



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO**



INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**“ELABORACION DE GALLETAS CON HARINA
DESGRASADA DE *Jatropha curcas*”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PRESENTA

CISNEROS HERNANDEZ ULISES

DIRECTORA: DRA. NORMA GÜEMES VERA

ICAP-UAEH

Tulancingo de Bravo Hgo., 2011

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL -----	I
INDICE DE FIGURAS -----	III
INDICE DE TABLAS -----	IV
RESUMEN -----	V
I. INTRODUCCIÓN -----	1
II. OBJETIVOS -----	2
2.1. OBJETIVO GENERAL -----	2
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS -----	2
3.0. JUSTIFICACIÓN -----	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
3.1 Datos generales de <i>Jatropha curcas L.</i> -----	4
3.1.1 Localización Geográfica-----	5
3.1.2 Composición-----	5
3.1.3 Aprovechamiento-----	6
3.2 Galletas-----	7
3.3 Propiedades funcionales de los ingredientes para galletas-----	11
3.3.1 Harina de Trigo-----	11
3.3.2 Materia grasa-----	13
3.3.3 Mantequilla-----	14
3.3.4 Edulcorantes-----	15
3.3.5 Huevos-----	15
3.3.6 Agentes leudantes-----	16
3.3.7 Sal-----	20
3.3.8 Productos lácteos-----	20

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1 Establecimiento del experimento	20
4.2 Diseño del experimento	20
4.3 Obtención de la semilla.....	21
4.4 Obtención de la harina de semilla sin grasa	23
4.5 Proceso de elaboración de galletas	24
4.6 Factor de expansión de galletas	25
4.7 Determinación de proteína.....	26
4.8 Determinación de fibra cruda	27
4.9 Determinación de grasa	27
4.10 Determinación de humedad	28
4.11 Determinación de cenizas.....	28
4.12 Pruebas texturales para las masas	29
4.13 Prueba de adhesividad.....	29
4.14 Prueba de extensibilidad	30
4.15 Análisis sensorial	31
4.16 Análisis de resultados	32
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
5.1 Composición químico proximal de harina de trigo y de harina de <i>Jatropha curcas</i>	33
5.2 Análisis de perfil de textura de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones	34
5.3 Prueba de extensibilidad en masas elaboras con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones	37
5.4 Prueba de adhesividad en masas elaboras con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones	39
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES	43
VIII. LITERATURA CITADA	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Piñon silvestre <i>Jatropha curcas L.</i> -----	4
Figura 2. Gráfica de la producción de diferentes compañías galleteras de México -----	11
Figura 3. Vista esquemática de la extracción del piñon silvestre <i>Jatropha curcas L.</i> -----	22
Figura 4. Diagrama del proceso de obtención y molienda de las semillas de piñon -----	23
Figura 5. Diagrama del proceso de elaboración de galletas laminadas -----	25
Figura 6. Cuestionario utilizado para el análisis sensorial -----	31

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parametros para la clasificación de galletas semifina -----	13
Tabla 2. Acidulantes comunes -----	18
Tabla 3. Mezclas de masas de harina de Trigo adicionadas con harina de semilla de <i>Jatropha curcas L.</i> -----	21
Tabla 4. Análisis proximal de la harina de Trigo -----	33
Tabla 5. Análisis proximal de la semilla de <i>Jatropha curcas L.</i> -----	34
Tabla 6. Dureza de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	35
Tabla 7. Adhesividad de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	36
Tabla 8. Cohesividad de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	36
Tabla 9. Elasticidad de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	37
Tabla 10. Fuerza máxima de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	38
Tabla 11. Extensibilidad de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	38
Tabla 12. Fuerza cohesiva de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	39
Tabla 13. Elasticidad de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	40
Tabla 14. Cohesividad de masas elaboradas con harina de <i>Jatropha curcas</i> en diferentes concentraciones -----	40
Tabla 15. Análisis químico proximal de las galletas fortificadas con 5% de harina de <i>Jatropha curcas L.</i> -----	41
Tabla 16. Análisis sensorial de las galletas fortificadas con 5% de harina de harina de <i>Jatropha curcas L.</i> -----	41

RESUMEN

México es un país, rico en recursos naturales diversos, entre los cuales se pueden encontrar semillas, que por sus propiedades pueden aportar mejoras tecnológicas para la elaboración de productos de consumo popular como galletas; existen investigaciones recientes, que muestran que las harinas de *Jatropha curcas*, se pueden aprovechar para el consumo humano adicionada en estos productos. El objetivo de este trabajo fue el de obtener mezclas óptimas de harina de trigo y harina de *Jatropha curcas*, para elaborar galletas, evaluando las propiedades mecánicas de las masas y las galletas. El análisis químico proximal de las harinas demostró la existencia de un alto valor en proteína 31.1% en harina sin desgrasar, en la evaluación mecánica de las masas elaboradas con harina de *Jatropha curcas*, indicó la formula óptima para la elaboración de galletas, la dureza, la adhesividad, y la elasticidad de las galletas, el 15% de adición de harina de *Jatropha curcas* mostró el valor más cercano al tratamiento del testigo. En el parámetro de extensibilidad el porcentaje más cercano al testigo fue el tratamiento 1 y el tratamiento del 15% de adición, por esto resultados se elaboraron galletas con este porcentaje como la mezcla con mejores propiedades mecánicas, para la elaboración de estos productos.

I. INTRODUCCION

Las oleaginosas son muy valiosas para el ser humano y se distinguen del resto de las plantas comestibles, como los cereales, los granos y los tubérculos, porque sus frutos y semillas contienen un alto porcentaje de ácidos grasos o aceites comestibles, indispensables para la nutrición del ser humano, así como proteínas de alta calidad con la que fabrican alimentos para el consumo humano y pastas que se utilizan en el ámbito animal (García, 2008). Existe una gran variedad de oleaginosas que se utilizan de muy diversas maneras; por ejemplo, se disfrutan en forma natural, o bien, como la fibra textil del algodón y del lino, como tintura en el caso del cártamo o los aceites para combustibles. Sin embargo, el mayor provecho de estas semillas es para la obtención de: aceites y mantecas vegetales para cocinar, elaboración de pan, aderezos, frituras, nutracéuticos y pastas para la alimentación de animales de corral. Gracias a tecnologías innovadoras, con las oleaginosas se han creado productos y mercados para muchos subproductos comestibles y no comestibles que incluyen compuestos de uso farmacéutico, jabones, agroquímicos, barnices, plásticos y combustibles para automotores como el biodiesel (García, 2008). Los alimentos, son una fuente de nutrimentos que ayudan a conservar el funcionamiento adecuado en el organismo sano (Schneeman, 1999). El riesgo de déficit de nutrientes en poblaciones específicas y otros factores tales como el estilo de vida, los cambios demográficos y los nuevos hábitos alimenticios han dado lugar a situaciones en las cuales la ingesta de alimentos no puede ser suficiente para satisfacer los requerimientos de una población.

El desarrollo de un producto alimenticio, es importante desde el punto de vista en que los alimentos ricos en fibra y proteína, no solo proporcionan esto, si no también refuerzan las propiedades funcionales, para hacer que estos alimentos tengan buen sabor y calidad (Schneeman, 1999).

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las propiedades mecánicas de masas de harina de trigo adicionadas con harina de *Jatropha curcas*, para la elaboración de galletas.

2.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Caracterizar la harina de trigo y *Jatropha curcas* con análisis químico proximal.
- Analizar las propiedades mecánicas de las masas de harina de trigo adicionadas con harina de *Jatropha curcas*.
- Elaborar galletas con las mezclas optimas de harina de trigo adicionadas con *Jatropha curcas*.
- Realizar análisis químico proximal, sensorial y textura a las galletas elaboradas con harina de *Jatropha curcas*.

3.0. JUSTIFICACION

México es un país rico en recursos naturales diversos, entre los cuales se pueden encontrar semillas o granos como la *J. curcas*, es una planta que se encuentra en diferentes regiones del continente americano, incluidos México y el estado de Hidalgo, esta oleaginosa se caracteriza por tener ésteres de forbol que son compuestos tóxicos que se pueden eliminar con procesos tecnológicos, se han encontrado variedades que no los contienen y que se pueden utilizar en la elaboración de productos de consumo popular como los panes, y éstos aportan mejoras tecnológicas para la elaboración de éstos, existen investigaciones recientes (García y Flores 2008), que muestran que al adicionar concentraciones mínimas (2.5%) de harinas de *J. curcas*, mejora las propiedades nutritivas de los productos, mientras que al utilizar concentraciones altas (15%), no hay formación del producto, pero las masas reportan ser similares al testigo por sus propiedades mecánicas, por lo que en esta investigación se pretende mejorar estas propiedades al adicionar un concentrado de cebada, sin alterar las propiedades funcionales y sensoriales del producto.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Datos generales de *Jatropha curcas* L.

México es un país privilegiado, porque tiene recursos abundantes e inapreciables. Debido a su gran variedad de climas y suelos es posible el crecimiento de tipos de flora muy diversos, una de ellas es el piñón o piñoncillo (*Jatropha curcas* L.). Esta planta (figura 1) es un miembro de la familia de las *Euphorbiaceae* que se localiza en climas tropicales y semitropicales, es originaria de América central y llega a medir de 1 a 8 m, en altitudes que van desde 5 a 1500 msnm; crece en suelos pobres y arenosos, es resistente a la sequía y la semilla posee un importante contenido de proteína (25-30%) y grasa (55-60%). El centro de origen de esta es México y Centroamérica (Vinayak, 2008).



Figura 1 Piñón silvestre *Jatropha curcas* L.

La *Jatropha curcas* L., actualmente está distribuida en varias partes del mundo, como consecuencia de habérsela llevado los españoles a Portugal, país desde el cual fue llevada a Asia y África, como sucedió con otros productos bióticos de origen netamente mexicanos. Actualmente la planta de *Jatropha curcas* L., está siendo cultivada en estos lugares, con la finalidad de transformar el aceite en biodiesel. En

México se conoce como piñón o piñoncillo, por los pobladores del estado de Veracruz o Sibil-té por los mayas en la península de Yucatán (Martínez, 2008).

3.1.1 Localización geográfica de *Jatropha curcas* L.

La distribución de la especie se localiza en la República Mexicana en los estados de Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. La planta empieza a producir de manera rentable desde el primer año, su rendimiento se incrementa anualmente durante los primeros cinco años y a partir de ahí se estabiliza. El rendimiento por hectárea es de cinco toneladas de semilla, de las cuales dos toneladas son de aceite y una tonelada es de pasta residual, rica en proteína (60%) (Martínez, 2008).

Esta planta ha sido considerada tóxica pues se ha encontrado en la semilla la presencia de alcaloides conocidos como ésteres de forbol, que provocan el efecto purgante y algunos otros síntomas. Solamente en México, se han encontrado variedades no tóxicas, las cuales son consumidas después de tostar y en la preparación de platillos tradicionales por los pobladores de la región de Papantla en Veracruz, Othón P. Blanco en Querétaro, Pueblillo en Veracruz y Huitzilán en Puebla (Martínez, 2008).

Desde hace 4 años se han desarrollado investigaciones acerca de la planta de *Jatropha curcas* L., donde se ha llevado a cabo el estudio de diversidad genética y nutricional del piñón en la República Mexicana, colectando e identificando zonas en donde esta planta se encuentra, debido a que en ciertos estados ha sido desplazada y escasamente es encontrada (Martínez, 2008).

3.1.2 Composición de *Jatropha curcas* L.

Hasta este momento, se han caracterizado nutricionalmente a las semillas de *Jatropha curcas* L., provenientes de los estados de Veracruz (Castillo de Teayo,

Pueblillo, Coatzacoalcos) y Morelos (Yautepec). Cabe señalar, que presentan un alto contenido de proteína (30-35%) y grasa (55-60%) en todas las muestras analizadas. Los ácidos grasos mayoritarios en el piñón son el ácido oleico y linoleico con valores superiores al 40% cada uno. Los factores no nutritivos y/o tóxicos identificados en la harina desgrasada de *Jatropha curcas L.*, han sido, los inhibidores de tripsina, lecitinas, fitatos, saponinas y esteres de forbol (Martínez, 2008).

Es importante resaltar que en las semillas y el aceite de las muestras de Castillo de Teayo, Pueblillo y Yautepec no se han presentado ésteres de forbol considerándose por ello como “no tóxicas” y sólo la semilla proveniente de Coatzacoalcos es tóxica. Al mismo tiempo, se han realizado estudios para la propagación del piñón mediante pruebas de germinación y estacas en varios invernaderos con resultados importantes (Martínez, 2008).

3.1.3 Aprovechamiento de *Jatropha curcas L.*

En Morelos esta planta crece también de forma silvestre, se ha localizado en Yautepec, Sierra de Tepoztlán y Jiutepec. Sin embargo, solo ha sido usada como cerca viva o para proteger terrenos de la erosión (Martínez, 2008).

La planta de *Jatropha curcas L.*, tiene un alto potencial agroindustrial, la pasta residual rica en proteína (60-65%), después de la extracción del aceite, podría ser transformada en un excelente alimento balanceado para aves, ganado e incluso peces y humanos. El aceite puede ser empleado como sustituto del diesel, al transformarse en biodiesel, producto que tiene demanda en los Estados Unidos y Europa (Martínez, 2008).

Asimismo, la planta puede ser una excelente alternativa en la reforestación de zonas erosionadas, para los agricultores que se encuentran en regiones en donde sus cultivos han perdido su valor comercial y para aquellas tierras que no son aptas para cultivo o inclusive como cultivo alternativo. Por todo lo anterior, *Jatropha curcas L.*, es

una planta promisorio para su aprovechamiento en toda la República Mexicana (Martínez, 2008).

3.2 Galletas

La fabricación de galletas constituye un sector sustancial de la industria de la alimentación. Está bien arraigada en todos los países industrializados rápida expansión en las zonas del mundo en desarrollo. La principal atracción de la galletería es la gran variedad de éstas. Son alimentos convenientemente nutritivos con gran margen de conservación. La principal desventaja para algunos países es que la confección de la galleta, se basa en la harina de trigo y la adquisición de este cereal puede no resultar barata (Duncan 1983).

Las galletas, por su naturaleza, son productos alimenticios cuyo consumo encaja preferentemente en el desayuno, la merienda o en pequeñas colaciones (lo que comúnmente denominamos "picar"), ya que suponen un aporte de energía modulable en unos momentos determinados del día que así lo exigen (Duncan 1983).

En los niños y adolescentes, así como en los ancianos, existen además recomendaciones específicas de una cierta ingesta energética a media tarde, en forma de merienda. Es bueno, por lo tanto, considerar también el papel de las galletas en este tipo de colaciones (Brines, 1999).

Las principales poblaciones consumidoras y los momentos del día u ocasiones para su consumo son:

Niños, adolescentes y ancianos: Desayunos y meriendas. Las galletas pueden tener un papel fundamental en el aporte de energía e hidratos de carbono de estas dos comidas, que son de gran importancia desde el punto de vista del reparto de ingesta a lo largo del día, y que a menudo son poco consideradas, con lo que resulta un aporte deficiente de nutrientes durante largos periodos del día. Las recomendaciones para la merienda son claras para todas las edades (Brines, 1999).

Así, las galletas pueden ser un buen elemento que facilita la ingestión rápida, concentrada y agradable de este tipo de energía. Igualmente, aunque con unas exigencias inferiores, algunas actividades de nuestro tiempo libre, principalmente los viajes, son un ejemplo de situación en la que las galletas pueden ser útiles como sistema para llevar encima, de una forma cómoda, algún producto para *picar* que suponga un aporte beneficioso de energía, fácil de modular por el pequeño tamaño de sus unidades (Brines, 1999).

Existen dos tipos de galletas, la galleta estándar, que se consume todo el año a nivel masivo, y las galletas premium sólo consumidas por los estratos socioeconómicos que gozan de rentas más altas y en ocasiones especiales.

Estableciendo agrupamientos de diferentes formas, basados en la textura o dureza del producto, en el cambio de forma dentro del horno, en la extensibilidad o cualquier otra particularidad de la masa o en las diferentes formas de trabajar antes de formar las piezas.

De acuerdo a las cantidades de grasa y agua las galletas se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Water biscuits y crackers sodadas
2. Crackers de crema
3. Cabin biscuits
4. Crackers saborizadas
5. Semi-dulces/dulces
6. Continentales semi-dulces
7. Masa antiaglutinantes (moldeadas)
8. Tipos extruidos
9. Masas antiaglutinantes (laminadas)

Superpuestas a esta disposición de los tipos, basada en el enriquecimiento de las recetas con grasa y azúcar, aparecen algunas peculiaridades que tienden a hacer estos productos más variados. Así, la disposición de capas de grasa entre la masa para hacer hojaldres, se practica en los productos bajos en azúcar; el

establecimiento de capas de fruta entre masa; la decoración de la superficie de las piezas con sal, azúcar, frutos secos, clara de huevo, etc., mejora el aspecto y el sabor.

Después de hornear, se pueden rociar los productos con grasa o hacer “sándwiches” con cremas dulces o grasa saborizada.

Es interesante observar que prácticamente, todos estos horneados, tienen orígenes muy antiguos, siendo productos caseros antes de que las fábricas comenzaran la producción a nivel industrial. Esto sorprende si se consideran las posibilidades en el sentido de instalaciones mecánicas y la cantidad de desarrollos que ha permitido la mecanización en otros campos no alimentarios. La industria de los productos horneados tiene firmes fundamentos artesanales y la inventiva técnica de los ingenieros, no es muy patente todavía a lo que se refiere tipos de horneados. El tratamiento de los ingredientes, suele ser mera mecanización de los métodos manuales pasados y no se suelen cuestionar con suficiente frecuencia las razones por las que un determinado proceso se realiza de una forma determinada.

Hay, sin embargo, un desarrollo espectacular que tiene que ser atribuido a la ingeniería de procesado de alimentos. Se trata de la producción de otros alimentos basados en cereales, usando hornos de extrusión. En la actualidad se están explorando los límites de las recetas que pueden realizarse con estas máquinas de tornillo a alta presión, y los progresos en este campo serán el resultado de la ingeniería.

En general, las galletas son productos elaborados con trigo suave y se caracterizan por incluir en sus formulaciones, elevados contenidos de azúcar, materia grasa y relativamente poca o nula cantidad de agua, en comparación con el pan. La diversidad de estos productos es muy amplia, por lo que la Dirección General de Normas las ha definido como “el producto elaborado con harina de trigo, avena, centeno, harinas integrales, azúcares, grasa vegetal o aceites vegetales comestibles, agentes leudantes, sal yodada; adicionados o no de ingredientes y aditivos alimentarios autorizados por la Secretaría de Salud, los que se someten a un proceso de amasado, moldeado y horneado. Estos productos se clasifican en:

1. Galletas finas
2. Galletas entrefinas
3. Galletas comerciales

Sin embargo, la industria galletera nacional clasifica sus productos como: galletas laminadas, realizadas, de alambre o gota y fermentadas; dicha clasificación está de acuerdo con el proceso y equipo utilizado, íntimamente relacionados con la cantidad y tipo de ingredientes. Debiendo señalar que existe correlación de dichos productos y los establecidos por la DGN.

El mercado de las galletas en México, el cual está segmentado en dulces, saladas y saludables, vende 500 mil toneladas de producto al año que representa alrededor de 2 mil millones de dólares.

El consumo anual de galletas y artículos de confitería es de 4.5 Kg por persona y el de snacks, aperitivos y frutos secos de 3.28 Kg per cápita. Las galletas dulces participan con más del 15 % de las importaciones mexicanas de confitería y han presentado fuertes crecimientos. El año pasado, Cuétara vendió en México 5,600 toneladas de galletas.

El mercado galletero en México se ha contenido en unas cuantas industrias que día con día compiten y se preocupan por la calidad que se ofrece al consumidor, sin embargo, por la trayectoria con la que cuentan estas empresas es muy difícil conseguir la penetración de una nueva línea galletera al mercado mexicano ya que sería inútil competir con el precio de producción así como la calidad que proporcionan estas empresas. La figura 2 nos muestran la participación que se tiene de cada una de las industrias en la producción nacional teniendo una mayor proporción la línea Gamesa seguido del consorcio Bimbo los cuales han dejado un pequeño espacio para las demás empresas las cuales poco a poco están compitiendo para obtener una mayor participación en el mercado galletero.



Figura 2. Grafica de la producción de diferentes compañías galleteras en México

3.3 PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS INGREDIENTES PARA GALLETAS

3.3.1 Harina de trigo

El trigo es el único cereal que da como resultado, productos de baja densidad, integrados por vesículas finas y uniformes y con una textura suave y elástica. La harina de trigo permite desarrollar masas aptas para ser sometidas a procesos manuales o mecánicos en la obtención de productos horneados. Provee los principales elementos estructurales de la mayoría de las galletas.

Como la harina de trigo es el principal componente de casi todas las galletas y como sus propiedades varían de una variedad a otra, de estación en estación, y en función

del tipo de suelo y fertilizantes empleados, su calidad es considerada fundamental en la industria de los productos horneados. Por lo tanto, es necesario tomar en cuenta:

1. Los tipos de trigo
2. La producción de harina (molienda)
3. La cantidad de cenizas y color de la harina
4. La riqueza proteica de la harina y su calidad
5. La presencia de almidón dañado
6. La experiencia del molinero
7. La humedad de la harina
8. Las materias extrañas en la harina

Un aspecto importante para el panadero es la constancia de la calidad, pues dentro de límites amplios se puede ajustar la receta o el método para amoldarse a la harina a utilizar. Es preferible mantenerse con el mismo tipo de harina de una fábrica para cada receta de galletas, que cambiar ni siquiera por razones financieras.

La harina obtenida industrialmente se clasifica de acuerdo a su fuerza. Esta no necesariamente es una ventaja para algunos productos, ya que una harina fuerte no es recomendable en todos los procesos. La expansión y apariencia de galletas elaboradas con trigos suaves y duros ha dado mejores características al utilizar los primeros, que poseen poca fuerza.

Los procedimientos utilizados para la evaluación de harinas para galletas están dados por el Comité de la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC).

Otras características importantes de la harina que deben considerarse en la elaboración de galletas son el tamaño de la partícula y el daño que presenta el almidón. Para la elaboración de galletas se prefieren las harinas de trigos suaves, que presentan bajos contenidos de almidón dañado, ya que este absorbe agua en exceso, disminuyendo la cantidad de agua libre en una masa para galletas. Los productos de este tipo contienen 3 % de humedad, por lo que la remoción del exceso

de agua si hubiera una mayor absorción, requeriría mayores temperaturas y/o tiempos de horneado. Todos estos parámetros juegan un papel importante en las características del producto terminado que puede ser evaluado a través del factor galletero (FG).

De acuerdo con la DGN, la harina de trigo es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado de granos de trigos sanos, limpios, enteros o quebrados sin cáscara con un 73% de extracción mínima, adicionado o no de los aditivos permitidos.

La clasificada como semifina (Grado II) es apta para galletas y sus especificaciones se presentan a continuación:

Tabla 1. Parámetros para la clasificación de galletas semifina (grado II).

Componentes químicos	%
Humedad	14.0
Proteínas (F 5.7)	9.0
Cenizas (máx.)	0.4 – 1.0
Fibra cruda	0.2 – 0.6
Gluten húmedo	29.7
Granulometría	Variable

3.3.2 Materia Grasa

Las grasas se utilizan tanto en la masa como en forma de rociado superficial y en los rellenos de crema y en cubiertas como las de chocolate. En menor grado, también se utilizan como agentes antiadherentes en las charolas para hornear.

En la masa tienen la misión de de antiaglutinante y funciones de textura, de forma que las galletas resultan menos duras de lo que sería sin ellas, y en las cremas de relleno y en las cubiertas, funcionan como portadores firmes que permiten

proporcionar buen sabor al paladar. Durante el amasado hay una competencia por la superficie de la harina entre la fase acuosa y la grasa. El agua o disolución azucarada, interacciona con la proteína de la harina para crear el gluten que forma una red cohesiva y extensible. Cuando algo de grasa cubre la harina, esta estructura es interrumpida y en cuanto a las propiedades comestibles, después del procesamiento, resulta menos áspera, mas fragmentable y con mas tendencia a deshacerse en la boca. Si el nivel de grasa es alto, la función lubricante en la masa es tan pronunciada que se necesita muy poca agua para conseguir la consistencia deseada, se forma poco gluten y el hinchamiento del almidón y la gelificación se reduce también resultando una textura muy blanda. Cuando el nivel de azúcar es alto, la grasa se mezcla en el horno con la disolución azucarada impidiendo que se transforme en una masa vítrea y dura al enfriarse.

Otra de las propiedades de la grasa es ayudar a retener el bióxido de carbono producido por los leudantes químicos.

La mantequilla confiere a los productos elaborados un mejor sabor, aunque su elevado precio puede ser una limitante para su uso. La margarina es una grasa que actualmente sustituye en gran medida a la primera por su precio accesible. Los aceites vegetales son muy usados en galletería para corregir la ruptura de estos productos.

3.3.3 Mantequilla

La mantequilla se utiliza tanto por su efecto antiaglomerante, como por su sabor tan característico. La calidad de la mantequilla varía según su origen y que contenga suero, así como su elaboración con levaduras lácticas.

El sabor de la mantequilla se complementa con vainilla y azúcar y en el transcurso de la fabricación de la galleta. Este sabor de la mantequilla horneada se exalta con el tiempo corto de horno y alta temperatura. A temperatura ambiente la mantequilla se enrancia con bastante rapidez, pero una vez cocida en una galleta, el azúcar actúa como antioxidante eficaz retrasando el enranciamiento (Duncan, 1983).

3.3.4 Edulcorantes

Estos contribuyen al sabor y color del producto. La cantidad total de los azúcares de la masa procede de los contenidos en la harina, la leche y de los añadidos como ingredientes complementarios. Los tipos de edulcorante pueden ser:

Azúcar granulada: debe tener un tamaño de partícula bien definido, lo que repercute en la incorporación uniforme y solubilidad durante el mezclado de las masas.

Azúcar pulverizada: produce una crema suave y homogénea, y aumenta la expansión del producto. Sin embargo, su uso principal es limitado. Es azúcar granulada a la cual se le ha reducido su tamaño de partícula.

Existen otros edulcorantes empleados como: azúcar morena, melaza, jarabes, y miel para modificar sabor y variedad en los productos (Duncan, 1983).

3.3.5 Huevos

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.

El huevo es un medio ideal para el cultivo de microorganismos, por tanto, hay que poner gran cuidado en la limpieza y esterilización de los utensilios que van a estar en su contacto. Los organismos patógenos como Salmonella, se destruyen por pasteurización, y todos los microorganismos mueren al cocer las masas.

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 estas galletas, los huevos son demasiado caros, y la grasa y el emulsionante pueden obtenerse de otras fuentes. 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.

Una amplia variedad de productos de sólidos de huevo se encuentran en el mercado; comercialmente se encuentran yemas congeladas, huevo entero, claras y yemas deshidratadas.

La proteína del huevo coagula durante el horneado, contribuyendo significativamente en la conformación de la estructura del producto. El huevo entero se emplea en la elaboración de galletas, aunque algunas formulaciones solo emplean las yemas, dando consecuentemente productos más suaves, dando su alto contenido de grasa.

La importancia de la clara radica en su capacidad espumante, que, al batirse, parte de la proteína coagula, formando una red que atrapa aire y, por tanto, aumenta el volumen (Duncan, 1983).

3.3.6 Agentes leudantes

En galletería, los leudantes predominantemente empleados son los químicos. La estructura de los productos horneados se torna esponjosa o ligera y porosa, por acción de la presión interna o expansión de tres agentes gaseosos: aire, vapor y bióxido de carbono.

Aire: la introducción de este en la mezcla o masa se consigue físicamente por la incorporación de los ingredientes, la adición de huevo batido, la agitación del azúcar y la grasa hasta darles consistencia cremosa.

Vapor: el calor del horno convierte cierta parte del líquido de la mezcla en vapor que permanece en las celdillas de la masa, las dilata, produciendo un aumento de volumen.

Bióxido de carbono: este gas es producido por un grupo de sales predominantemente inorgánicas que añadidas a la masa, bien una sola, o en combinación, reaccionan produciendo gases que forman los núcleos para el

desarrollo de la textura dentro de la galleta. La mayoría de estas sales dejan residuos en la masa que afectan el PH final y quizás también al sabor. Las reacciones son desencadenadas por el calor y/o humedad y la presencia del bicarbonato de sodio y bicarbonato de amonio.

La popularidad del bicarbonato de sodio se debe a su bajo costo, inocuidad, facilidad de manejo y a que no imparte sabor en cantidades normales. Se recomienda incorporarlo en forma seca y en el último paso de la mezcla de la masa, asegurando con ello que su acción total tendrá lugar en el horno.

En presencia de humedad, el bicarbonato reacciona con cualquier sustancia acida, produciendo anhídrido carbónico, al formarse la correspondiente sal sódica y agua. En ausencia de sustancias acidas, al calentarse, el bicarbonato libera algo de bióxido de carbono y permanecerá como carbonato de sodio.

Como muchos ingredientes incluyendo la harina, tienen reacciones acidas, suele resultar conveniente usar bicarbonato de sodio para ajustar el PH de la masa y de las piezas resultantes.

Cuando se necesita el bióxido de carbono liberado, como agente leudante, lo mejor es mantenerlo apartado de los demás ingredientes mientras se pueda.

El exceso de bicarbonato de sodio provoca reacción alcalina en las piezas, con interior amarillento y coloración en la superficie impartiendo sabor desagradable. Estos valores de PH altos pueden producir también sabores “jabonosos” producidos por la reacción con las grasas.

Bicarbonato de amonio: este agente se descompone completamente por el calor desprendiendo bióxido de carbono, amoniaco gaseoso y agua; se disuelve muy rápidamente, pero es muy alcalina, produciendo masas blandas que requieren menos agua para una consistencia determinada.

El olor amoniacal es retenido, cuando el contenido de agua en el producto es elevado. El uso de esta sal, mezclada con bicarbonato de sodio, es común en productos horneados. La ventaja del bicarbonato de amonio es su menor solubilidad a bajas temperaturas, por lo tanto, se garantiza una producción constante de gas durante el horneado, al emplear los dos agentes de mezcla.

El bicarbonato de potasio se ha destinado para usar en dietas libres de sodio, pero es muy giroscópico e imparte sabor amargo a los alimentos.

La levadura artificial es una mezcla de bicarbonato de sodio con un ácido tal como el cítrico o el tartárico, o una sal que se disocia para dar reacción ácida en disolución. El objetivo de esta mezcla de sustancias es producir burbujas de gas carbónico, bien antes en la cocción, o más particularmente al calentarse la pieza en el horno. Estas burbujas de gas forman focos de nucleación para la posterior expansión ya que el gas se calienta y la presión del vapor de agua sube durante la cocción. Es importante, por lo tanto, que las burbujas sean numerosas y pequeñas para que se produzca la textura homogénea y fina. En la tabla 2 muestra una lista de acidulantes comunes.

Tabla 2. Acidulantes comunes

ACIDULANTE	FORMULA QUIMICA	VELOCIDAD REACCION	DE PARTES NECESARIAS PARA NEUTRALIZAR UNA DE CO ₃ HNa
Ortofosfato mono cálcico monohidratado	Ca (H ₂ (PO ₄) ₂ H ₂ O	Rápida	1.25
Fosfato ácido de calcio			
Fosfato monocalcico			
Bitartrato potasico	KHC ₄ H ₄ O ₆	Mediana	2.25
Tartrato ácido de potasio			
Cremor tartaro	Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇	Media	1.33
Pirofosfato ácido de sódio			

Fosfato aluminico sodico acido hidratado	$\text{NaH}_{14} \text{Al}_3 (\text{PO}_4)_8 4\text{H}_2\text{O}$	Lenta	1.0
Gluconadeltalactona	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6$	Lenta	2.12
Acido adípico	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$	Lenta	0.87

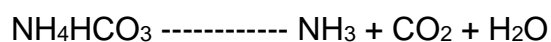
Los ácidos que participan en el leudado promueven una evolución controlada y completa del CO_2 en la masa. Cuando se adiciona bicarbonato de sodio a la masa, se produce gas a un volumen apreciable por lo menos al principio, debido a que la masa generalmente tiene un pH 5-6. En ausencia de ácidos agregados, el pH de la masa se vuelve alcalino rápidamente y la producción de gas disminuye.

Los ácidos más empleados son: pirofosfato acido de sodio, fosfato monocálcico, fosfato doble de amonio, crémor tártaro y ácido tartárico.

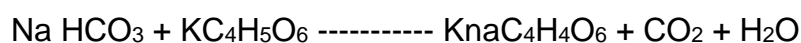
A continuación, se incluyen algunas de las reacciones químicas que ocurren entre los leudantes químicos y el medio en que se incorporan:



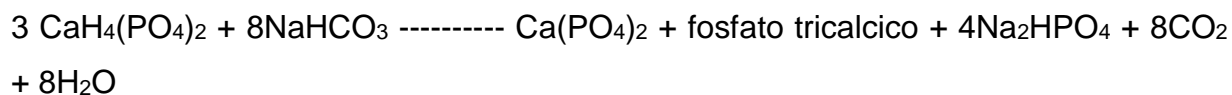
Bicarbonato de sódio



Bicarbonato de amônio



Bicarbonato de sódio + cremor tártaro ----- tartrato potasico de sodio



En el caso de los leudantes tipo “bicarbonato de sodio – ácido“, estos tienden a reaccionar lentamente al estar en contacto con un medio húmedo, sin embargo, al verse incrementada la temperatura (horneado), dicha reacción se acelera.

El ácido tartárico y el crémor tártaro reaccionan más convenientemente a temperatura ambiente, comparativamente con el fosfato ácido.

3.3.7 Sal

El cloruro de sodio se beneficia de depósitos naturales y del mar; se purifica y deseca para que cristalice al tamaño deseado; se utiliza en casi todas las formulaciones por su sabor y por su propiedad de potenciar los sabores. Su concentración mas eficaz se sitúa alrededor de 1-1.5% del peso de la harina, pero a niveles superiores a 2.5% se hace desagradable.

En masas con mucho desarrollo de gluten, la sal endurece el gluten y produce masas poco adherentes. Retrasa la velocidad de fermentación y también inhibe la acción de las enzimas proteolíticas sobre el gluten. Este efecto es tal, que con 2% de sal, la acción enzimática es despreciable.

3.3.8 Productos lácteos

Desde el punto de vista del control de calidad las propiedades organolépticas de los productos lácteos, son probablemente de capital importancia para la confección galletera; por lo tanto la practica de mezclar, por lo menos, quesos y mantequillas de diferentes procedencias, ayudara a mantener la uniformidad de las galletas (Duncan, 1983).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Establecimiento del experimento

El experimento y los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis especiales del Centro de Investigación de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICyTA).

4.2 Diseño del experimento

Se preparó 100 g de masa con las diversas variaciones siguiendo las formulaciones propuestas en la tabla 3. Para el amasado se utilizó una batidora de marca kitchen

Aid modelo MKSM90ER con el mezclador de paleta. Una vez pesadas las harinas se mezclaron, se les adicionó agua y fueron amasadas durante 5 minutos.

En la tabla 3 se observan los tratamientos que se llevaron a cabo por triplicado en la experimentación.

Tabla 3. Mezclas de masas de harina de trigo adicionadas con harina de semilla de *Jatropha curcas* L.

Harina de trigo %	Harina de semilla de piñón %
100	0
97.5	2.5
95	5
92.5	7.5
90	10

4.3 Obtención de la semilla de *Jatropha Curcas* L.

La semilla de piñón silvestre (*Jatropha Curcas* L.) proveniente de frutos de piñón silvestre que se adquirieron por medio del Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

El proceso de obtención de las semillas de *Jatropha Curcas* L. se realizó en el Taller de Frutas y Hortalizas del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la UAEH, de la siguiente manera:

1. Secado de los frutos de piñón a temperatura ambiente hasta obtener un color café oscuro.
2. Extracción de las semillas de piñón mediante la ruptura de la capsula.
3. Obtención de la semilla de piñón



Figura 3. Vista esquemática de la extracción de piñón silvestre (*Jatropha curcas L.*)

Una vez obtenidas las semillas del piñón, se procedió a realizarle los siguientes tratamientos:

- A) Limpieza: Se separó el material ajeno a la semilla como son; restos de pericarpio y suciedad.
- B) Secado: Se secaron las semillas en estufa a temperatura controlada para no alterar su composición nutricional.
- C) Molienda: se realizó la molienda de la semilla en un molino para granos cabe mencionar que fue relativamente sencillo debido a la blandura de la semilla.
- D) Tamizado: Se pasó la harina por una malla de 8xx. Ya teniendo la harina de semilla de piñón se procedió a realizarle el análisis químico proximal.

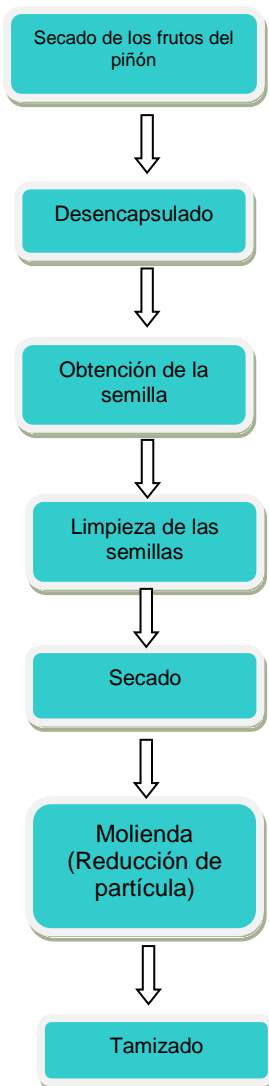


Figura 4. Diagrama del proceso de obtención y molienda de las semillas de piñón

4.4 Obtención de la harina de semilla sin grasa

Las semillas fueron secadas a 60°C por 30 min, posteriormente fueron quebradas en un molino para grano de café. Enseguida fue desgrasada con hexano (1:4, harina: disolvente) durante 8h con agitación continua dentro de una cámara fría.

4.5 Proceso de elaboración de galletas

- Se depositó la materia grasa, azúcar, sal y huevos en la batidora. Se mezclaron los ingredientes a velocidad 1 durante 3 min. Y después a velocidad 3 hasta que se obtuvo una mezcla libre de gránulos de sal o azúcar (aproximadamente 20 min).
- Después se mezclaron junto con estos las harinas, polvo para hornear, leche en polvo y demás ingredientes en la batidora.
- Se colocó la porción de masa en la mesa ya enharinada y se extendió con el rodillo hasta que se logró un espesor homogéneo y una superficie lo mas lisa posible.
- Troquelar la masa laminada con los moldes y se colocaron las piezas en la charola previamente engrasadas.
- Introducir las charolas en el horno durante 15 min. A 175-180 °C
- Sacar las charolas dejar enfriar y medir el factor galletero a cada uno de los lotes elaborados.
- Empacar las galletas.

Dos puntos importantes en la fabricación de galletas, son el mezclado y el laminado ya que el primero debe hacerse sin exceder un tiempo de 4 minutos, porque de lo contrario, la masa se vuelve pegajosa y difícil de amasar, para posteriormente laminar y si hay un excesivo amasado endurece la miga y puede causar el encogimiento de la galleta durante el horneado.

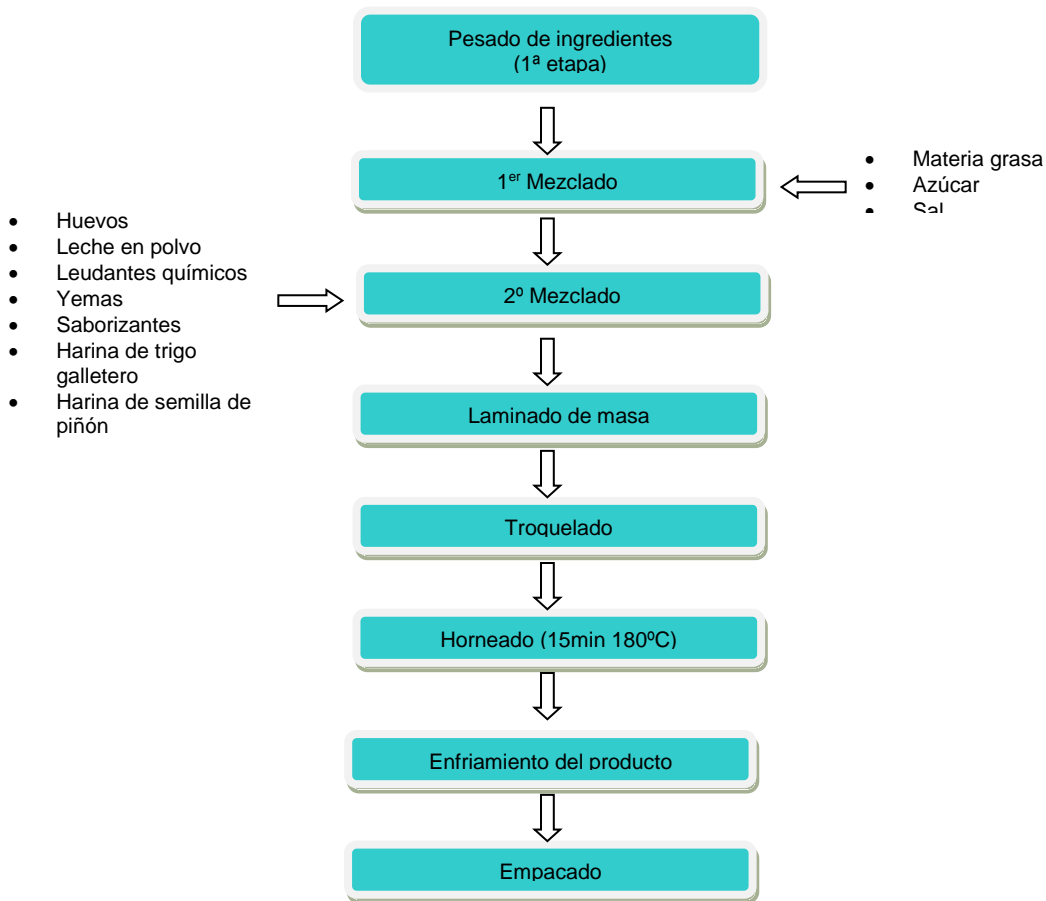


Figura 5. Diagrama del proceso de elaboración de galletas laminadas.

4.6 Factor de expansión en galletas

El factor galletero, conocido también como “spread factor” o factor de estiramiento resulta de la división entre la longitud de una galleta y su altura. Dicho factor resulta de importancia de manera práctica en las plantas procesadoras de galletas, ya que la maquinaria para el empacado de galletas tiene un margen reducido en lo que respecta a medidas de la galleta que será empacada.

$$\text{Factor Galletero} = (\text{Largo/altura}) * 10$$

4.7 Determinación de proteína

Se determino el contenido de proteína por el método de Kjeldhal (AOAC 1990).

La proteína de las galletas, así como la de harina fue obtenida pesando la cantidad de 0.5 a 1.0 g de muestra. Se colocó la muestra en el fondo del matraz kjeldahl y se adicionó aproximadamente 3.5 g de mezcla digestora y 7 ml de ácido sulfúrico concentrado. Después se colocó en el matraz digestor, calentando suavemente al principio y después en forma energética, calentar hasta su completa oxidación, punto donde la mezcla forma una solución verde clara transparente o azul clara, dejar enfriar a temperatura ambiente.

Se preparó el aparato de destilación, donde a la salida del refrigerante, en un matraz Erlenmeyer se colocaron 40 ml de ácido bórico al 4%, se adicionaron de 2 a 3 gotas de indicador de rojo de metilo. Añadir al matraz de Kjeldahl, estratificando y lentamente, aproximadamente 50 ml de NaOH 40%, Conectar inmediatamente el sistema de destilación del aparato de Kjeldhal.

Después recuperar un poco del destilado, titular con solución de HCl 0.1 deberá virar a color rosa, Destilar aproximadamente 250 ml para garantizar que haya pasado todo el amoniaco. Lavar el destilador. Poniendo un matraz Kjeldahl con agua destilada y esperar que se refluje hacia el matraz Kjeldhal.

4.8 Determinación de fibra cruda

Este análisis se realizó a una galleta de harina de trigo fortificada con harina de piñón.

- Se pesó 0.5 g de muestra seca y desengrasada.
- Se dejó secar por 2 horas a 130°C en la estufa (en un crisol).
- Finalmente se enfrió en un desecador y se peso nuevamente, como paso final se calcinó a 530°C en la mufla por 30 minutos se dejo enfriar en el desecador y se pesó.

Cálculos.

La pérdida de masa correspondiente a la fibra cruda en la muestra seca y desengrasada.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(a - b) \times 100}{M}$$

Donde:

a = Peso del crisol con el residuo seco en gramos.

b = Peso del crisol con el residuo calcinado, en gramos.

m =Peso de la muestra seca

4.9 Determinación de grasa.

Se determinó el contenido de grasa. Pesando 2 g de muestra adicionando 2 ml de alcohol al 95%, 10 ml de HCl concentrado y 8 ml de agua destilada se colocó toda la

solución en un frasco bien sellado para que no haya evaporaciones de solución, se puso en un baño maría a 60°C durante 20 min. Se dejó enfriar, después se obtuvo la grasa separada del solvente, se adicionaron 10 ml de alcohol, 25 ml de éter dietílico, se agitó durante 1 min. Posteriormente se adicionaron 25 ml de éter de petróleo, se agitó durante un minuto, así por decantación se separó la grasa y posteriormente se obtuvo en una charola de aluminio que anteriormente se pone a peso constante, se metió a la estufa a 100°C durante 30 min después, se enfrió el residuo y se pesó.

4.10 Determinación de humedad

La humedad de la harina así como de la galleta fue determinada pesando una cantidad de muestra en una cápsula de aluminio previamente tarada y a peso constante, se colocó la cápsula en una estufa que fue calibrada a una temperatura de 100°C por 24 h aproximadamente. Después del tiempo dado se sacó la cápsula de la estufa y se pasó a un desecador para dejarla enfriar, a temperatura ambiente, y continuando con el procedimiento se pesó la cápsula con el producto seco.

4.11 Determinación de cenizas

Se tomó un crisol que previamente se llevó a peso constante, se pesó la cantidad de muestra necesaria, se llevó el crisol con la muestra calcinada a una mufla calibrada previamente, se fue incrementando la temperatura de 500 a 530°C por 2 a 3 h aproximadamente, se calcinó (hasta que no hubiera presencia de humo blanco proveniente de la muestra), sucesivamente con el tiempo transcurrido se sacó el

crisol y se colocó en un desecador para enfriar la muestra para poder hacer los pesos correspondientes.

4.12 Pruebas texturales para las masas

Es el resultado de comprimir dos veces consecutivas un pedazo de alimento, utilizando el instrumento THDi (Texture Technology Corp.), se realizó una prueba de doble compresión, con un embolo de 2.54 cm de diámetro; la celda de carga fue de 5 Kg. Se comprimieron 3 galletas por cada corrida experimental.

De esta manera se obtuvieron gráficas características del alimento en donde se miden los parámetros de:

Dureza: es la altura en cm del pico máximo de la grafica.

Cohesividad: razón entre las áreas de las curvas correspondientes sólo a las bajadas del émbolo.

Elasticidad: que se define como la altura que recobra el alimento durante el tiempo que pasa entre el final de la primera compresión y el máximo de la segunda.

4.13 Prueba de adhesividad

Para efectuar la prueba se utilizara un accesorio cilíndrico de 2in (5.08 cm) de diámetro, una base y tapa con perforación cilíndrica de 5 in (12.7 cm)

Procedimiento

Se colocó en la base de acrílico una cantidad de masa suficiente (250-500g) para cubrir el volumen de la perforación de la tapa, esta se coloca y se elimina la masa que rebase los límites de la base, posteriormente se realizó la prueba de compresión con un cilindro de acrílico con 2.5 pulgadas (5.08 cm) de diámetro.

Para obtener los cálculos correspondientes se analizó la curva de fuerza vs distancia o fuerza vs tiempo (Texture Technologies, 2002).

Durante el proceso de compresión y retirada, se obtiene la curva de fuerza en función de la distancia o tiempo. La forma de la curva depende de las propiedades cohesivas y adhesivas del material.

4.14 Prueba de extensibilidad

Se prepararon 15 g de mezclas de harinas con el 60 % de agua y el 2 % de sal, la muestra preparada se usó el mismo día. Se colocó la muestra entre las placas (acanalada y lisa) pero, antes de utilizar la placa de teflón ambos lados fueron untados con una pequeña cantidad de aceite, para evitar la adhesión de la mezcla. Se colocó el bloque de arriba de la muestra y se presiona hacia abajo firmemente hasta que los dos bloques estuvieran juntos. Se removió el exceso de masa limpiando los lados con un cuchillo y se atornilló la placa presionando por 40 minutos (esto hace que la muestra se corte en tiras, mientras que la masa/gluten se relajen y se previenen pérdidas de humedad). Después de este tiempo se removió la masa y

se retiraron las tiras de masa/gluten una por una cuando se fueron requiriendo. Se removió cada tira muy cuidadosamente con una espátula, tomándola con cuidado para no penetrar, estirar o deformar la masa/gluten. Posteriormente se colocó la tira en la región de la ranura de la placa de muestra y sosteniendo hacia abajo el gancho, después se insertó la placa dentro de la plataforma. Por último, se realizó la prueba de extensibilidad. Los parámetros de la prueba fueron los siguientes: velocidad de pre- ensayo: 2.0 mm/s, velocidad de ensayo: 3.3 mm/s, velocidad de post-ensayo: 10 mm/s, distancia de 75 mm, fuerza: auto- 5 g, índice de datos de adquisición: 200 pps, accesorios: Kieffer. Dough and Gluten Extensibility Rig(A/KIE) usando la celda de carga 5 k, los accesorios usados fueron acoplados al texturometro TX-TA2.

4.15 Análisis sensorial

Se realizó una prueba de evaluación sensorial de acuerdo con (Anzaldúa 1994), con 30 jueces tipo consumidor los cuales probaron la galleta y dieron su opinión a través de una prueba de preferencia.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS	
Pruebe la galleta que se le propone e indique, según la escala , su opinión sobre ella. Marque con una X el renglón que corresponda a la calificación para cada muestra.	
Escala	Muestra
Me gusta mucho	
Me gusta	
Me gusta ligeramente	
Ni me gusta ni me disgusta	
Me disgusta ligeramente	
Me disgusta	

Figura 6. Cuestionario utilizado para el análisis sensorial.

4.16 Análisis de resultados

El análisis de varianza se realizó con el programa SAS (SAS, 2000) se obtuvo un análisis para cada variable de estudio para determinar si hay dependencia o no entre las variables de estudio, se estudió un nivel de probabilidad de ($p < 0.05$). Dicho análisis fue aplicado a todos los resultados tanto de pruebas en masa como en pruebas de producto terminado (galletas).

Los datos de las masas y las galletas fueron analizados por medio de un análisis de varianza y posteriormente se realizó una comparación de medias de Duncan. Todos los datos se analizaron por medio del paquete estadístico SAS (2000).

V. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1. Composición químico proximal de harina de trigo y de harina de *J. curcas*.

En la Tabla 4 se muestran los resultados de los análisis proximal de la harina de trigo en donde se obtuvo un 10.61% de proteína, 0.46% de grasa, humedad de 14.84%, cenizas 0.30% y carbohidratos presenta un 79%. El porcentaje de proteína mostrado (10.61) es similar al de (Güemes 2004) el cual es de 11.0%, esta diferencia se debe a que la harina obtenida proviene de diferentes molinos así como la marca utilizada interviene en los porcentajes de cada propiedad. El porcentaje de grasa (0.46%) es mas bajo que el reportado por (Güemes 2004), el cual pudo variar por las técnicas de determinación de grasa ya que en este análisis se aplica una temperatura de 80°C aproximadamente lo que provocaría una volatización de los ácidos grasos. Los porcentajes de humedad (14.84%) y cenizas (0.30%) se mostraron por debajo de lo reportado por (Güemes 2004). Los resultados de carbohidratos (79.0%) se presentaron por arriba de lo reportado por (Güemes 2004) esto pudo haber sido por el porcentaje bajo en grasa, ya que se obtuvo por diferencia.

Tabla 4. Análisis proximal de la harina de trigo

Harina de trigo	%
Proteína NX6.25	10.61 ± 0.1
Grasa	0.46 ± 0.0
Humedad	14.84 ± 0.5
Cenizas	0.30 ± 0.3
Carbohidratos (por diferencia)	79.0 ± 0.2

La composición químico proximal de la semilla del piñón *Jatropha curcas L.*, se muestra en la tabla 5, en donde el porcentaje de proteína (31.1 %) se mostró por debajo de lo reportado por (Fennema, 1993) en la semilla de soya en donde el porcentaje de proteína fue de 35%, sin embargo se mostró por arriba de lo mostrado por (Bernardini, 1981), en la semilla de algodón donde el porcentaje de proteína varea de un 15 % al 21 % y en semilla de girasol de un 8.97 % a 15.19 %. En la

determinación de grasa (57.8%) se obtuvo un valor mayor al reportado por Bernardini (1981) en una semilla de soya en donde sus valores oscilan entre un 17 a un 20%. La fibra de *Jatropha curcas* fue de (3.2%) mostrándose por debajo de lo comparado con Bernardini (1981) que presento un (5%) en una semilla de soya. Los valores de ceniza (4.7%) comparados con (Badui 1999) mostraron una pequeña diferencia situándose por debajo de lo reportado 4.9%. Los porcentajes de carbohidratos mostrados de *Jatropha curcas* (3.8%) en comparación con los presentados por (Badui, 1999) en la semilla de soya (34%) se mostraron muy por debajo deduciendo así que la semilla de soya tiene un mayor porcentaje de carbohidratos que el piñón *Jatropha curcas*.

Tabla 5. Análisis proximal de la semilla de *Jatropha curcas* L

Harina de <i>Jatropha curcas</i> L	%
Proteína NX6.25	31.1
Grasa	57.8
Fibra cruda	3.2
Cenizas	4.7
Carbohidratos	3.8

5.2 Análisis de Perfil de Textura de Masas Elaboradas con Harina de *J. curcas* en Diferentes Concentraciones.

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la evaluación de dureza cuyos valores varían de 71.71 g/f a 167.44 g/f comparado con el testigo que fue de 254.66 g/f se presento diferencia significativa ($p < 0.05$) entre todos los tratamientos. El tratamiento JATRI5 presento un valor más cercano al del testigo.

Al respecto (García, 2008), informo que la dureza de las masas adicionadas con *J. curcas* tuvieron valores similares en los tratamientos testigos (2.0 kg/f) y en las concentraciones altas (1.7 kg/f). Siendo diferentes en los demás, al mostrar valores menores, esto pudo haber sido por las marcas comerciales de la harina de trigo. Los resultados de dureza aquí reportados no coinciden con los de (Baños, 2010) ya que

estos son mayores, y con lo informado por (Martínez, 2010) solo coincide el valor del tratamiento JATRI2 (8.47kg/f) y el reportado por Martínez en el tratamiento 4 (8.37). Esto pudo ser debido al uso de la misma concentración de harina de *Jatropha curcas*.

Tabla 6. Dureza de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	Dureza g/f
100TR	254.66 ^A
JATRI1	71.71 ^C
JATRI2	84.79 ^C
JATRI3	83.10 ^C
JATRI5	167.44 ^B

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

La propiedad adhesividad que presentaron los tratamientos se presentan en la Tabla 7, donde se observa que los valores varían muy poco de 352.55 a 612.05 en comparación con el testigo que presentó un valor de 607.60 teniendo como resultado que no hay diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento JATRI5 presentó un valor más cercano al del testigo.

Los resultados presentados en esta investigación son diferentes a los reportados por (García, 2008), estos son mayores que los de García esto podría ser debido a la harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones. Los resultados de adhesividad en las masas no coincidieron con lo reportado por (García, 2008) y (López, 2010), no siendo así con (Martínez, 2010) y el valor del tratamiento 6 (6.4) fue similar al de JATRI5 (6.1).

Tabla 7. Adhesividad de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	Adhesividad (-)
100TR	607.60 ^B
JATRI1	352.55 ^A
JATRI2	362.70 ^A
JATRI3	452.47 ^A
JATRI5	612.05 ^B

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de cohesividad en donde se muestra que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) a pesar de que los valores no están muy disparados existen diferencia entre los tratamientos. El tratamiento JATRI5 presento un valor más cercano al testigo. Lo que respecta a los valores de cohesividad en masas los valores aquí obtenidos no coincidieron con los de (García, 2008) y (Martínez, 2010).

Tabla 8. Cohesividad de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	Cohesividad
100TR	0.903500 ^C
JATRI1	0.936500 ^B
JATRI2	0.957000 ^A
JATRI3	0.964000 ^A
JATRI5	0.929000 ^B

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

La propiedad de elasticidad se presenta en la Tabla 9 en donde existen diferencias significativas ($p < 0.05$) variando los valores de 0.0895000cm a 0.935500cm entre los tratamientos en comparación con el testigo que presento un valor de 0.938000cm por

ello es que si existen diferencias. El tratamiento JATRI3 presento un valor más cercano al del testigo. Los valores que corresponden a elasticidad en los tratamientos del testigo, JATRI1, JATRI2 y JATRI3 fueron similares a los obtenidos por (Martínez, 2010) en los tratamientos 1, 2, 3 y 6, no fue así para lo reportado por (García, 2008)

Tabla 9. Elasticidad de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	Elasticidad (cm)
100TR	0.938000 ^{A . B}
JATRI1	0.895000 ^C
JATRI2	0.943000 ^A
JATRI3	0.935500 ^{A . B}
JATRI5	0.923500 ^B

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

5.3 Prueba de Extensibilidad en Masas Elaboradas con Harina de *J. curcas* en Diferentes Concentraciones.

En la Tabla 10, se presentan los resultados para la fuerza máxima de extensibilidad teniendo como valor máximo 129.030 que presenta un tratamiento el cual es diferente con el testigo. El tratamiento JATRI3 presento un valor más cercano al del testigo.

Los resultados muestran que el tratamiento JATRI1 (26.16) es similar al tratamiento 4 (26.4) reportado por (Martínez, 2010). Esto podría deberse a la concentración de harina de *Jatropha* adicionada. Estos resultados no coincidían con (García, 2008).

Tabla 10. Fuerza máxima de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	R. máx. Extensibilidad
100TR	54.98 ^B
JATRI1	26.16 ^C
JATRI2	24.61 ^C
JATRI3	56.38 ^B
JATRI5	129.03 ^A

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

En la tabla 11 la extensibilidad tuvo una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los niveles y el encontrado en la galleta testigo 17.5700 cm no teniendo diferencia estadística entre el tratamiento 1 y 5 14.1100 cm – 14.0050 cm, respectivamente, cabe mencionar que el valor mas alto fue el de la galleta testigo. El tratamiento JATRI3 presento un valor más cercano al del testigo. Los resultados de extensibilidad no coinciden con lo que reporta (Martínez, 2010) y (García, 2008), esto podría ser por que las concentraciones no son iguales y las harinas de trigo provienen de diferentes molinos.

Tabla 11. Extensibilidad de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	Extensibilidad (cm) (-)
100TR	17.57 ^C
JATRI1	14.11 ^{A . B}
JATRI2	12.84 ^A
JATRI3	15.02 ^B
JATRI5	14.00 ^{A . B}

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

5.4 Prueba de Adhesividad en Masas Elaboradas con Harina de *J. curcas* en Diferentes Concentraciones.

La fuerza de cohesividad es el valor mas alto que puede obtener en el análisis, en la tabla 12 se muestra que este punto lo obtuvo un tratamiento 43.9850 gr teniendo diferencias significativas ($p < 0.05$) con el valor que presento la galleta testigo con un valor 24.4650 gr, sin embargo no tuvo diferencias con el nivel 3 presentando un valor de 43.8850 gr los valores que presentan los otros niveles no varían mucho con el testigo. El tratamiento JATRI5 presento un valor más cercano al testigo.

Tabla 12. Fuerza cohesiva de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	F. Cohesividad (gr)
100TR	24.46 ^C
JATRI1	29.15 ^B
JATRI2	43.98 ^A
JATRI3	43.88 ^A
JATRI5	25.23 ^C

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

En la Tabla 13 se muestran los análisis de elasticidad cuyos valores deben oscilar por debajo de 1 teniendo como valor más alto el tratamiento JATRI3 0.13000 cm existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$) con el tratamiento testigo 0.09000 cm sin embargo los demás niveles no presentaron diferencias con el testigo.

Tabla 13. Elasticidad de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	Elasticidad (cm)
100TR	0.09000 ^{A . B}
JATRI1	0.02500 ^B
JATRI2	0.03000 ^B
JATRI3	0.13000 ^A
JATRI5	0.04500 ^B

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

En la Tabla 14 los valores de cohesividad oscilan entre 1.4650 – 4.6850 comparado con el testigo que fue de 1.8150 existen diferencias significativas ($p < 0.05$) con los valores más altos que presentaron los niveles 2 y 3, cabe mencionar que no existió diferencia entre los demás tratamientos. El tratamiento JATRI1 presento un valor más cercano al del testigo.

Tabla 14. Cohesividad de masas elaboradas con harina de *J. curcas* en diferentes concentraciones.

Tratamientos	Cohesividad
100TR	1.8150 ^B
JATRI1	1.7650 ^B
JATRI2	4.6850 ^A
JATRI3	4.2900 ^A
JATRI5	1.4650 ^B

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (Prueba de Duncan ($p < 0.05$))

En la tabla 15 se presentan los valores del análisis químico proximal de las galletas elaboradas con harina de *Jatropha curcas*, al 5 %, se muestra que el contenido de proteína fue de 7.73 %, la grasa del 25.8 %, la fibra de 2.13 % y el contenido de carbohidratos de 50.9%. Al compararse estos datos con lo reportado por diversos autores en otros productos de panificación elaborados con esta oleaginosa, se

encontró que el contenido de proteína fue menor en estos productos con lo informado por Miranda (2008). Esto pudo ser debido a la concentración de la harina de *Jatropha* que fue del 10 %. En cuanto a la grasa se refiere, fue superior en este estudio, ya que las formulaciones son muy diferentes para la elaboración de galletas y pastas, en lo que se refiere a fibra y carbohidratos fue mayor en lo reportado por Miranda, 2008. Este mismo efecto se presentó en lo analizado por (Villafuerte, 2008). Sin embargo en lo que respecta al contenido de grasa en esta investigación fue mayor, y esto se debe principalmente a que la harina utilizada por Villafuerte, 2008, era una harina desgrasada.

Tabla 15. Análisis químico proximal de las galletas fortificadas con 5% de harina de *Jatropha curcas* L.

Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra dietética (%)	Energía (%)	Sodio (%)	Carbohidratos (%)
(5%) 7.73	25.80	2.13	466.85	360	50.93
(0%) 6.50	20.00	1.20	460.70	360	51.93

En la tabla 16, se presenta el análisis sensorial aplicado a 30 consumidores, en esta tabla se muestra que el 100% de los consumidores, aceptaron el producto por su buen sabor, que le da la harina de *J. curcas* al producto, además de mejorar su sabor. Estos estudios coinciden con lo reportado por la bibliografía.

Tabla 16. Análisis sensorial de las galletas fortificadas con 5% de harina de *Jatropha curcas* L.

Galletas (%)	Nivel de agrado (%)
(15%)	100
(0%)	100

VI. CONCLUSIONES:

- De la composición químico proximal analizada, se tuvo un buen porcentaje de proteína con respecto a otras harinas de *Jatropha curcas*, ya elaboradas.
- En cuanto al Análisis de Perfil de Textura realizado a las masas fortificadas con harina de *Jatropha curcas*, se obtuvo que la formulación más similar al testigo fue la de 10 % de concentración.
- Para las pruebas de extensibilidad la mas similar al testigo fue aquella donde se adicionó 7.5 % de harina de *Jatropha curcas*.
- De las pruebas realizadas para la adhesividad de masas la que tuvo mejores resultados fue la de 5 % de harina de *Jatropha curcas*.
- La composición química proximal de las galletas en cuanto a proteína fue ligeramente mayor que a la del testigo.

VII. RECOMENDACIONES

- Elaborar masas con mezclas de proteínas y fibras, para la mejora de las propiedades reológicas de estas, que permitan utilizar mayor concentración de proteínas.
- Realizar un análisis sensorial con jueces entrenados.

VIII. LITERATURA CITADA

- AOAC, 1990. Official Methods of Analyses. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., USA.
- Anzaldúa M. A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Badui S., 1999. Química de los Alimentos. Editorial Pearson Educación, México. D.F.
- Baños B. 2010. Propiedades Mecánicas de Masas de Harina de Trigo y Pan Blanco de Caja, Elaborados con Mezclas de Harinas de Concentrado de Cebada y *Jatropha curcas*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. México, D.F.
- Bernardini, E. (1981). Tecnología de aceites y grasas. 1ra. –Ed. Española. Ed. Alambra S.A. Madrid-España.
- Flores M. G. 2008. Evaluación Química, Reológica y sensorial de Pastas Fortificadas con Harina de *Jatropha curcas*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. México, D.F.
- Flores S. 2009. Caracterización Reológica de Masas Fortificadas con Harina de Semilla de Guayaba. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. México, D.F.

- García I. 2008. Fortificación de Tortillas de Harina de Trigo con Piñón Silvestre (*Jatropha curcas L.*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. México, D.F.
- Güemes V.N. 1998. Efecto de la Adición de Sustitutos de Grasa a Base de Carbohidratos Sobre las Características de Donas Fermentadas y no Fermentadas. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México, D.F.
- Güemes, V. N. Arciniega-Ruiz Esparza, O. Davila-Ortiz, G. 2004. Structural Analysis of the *Lupinus mutabilis* Seed, its Flour, Concentrate and Isolates as well as their Behavior when Mixed with Wheat Flour. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 37 3 283-290.
- López, H. 2010 Propiedades funcionales y de textura de masa y pan de caja Fortificados con concentrados proteicos de Lupinus y *Jatropha*. Tesis de Maestría. Tecnológico de estudios de superiores de Ecatepec, México, D.F.
- Márquez A. 2007. Elaboración y evaluación de de un producto de panificación con harina de cebada. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. México. D.F.
- Martínez H.J.2004. *Jatropha curcas*, Cultivating Economic Growth Toxic and Antinutritional Factors. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, Morelos, México.

- Martínez H.J.2006 *Jatropha curcas*, Cultivating Economic Growth Toxic and antinutritional factors. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, Morelos, México.
- Martínez, H, J. 2007 Experiencia con *Jatropha curcas L.* en México. Centro de desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, Morelos, México.
- Martínez, J. (2008) El piñón *Jatropha curcas L.* una planta nutritiva de México con potencial alimentario y agroindustrial. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico nacional (CEPROBI-IPN). Disponible en <http://www.hypatia.morelos.gob.mx/No12/pinon.html>
- Martínez, G. 2010. Pan Blanco Tipo Bolillo Fortificado con Harina de *Jatropha curcas*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Mexico, D.F.
- Schneeman, B. O. 1999. Fiber, Inulin and Oligofructose. Similarities and Differences. J. Nutr 129 1424S-1427S.
- Texture Technologies, 2002. The Texture Report. A newsletter for the Academic Clients of Texture Technology Corp.
- Villafuerte I. 2008. Elaboracion de Tortillas de Harinas Fortificadas con *Jatropha curcas*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Mexico, D.F.
- Vinayak R. P. 2008. “*Jatropha*-An Alternative to Diesel” Agriculture & Industry Survey, Vol.13, Issue No.5, Vadamalai Media Group, Bangalore.

- <http://www.jornada.unam.mx/2007/01/20/index.php?section=sociedad&article=037n2soc>
- <http://www.azc.uam.mx/publicaciones/etp/num9/a8.htm>
- <http://uneabasto.com/modules.php?name=News&file=article&sid=81>