo líquido	60	14.7
Leche líquida (Lala)	157	38.9
Aceite de soya (Nutrioli)	7	1.7
<b>Sumatoria</b>	<b>407</b>	<b>100.3</b>

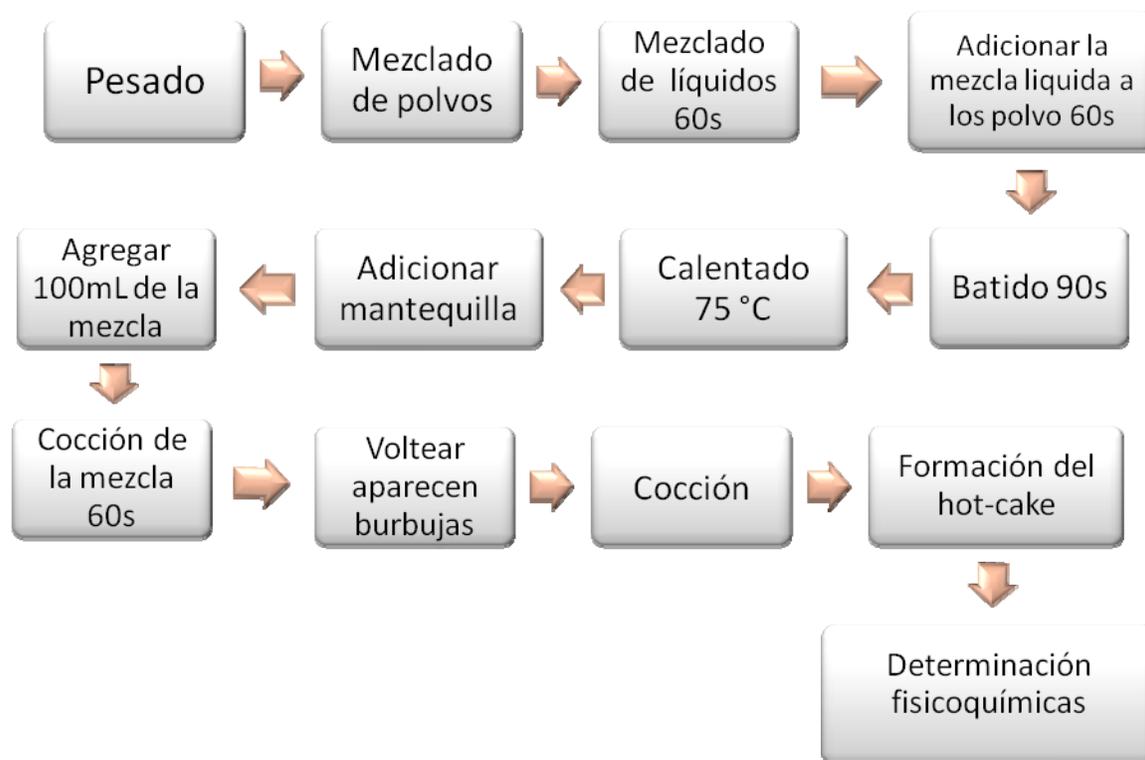
### **6.1 Elaboración de hot-cake con harina de trigo (testigo).**

- a)** Pesar en una balanza analítica todas las materias primas, tales como: harina de trigo, sal, polvo para hornear y azúcar, es decir todos los polvos.
- b)** Pesar la leche, el huevo y el aceite, de igual forma en una balanza analítica, los cuales se colocan en un recipiente de plástico.
- c)** Se mezclan los polvos, utilizando una batidora durante un minuto, y después los líquidos de igual forma durante 60s.
- d)** Se le adicionan los polvos a la mezcla líquida, y se comienza a batir durante 90s, hasta que la mezcla este homogénea.
- e)** Calentar un sartén a 75 °C, adicionar mantequilla hasta que se funda.
- f)** Se toma 100 mL de la mezcla para verterla en el sartén y esperar su cocción durante 60s, hasta que aparezcan burbujas en la masa se voltea.

### **6.2 Elaboración de hot-cake con harina de trigo y okara.**

- a)** Pesar en una balanza analítica todas las materias primas, tales como: harina de trigo, sal, polvo para hornear, azúcar y okara con un nivel de sustitución de harina de trigo (5, 10, 15 y 20%).
- b)** Pesar la leche, el huevo y el aceite, de igual forma en una balanza analítica, los cuales se colocan en un recipiente de plástico.
- c)** Se mezclan los polvos, utilizando una batidora durante 60s, y después los líquidos de igual forma durante 60s.
- d)** Se le adicionan los polvos a la mezcla líquida, y se comienza a batir durante 90s hasta que la mezcla este homogénea.
- e)** Calentar un sartén a 75 °C, adicionar mantequilla hasta que se desintegre.
- f)** Se toma 100mL de la mezcla para verterla en el sartén y esperar su cocción durante 60s, hasta que aparezcan burbujas en la masa se voltea.

### 6.3 Diagrama de bloques.



**Figura 2.** Diagrama de bloques para la elaboración de hot-cakes.

### 6.4 Materiales

- Okara, polvo (cuadritos biotek)
- Harina de trigo (La Moderna)
- Harina para hot cake (Gamesa)
- Polvo para hornear (Royal)
- Leche entera (Lala)
- Huevo líquido
- Mantequilla (Iberia)
- Azúcar estándar
- Sal
- Aceite de soya (Nutrioli)

### 6.5 Reactivos

- Agua Destilada
- Solución buffer pH 4
- Solución buffer pH

## 6.6 Equipo

- Termobalanza Sartorius MA45-000115V1
- Potenciómetro ThermoOrion 410
- Texturómetro Instron Universal 41026
- Batidora Braun MR 4050 CA
- Balanza granataría Brainweigh BI500D

## 7. Métodos

Prueba	Instrumento de medición	Referencia	Figura
<b>Diámetro</b>	Vernier	NOM-040-SCFI-1994,	
<b>Espesor</b>	Vernier	NOM-040-SCFI-1994,	
<b>Peso</b>	Balanza Brainweigh BI500D	NOM-010-SCFI-1994,	
<b>Humedad</b>	Termobalanza Sartorius MA45-000115V1	NMX-F-428-1982.	
<b>Textura</b>	Texturometro Instron Universal 41026	Análisis de los alimentos. Métodos analíticos de control de calidad. (Less, 1999)	
<b>Análisis de varianza</b>	Software	Universidad de Chile	

## 8. Resultados y discusión

A continuación se presentan los datos obtenidos en las diferentes evaluaciones que se realizaron a las diferentes formulaciones de hot-cakes, que se encuentran en el **cuadro 4**. Se utilizó un software que fue realizado por la Universidad de Chile, en el cual solo se introducen los datos y automáticamente arroja el análisis de varianza.

**Cuadro 4.** Determinaciones fisicoquímicas.

Formulación	Harina de trigo [%]	Okara [%]	Diámetro [cm]	Peso [g]	Espesor [cm]	Humedad [%]	Dureza [Kgf]
<b>A (Testigo)</b>	100	0	10.7	53.3	1.9	41.9	24.8
<b>B</b>	95	5	10.5	54.7	2.0	41.2	23.9
<b>C</b>	90	10	10.6	53.2	2.0	41.2	23.0
<b>D</b>	85	15	11.4	53.2	1.9	44.7	22.7
<b>E</b>	80	20	11.3	60.9	1.8	44.6	22.4

Como se puede observar en la tabla anterior, se hará un análisis en cuanto diámetro, peso, a estos se les puede denominar resultados subjetivos, esto es, que en el momento en el cual fueron vertidos en la sartén no se estandarizó la distancia ni la velocidad con la que se tenía que verter la mezcla, es por esta razón que se les puede denominar así, ya que si se vierte a una distancia corta el hot-cake tendrá un diámetro menor que si se vierte a una distancia mayor, al igual que el diámetro al peso le ocurre lo mismo ya que se tiene que tomar la muestra con un recipiente del mismo volumen para cada muestra.

Con respecto a los datos que se tienen el espesor se observa que en cada concentración tiene casi la misma tendencia, esto se puede atribuir al tipo de agente leudante que se utilizó que en este caso fue polvo para hornear (bicarbonato de sodio), ya que contiene ácido en solución que se combina con el bicarbonato, éste se disuelve en el líquido frío y el ácido libera rápidamente el dióxido de carbono del bicarbonato. Una sal del ácido se forma junto con el gas, este agente leudante es responsable de la esponjosidad de los productos de panificación y por tanto de los hot-cakes.

Otro factor que se le puede atribuir a este parámetro es las propiedades que tiene la harina del trigo ya que en este caso, el trigo solamente tiene la habilidad de formar el gluten, es decir, una masa fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y rendir por cocción un producto esponjoso, esto se atribuye fundamentalmente a las proteínas que se encuentran en el trigo y más concretamente a las gliadina (una prolamina) y glutenina que son las responsables de la formación de gluten.

Realizando un análisis con respecto a los parámetros de humedad y textura estos van de la mano, ya que la humedad es factor importante para la calidad del producto ya que entre mas cantidad de agua tenga el producto mas suave este va ser y por lo tanto una textura mas suave, como se puede observar en el cuadro 4 no indica que entre mayor sea la concentración de okara la humedad ira aumentando y el caso de la textura ira disminuyendo y así comprobando que el producto es mas suave, esto se puede atribuir las propiedades de la okara que es capaz de retener y absorber agua, ya que las proteínas presentes en la okara que son las albuminas y las globulinas contienen numerosas cadenas polares laterales junto con las uniones peptídicas, con lo cual hace hidrofílica a la proteína. Por lo tanto, las proteínas tienden a absorber y retener agua cuando están presentes en sistemas de alimentos. Ciertos sitios polares en las moléculas de las proteínas de la okara tales como los grupos carboxilo y amino son ionizables y por lo tanto, la polaridad es cambiada por las condiciones de pH.

**Cuadro 5.** Análisis de varianza (ANOVA)

<b>Determinación</b>	<b>F<sub>Calculada</sub></b>	<b>F<sub>Teórica al 1%</sub></b>	<b>F<sub>Teórica al 5%</sub></b>	<b>Diferencia significativa</b>
<b>Diámetro</b>	2.2174	4.18	2.76	No hay
<b>Peso</b>	1.9268	4.18	2.76	No hay
<b>Esponjosidad</b>	2.6816	4.18	2.76	No hay
<b>Humedad</b>	15.894	4.18	2.76	Si hay
<b>Textura</b>	1.6865	6.93	3.89	No hay

De acuerdo los datos arrojados que se encuentran en el cuadro 5, los cuales fueron sometidos a un tratamiento, llamado análisis de varianza (ANOVA). Este método indica que tan diferentes son las muestras entre sí, con errores del 1%, de esta forma se obtiene información, que ayuda a escoger la mejor formulación, y así trabajar sobre ella.

En la determinación de diámetro, se demostró que no hay diferencia significativa entre las muestras, esto es debido a que la razón (F) que es de 2.2174 (cuadro 5.3.1.3), y comparado con el dato teórico que es de 4.18 (Lincoln, 1985), el cual fue interpolado con los grados de libertad (cuadro 5.3.1.3),  $v_1=4$  y  $v_2=25$  al 1% de error, de esta forma demostrando que no hay diferencia significativa, ya que el valor teórico es mayor al calculado con el método de la (ANOVA). De la misma forma es calculada la F para un nivel de significancia al 5% que es de 2.76, deliberando de igual manera que no hay diferencia significativa.

Así mismo se llegó a la conclusión que para las muestras de peso con una  $F=1.9268$  y esponjosidad con una  $F=2.6816$ , no se encontró diferencia significativa, ya que como en el caso anterior las razones (F) son menores a las reportada en bibliografía,  $v_1=4$  y  $v_2=25$  al 1%  $F=4.18$ . (Lincoln, 1985)

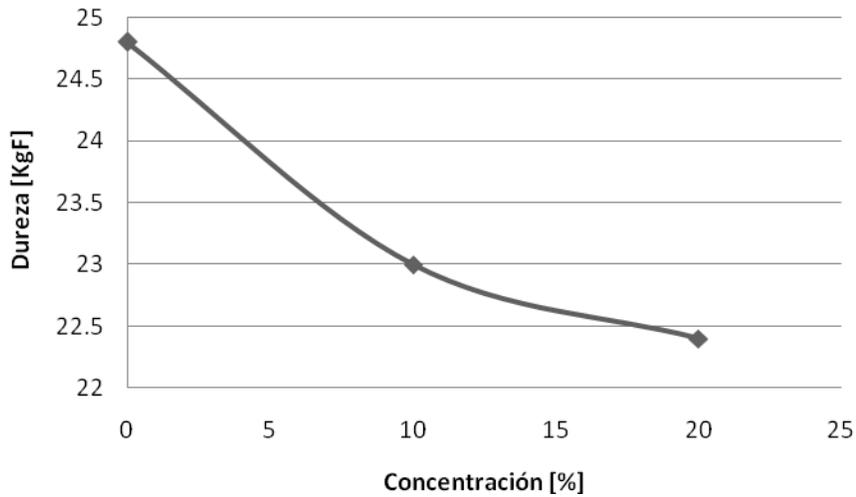
Para este caso de humedad se encontró una diferencia altamente significativa, ya que el análisis de varianza arrojó una  $F= 15.894$ , y comparando con la bibliografía que tiene una  $F_{0.01}=4.18$ , con  $v_1=4$  y  $v_2=25$  (Lincoln, 1985) nos indica que si existe, debido que el valor práctico es mayor al teórico, al igual que si se compara con la  $F_{0.05}=2.76$ , este es mucho menor al calculado, es por eso, que se llega a la misma conclusión que si existe una diferencia. Se llevó a cabo un método llamado “**Prueba HSD Tukey**”, para saber que muestras son diferentes entre sí.

### Prueba HSD Tukey HSD[.01]=2.3

Orden ascendente

M <sub>4</sub> = 44.7400	M <sub>1</sub> vs M <sub>2</sub>	no-significativo	M <sub>1</sub> -M <sub>2</sub> =	41.9983-41.263= 0.7353<HSD
M <sub>5</sub> = 44.6717	M <sub>1</sub> vs M <sub>3</sub>	no-significativo	M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub> =	41.9983-41.24=0.7553<HSD
M <sub>1</sub> = 41.9983	M <sub>1</sub> vs M <sub>4</sub>	P<.01	M <sub>1</sub> -M <sub>4</sub> =	41.9983-44.7400= 2.7417 >HSD
M <sub>2</sub> = 41.2630	M <sub>1</sub> vs M <sub>5</sub>	P<.01	M <sub>1</sub> -M <sub>5</sub> =	41.9983-44.6717= 2.6734 >HSD
M <sub>3</sub> = 41.2400	M <sub>2</sub> vs M <sub>3</sub>	no-significativo	M <sub>2</sub> -M <sub>3</sub> =	41.2630-41.2400=0.0230<HSD
	M <sub>2</sub> vs M <sub>4</sub>	P<.01	M <sub>2</sub> -M <sub>4</sub> =	41.2630-44.7400= 3.4770 >HSD
	M <sub>2</sub> vs M <sub>5</sub>	P<.01	M <sub>2</sub> -M <sub>5</sub> =	41.2630-44.6717= 3.4087 >HSD
	M <sub>3</sub> vs M <sub>4</sub>	P<.01	M <sub>3</sub> -M <sub>4</sub> =	41.2400-44.7400= 3.5000 >HSD
	M <sub>3</sub> vs M <sub>5</sub>	P<.01	M <sub>3</sub> -M <sub>5</sub> =	41.2400-44.6717= 3.4317 >HSD
	M <sub>4</sub> vs M <sub>5</sub>	no-significativo	M <sub>4</sub> -M <sub>5</sub> =	44.7400-44.6717=0-0683<HSD

De acuerdo con lo dicho anteriormente, y realizando un análisis interno entre la muestras, nos indica que entre M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, y M<sub>3</sub> no hay diferencia significativa en el % de humedad y tampoco entre M<sub>4</sub> y M<sub>5</sub>. El resto de las muestras presentaron diferencia significativa del 1% nivel de significancia, por el contenido de humedad que es mayor, lo cual nos conlleva a seleccionar las muestras M<sub>4</sub> y M<sub>5</sub>, debido a que entre mayor % de okara, este absorberá mucho mayor cantidad de agua, haciendo que el contenido de humedad se incremente, y por consecuente el producto sea mucho mejor, como por ejemplo se obtendrá un mayor rendimiento, y su textura será más suave, como ya se había mencionada anteriormente se atribuye a las propiedades que tiene la okara, ya que las proteínas presentes en la okara que son las albuminas y las globulinas contienen numerosas cadenas polares laterales junto con las uniones peptídicas, con lo cual hace hidrofílica a la proteína. Por lo tanto, las proteínas tienden a absorber y retener agua cuando están presentes en sistemas de alimentos.



**Figura 3.** Dureza contra concentración de okara.

Para el caso de la dureza de igual forma no se encontró diferencia significativa debido a que la  $F=1.6865$  calculada es menor que la teórica, que es de  $F_{0.01}=4.18$ , con  $v_1=4$  y  $v_2=25$  (Lincoln, 1985), esto es lo que nos permite saber si hay o no hay diferencia significativa. Con la  $F_{0.05}= 2.76$  pasa lo mismo no hay diferencia entre las muestras.

Otro punto importante, es el comportamiento de la okara, ya que entre mayor contenido de okara se tenga, los hot-cakes van adquirir una mayor suavidad como se muestra, es decir que al aplicarle la fuerza en el Texturometro, este fue trozado con una menor fuerza, se vuelve demostrar que el okara es un ingrediente viable de utilizar, ya que la okara tiene la propiedad de cohesividad y adherencia dándole cuerpo al producto haciéndolo mas suave.

**Cuadro 6.** Valor nutrimental (100g) para cada formulación.

<b>Formulación</b>	<b>Proteína [g]</b>	<b>Fibra [g]</b>	<b>Grasa [g]</b>	<b>Hidratos de carbono [g]</b>
<b>A(Testigo)</b>	25.807	5.25	14.217	133.706
<b>B</b>	27.472	5.647	15.043	131.388
<b>C</b>	29.137	6.045	15.87	129.071
<b>D</b>	30.802	6.442	16.696	126.753
<b>E</b>	32.467	6.84	17.523	124.436

Se realizaron cálculos para el valor nutrimental para cada una de las concentraciones el cálculo solo fue teórico, esto se llevó a cabo por medio de un software, en el cual se introducía toda la formulación y automáticamente arrojaba los valores nutrimentales.

## **9. Conclusiones**

- Se desarrolló una harina para hot-cakes adicionada con okara, este resultado fue satisfactorio debido que no hubo complicaciones e incorporándose adecuadamente.
- De igual forma se pudo desarrollar una formulación con solo harina de trigo para elaborar hot-cakes.
- Se llegó a la concentración ideal de harina de trigo-okara la cual es el 15 % de sustitución.
- Se hicieron determinaciones tanto físicas como fisicoquímicas a los hot-cakes, con estos datos se puede tomar la decisión de que concentración es con la que se va trabajar en un futuro.

- Al determinar el valor nutrimental en las mezclas para hot-cakes, nos indica que entre mayor sea la concentración de okara se va a aumentar el contenido de proteínas y fibra para cada uno de ellos.

## **10. Sugerencias**

- Realizar pruebas por arriba de 30% de sustitución de okara, para comprobar si efectivamente si el sabor de los hot-cakes no ha sido afectado.
- Determinar el pH a las mezclas, ya que la liberación de CO<sub>2</sub> es importante ya que esta regulada por el pH.
- Efectuar evaluación sensorial.
- Estandarizar la forma de verter la mezcla, para no tener variación en el y diámetro del hot-cakes.

## 11. Bibliografía

1. Badui, S. 2006. Química de los alimentos, 4ª ed., Editorial Pearson, México, P: 222-226, 634-635
2. Charley H. 2005. Tecnología de alimentos, Editorial Limusa grupo Noriega, México, P: 240, 245
3. Diario oficial de la federación 1999, Segunda sección/secretaría de salud. Reglamento de bienes y servicios, P:69
4. Hosney, R. 1991. Principios de ciencia y tecnología de los cereales, Editorial Acribia, Zaragoza España , P:74-75
5. Kasai, N. *et al.* 2004. Enzymatic High digestion of soybean milk residue (okara), Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52(18): 5709-5716
6. Kent. N. 1987. Tecnología de los cereales introducción para estudiantes de ciencia de los alimentos y agricultura, Editorial Acribia, Zaragoza España, P: 81-82
7. Lincoln, L. 1985. Introducción a la estadística, Editorial Compañía Editorial Continental, México, P:381-389
8. Ma, C.-Y *et al.* 1997. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (okara), Food Research International. 29(8): 799-805
9. Manley, D. 1989, Tecnología de la industria galletera, Editorial Acribia, Zaragoza España, P: 89 -95
10. NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos.
11. NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza).
12. O'Toole D. 1999. Characteristics and use of okara, the soybean residue from soymilk production a review, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47(2): 363
13. Ordoñez, J. 1998. Tecnología de los alimentos, Editorial Síntesis, España, P: 60-62, 66-67
14. Othón, S, 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AGT Editor S.A., México D.F. P: 248-250
15. Paucar, L. 2003. Influencia de la granulometría de la harina del residuo de la leche de soya "okara" en la elaboración de pan de molde. Brasil, Tesis de licenciatura de UNICAMP. P: 4

16. Pérez, X. 2004. Estudio de las características reológicas y nutricias de una tortilla elaborada con harina extrudida a partir de maíz y okara. México, D.F., Tesis de licenciatura de ENCB-IPN. P: 12, 14-15
17. Quaglia G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación, 2ª ed., Editorial Acribia, Zaragoza España, P:103-104
18. Quaglia, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación, 2ª ed., Editorial Acribia, España, P: 103-104
19. Shellenberger, J., Matz. 1983. Tecnología de cereales, cap.6, en “Elementos de tecnología de alimentos”, Dossier, N. (Ed.), Editorial Compañía Editorial Continental, México, D.F. P: 154-155

### **Paginas de internet**

- <http://www.parasaber.com/salud/nutricion-dietas/dieta-equilibrada/articulo/nutricion-dieta-fibra-realmente-sabes-beneficios/2441/>, fecha de consulta: 06/04/08
- [http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Okara\\_\(food\)&sa=X&oi=translate&resnum=5&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dokara%26hl%3Des](http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Okara_(food)&sa=X&oi=translate&resnum=5&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dokara%26hl%3Des), fecha de consulta: 10/11/07
- <http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Pancake&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dpancake%26hl%3Des%26sa%3DG>, fecha de consulta: 02/04/08
- [http://faculty.vassar.edu/lowry/anova1u\\_esp.html](http://faculty.vassar.edu/lowry/anova1u_esp.html), fecha de consulta: 21/03/08
- <http://www.enplenitud.com/nota.asp?notaid=10147>

# Anexo

## Determinación del Análisis de Varianza (ANOVA)

### a) Análisis de varianza para diámetro

Muestra	DIÁMETRO [cm]				
	TESTIGO	5%	10%	15%	20%
1	11.0	10.5	10.0	11.0	12.0
2	11.3	10.5	10.8	12.0	11.5
3	10.7	9.5	10.5	12.5	11.5
4	11.0	11.5	11.0	11.0	11.0
5	11.5	11.0	11.0	11.2	11.3
6	8.5	10.0	10.5	10.9	10.6

	Muestras					
	1	2	3	4	5	TOTAL
<b>N</b>	6	6	6	6	6	30
<b><math>\Sigma x</math></b>	64	63	63.8	68.6	67.9	327.3
<b>Promedio</b>	10.6	10.5	10.6	11.4	11.3	10.9
<b><math>\Sigma x^2</math></b>	688.6	664	679.1	786.5	769.5	3587.87
<b>Varianza</b>	1.2027	0.5	0.1467	0.4347	0.2297	0.5871
<b>Desviación estándar</b>	1.0967	0.7071	0.383	0.6593	0.4792	0.7662
<b>Error estándar</b>	0.4477	0.2887	0.1563	0.269	0.1956	0.1399

Fuente	SS	Grados de Libertad	MS	F
<b>Tratamiento [entre grupos]</b>	4.4587	4	1.1147	2.2174
<b>Error</b>	12.5683	25	0.5027	
<b>Total</b>	17.07	29		

b) Análisis de varianza para peso

Muestra	PESO [g]				
	TESTIGO	5%	10%	15%	20%
1	51.0	56.1	48.0	52.9	64.2
2	55.8	63.7	51.3	55.5	63.0
3	50.0	44.1	57.4	69.5	56.7
4	56.4	56.7	58.0	53.1	59.8
5	63.1	55.8	53.5	55.2	62.9
6	43.5	52.0	51.0	51.1	58.6

	Muestras					
	1	2	3	4	5	TOTAL
<b>N</b>	6	6	6	6	6	30
<b><math>\Sigma x</math></b>	319.8	328.4	319.2	337.3	365.2	1669.9
<b>Promedio</b>	53.3	54.7	53.2	56.2	60.9	55.7
<b><math>\Sigma x^2</math></b>	6.6	1818.2	17058	19187	22272	93968
<b>Varianza</b>	44.824	41.563	15.252	44.978	8.6867	35.031
<b>Desviación estándar</b>	6.6951	6.4469	3.9054	6.7065	2.9473	5.9187
<b>Error estándar</b>	2.7333	2.6319	1.5966	2.7379	1.2032	1.0806

Fuente	SS	Grados de Libertad	MS	F
Tratamiento [entre grupos]	239.3947	4	59.8587	1.9268
Error	776.515	25	31.0606	
Total	1015.91	29		

c) Análisis de varianza para esponjosidad

Muestra	ESPESOR [cm]				
	TESTIGO	5%	10%	15%	20%
1	1.9	2.1	2.0	1.7	1.7
2	2.0	2.1	2.0	2.0	1.5
3	1.9	1.9	2.0	1.5	1.8
4	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9
5	2.1	2.0	2.0	1.9	2.0
6	1.8	2.0	2.0	2.0	1.8

	Muestras					
	1	2	3	4	5	TOTAL
<b>N</b>	6	6	6	6	6	30
<b><math>\Sigma x</math></b>	11.4	12.0	12.0	11.1	10.7	57.2
<b>Promedio</b>	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.9
<b><math>\Sigma x^2</math></b>	21.76	24.04	24.00	20.75	19.23	109.78
<b>Varianza</b>	0.02	0.008	0	0.043	0.0297	0.0248
<b>Desviación estándar</b>	0.1414	0.0894	0	0.2074	0.1722	0.1574
<b>Error estándar</b>	0.0577	0.0365	0	0.0847	0.0703	0.0287

Fuente	SS	Grados de Libertad	MS	F
Tratamiento [entre grupos]	0.2154	4	0.0539	2.6816
Error	0.5033	25	0.0201	
Total	0.7187	29		

d) Determinación de dureza

Muestra	DUREZA [KgF]		
	TESTIGO	10%	20%
1	26	23	23
2	24.5	22.5	24.5
3	22.5	19	21
4	23	26	22
5	28	24.5	21.5

	Muestras			
	Testigo	10%	20%	TOTAL
<b>N</b>	5	5	5	15
<b><math>\Sigma x</math></b>	124	115	24.8	351
<b>Promedio</b>	24.8	23	22.4	23.4
<b><math>\Sigma x^2</math></b>	3095.5	2672.5	2516.5	8284.5
<b>Varianza</b>	5.075	6.875	1.925	5.0786
<b>Desviación estándar</b>	2.2528	2.622	1.3874	2.2536
<b>Error estándar</b>	1.0075	1.1726	0.6205	0.5819

Fuente	SS	Grados de Libertad	MS	F
<b>Tratamiento [entre grupos]</b>	15.6	2	7.8	1.6865
<b>Error</b>	55.5	12	4.625	
<b>Total</b>	71.1	14		

### **Determinación de textura. (Prueba del “Yunque de compresión”)**

- a)** Encender las dos unidades, penetrómetro y registrador. (Interruptores N° 1 y N° 2).
- b)** Dejar calentar un mínimo de 5 minutos.
- c)** Encender la plumilla (interruptor N° 3 “PEN”).
- d)** Llevar la plumilla a la posición 10 de escala con los botones de la sección “ZERO”. Para ello girar el anillo negro que está sobre el botón gris hacia la izquierda, esto es para liberar el botón. A continuación apretar el botón N° 4 con la mano derecha y girar el botón gris (N° 5) con la mano izquierda. Cuando la plumilla esté en la posición 10 de la escala, dejar de apretar el botón negro (N° 4) y colocar el segundo “LOCK” al botón gris (N° 5) girando el anillo negro que esta sobre el botón negro a mano derecha. (No se preocupe si la plumilla al final de esta operación se sale de la posición 10 de la escala).
- e)** Con el botón “FINE” (N° 6) de la sección “BALANCE” llevar la plumilla a la posición 10. Observar que este botón también está dotado de un anillo negro de seguridad “LOCK” el cual hay que girar a la izquierda para liberarlo y ala derecha para trancar el movimiento de botón.
- f)** Calibración: Con el botón de “FULL SCALE LOAD” (N° 7) en la posición adecuada. Colgar una pesa de 1 Kg por medio de una cuerda de la sección de penetración N° 8
- g)** Llevar la plumilla a la posición cero (0) de escala con el botón (N° 9) “CALIBRATION” (observar el anillo de seguridad).
- h)** Al quitar la pesa, la plumilla debe regresar a la posición 10. De no ser así debe comenzar de nuevo la calibración desde el punto 4.
- i)** Llevar la plumilla a la posición (0) de la escala, con el botón gris N° 5 de la sección “ZERO”.
- j)** Colocar las mordazas (6B CAPO-1,2 9372) y el aditamento adecuado para la determinación y la muestra, en la unidad de penetración N° 8.
- k)** Llevar la plumilla a la posición cero (0) de la escala con el botón (N° 6) “FINE” de la sección de “BALANCE”.
- l)** Calibración de la altura y desplazamiento de acuerdo a la muestra.
- m)** Colocar la placa correspondiente en el portaplacas (N° 16

- n) Colocar el switch N° 10 en la posición de “STOP”.
- o) Soltar los tornillos N° 11 (que queden libres sobre la varilla).
- p) Apretar el botón N° 12 “DOWN”. Cuando la aguja del penetrómetro llegue a la altura deseada apretar el botón N° 13 “STOP”.
- q) Subir el tornillo inferior N° 11 y apretarlo en la varilla.
- r) Apretar el botón N° 14 “UP”. Cuando el penetrómetro esté a la altura deseada que permita colocar la muestra, apretar el botón N° 13 “STOP”.
- s) Apretar el tornillo superior N° 11 en la varilla.
- t) Colocar el switch N° 10 en la posición “RETURN”.
- u) Colocar la muestra sobre la placa.
- v) Colocar un recipiente debajo de la placa para recoger los desperdicios.
- w) Apretar el botón N° 12 “DOWN” y seguidamente prender el switch N° 15 “CHART” (luz prendida), para que funcione el registrador.
- x) Desconectar el switch (N° 15) “CHART” cuando el penetrómetro haya subido y esté fuera de la muestra.

**NOTA:** Si la plumilla se sale de la escala, pase el botón (N° 7) “FULL”.