

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO PARA LA FABRICACIÓN DE HARINA DE FLOR  
DE LORO (Ferralsiapandurata) Y SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PAN PARA  
CELÍACOS  
MONOGRAFÍA**

**CYNTHIA EUNICE CALDERÓN CARRERA**  
CARNET 54375-95

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2014  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO PARA LA FABRICACIÓN DE HARINA DE FLOR  
DE LOROCO (Ferraldiapandurata) Y SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PAN PARA  
CELÍACOS**  
MONOGRAFÍA

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA

POR  
**CYNTHIA EUNICE CALDERÓN CARRERA**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA INDUSTRIAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2014  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	DR. CARLOS RAFAEL
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

DECANO:	MGTR. JOSE CARLOS RICARDO VELA SCHIPPERS
VICEDECANO:	ING. CARLOS ENRIQUE GARCIA BICKFORD
SECRETARIA:	MGTR. KAREN GABRIELA MORALES HERRERA
DIRECTOR DE CARRERA:	DR. MARIO RENE SANTIZO CALDERON

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

HILDA PIEDAD PALMA RAMOS DE MARTINI

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**



**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Monografía de la estudiante CYNTHIA EUNICE CALDERON CARRERA, Carnet 54375-95 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 02161-2014 de fecha 24 de octubre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO PARA LA FABRICACIÓN DE HARINA DE FLOR DE LOROCO (*Ferraldia pandurata*) Y SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PAN PARA CELÍACOS**

Previo a conferírsele el título de INGENIERA QUÍMICA INDUSTRIAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 27 días del mes de noviembre del año 2014.



**MGTR. KAREN GABRIELA MORALES HERRERA, SECRETARIA  
INGENIERÍA  
Universidad Rafael Landívar**

Guatemala, 1 de Octubre de 2014

Ingeniera  
Karen Morales  
Secretaría de Facultad  
Facultad de Ingeniería

Estimada Ingra. Morales:  
Por este medio me es grato saludarle y desearle toda clase de éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente es para informarle que he revisado el informe final del Ensayo Monográfico titulado: "OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO PARA LA FABRICACIÓN DE HARINA DE FLOR DE LOROCHO (Ferralsia Pandurata) Y SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PAN PARA CELIACOS". De la estudiante Cynthia Eunice Calderón Carrera quien se identifica con número de carnet 54375-95. Después de haber revisado el informe final y de acuerdo con los requerimientos establecidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar doy como aprobado dicho trabajo.

Sin otro particular, me suscribo de Ud.

Atentamente,



Inga. Hilda Palma  
Revisora

**INGA. HILDA PALMA DE MARTINI**  
**COLEGIADO No. 453**

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente ensayo trata sobre la optimización del proceso de secado de la flor de loroco con la finalidad de producir harina para preparación de pan para celíacos.

El objetivo principal de la investigación es ofrecer una alternativa de uso para la flor de loroco, la cual es perecedera y tiene la restricción de que se usa en la preparación de un número muy limitado de alimentos. Expandir las posibilidades de uso del loroco sería un gran aporte para las familias guatemaltecas que se dedican al cultivo y negociación de este producto.

Asimismo, cada vez son más las personas alérgicas al gluten que tienen dificultad para conseguir productos para celíacos a buen precio, ya que por lo general los que se encuentran disponibles en el mercado son importados y de alto costo. Por esta razón, el ofrecer un producto nacional hecho de loroco puede ser una excelente opción.

Para optimizar el proceso de secado de loroco fue necesario realizar pruebas de secado con dos temperaturas distintas (65°C y 55°C), ambas a presión atmosférica. En ambas pruebas se utilizó flor de loroco pretratada. El pretratamiento consistió en la inmersión del producto en ácido ascórbico al 0.1% (p/v) por dos minutos y luego tratamiento con solución salina al 0.5 % (p/v). El objetivo del pretratamiento fue preservar el olor y color del producto, minimizar la pérdida de nutrientes, evitar la descomposición enzimática, asegurar un secado uniforme y por último extender la vida anaquel.

Adicionalmente, se realizó una tercera prueba consistente en el secado a 65°C sin ningún tratamiento, siempre a presión atmosférica. Posterior al proceso de secado, se realizó el proceso de molienda y tamizado, para finalmente preparar el pan para celíacos.

Posteriormente, se realizó un análisis sensorial utilizando una escala hedónica de 9 puntos, la cual se analizó con una prueba de Duncan, para determinar si existía diferencia significativa entre las muestras y de ser así determinar cuál pan fue el más

aceptable, a que harina corresponde y por lo tanto determinar cuál fue el proceso de secado óptimo en cuanto a conservación de características organolépticas se refiere.

Finalmente, se determinó el grado de aceptabilidad del pan fabricado con harina de loroco al hacer una comparación con pan preparado utilizando el mismo procedimiento pero con harina de arroz (la cual es apta para celíacos) y se disponible en el mercado.

## INDICE

I. Introducción .....	1
1. Lo escrito sobre el tema .....	3
II. Planteamiento del problema .....	11
2.1 Objetivos .....	11
2.2. Variables .....	12
2.3. Alcances y límites .....	12
2.4. Aporte .....	13
III. Método .....	13
3.1. Sujetos .....	
133.2. Instrumentos .....	
13	
3.3. Procedimiento .....	
153.4Diseño y metodología estadística .....	
17	
IV. Presentación y análisis de resultados .....	18
V. Discusión de resultados .....	21
VI. Conclusiones .....	
24VII. Recomendaciones.....	
25Referencias bibliográficas	
.....26Anexos	
.....	27





## I. INTRODUCCIÓN

Con la actual globalización surge la necesidad de ofrecer al mercado nacional y extranjero productos novedosos, así como alternativas factibles para incrementar la demanda de productos cultivados en el país, principalmente en áreas áridas que son poco favorecidas para las cosechas. El promover el desarrollo de este tipo de productos sería de beneficio para muchas familias guatemaltecas que se dedican al cultivo y comercialización de la flor de loroco y que en su mayoría son de escasos recursos.

Asimismo, el proporcionar una alternativa para el empleo de la flor de loroco ayudaría a minimizar las pérdidas generadas por ser un producto altamente perecedero, más aún en la actualidad que con los sistemas de riego modernos se ha logrado disponer del producto la mayor parte del año, lo que puede conllevar a desperdicios mayores de no existir una demanda adecuada.

Otra razón por la cual se quiere ofrecer una alternativa factible para el uso de este producto, es que realmente se cuentan con pocas opciones alimenticias que empleen la flor de loroco, generalmente se limita a la preparación de quesos, sopas y tortillas. El obtener una harina a partir de la flor de loroco es una excelente opción para la industria panificadora ya que contará con una alternativa adicional a la harina de trigo.

Además, el ofrecer un producto nacional libre de gluten sería de gran aceptación entre los celíacos, ya que cada día son más las personas que padecen de esta afección y los productos destinados para esta población son generalmente importados y de alto costo.

En el presente trabajo de investigación se realizaron tres pruebas para la optimización del proceso de secado de loroco para la producción de la harina y su utilización en la industria panificadora. El primer secado se realizó a 65°C con flor de loroco sin pretratar bajo condiciones de presión atmosférica. Las otras dos pruebas se realizaron con dos diferentes temperaturas de secado (55°C y 65°C) a presión atmosférica y con flor de loroco pretratada. El pretratamiento se realizó para preservar las características organolépticas del producto y consistió en dejar el loroco en reposo por 2 minutos en una

solución de ácido ascórbico al 0.1% p/v para minimizar el pardeamiento enzimático y luego se trató con una solución salina al 0.5% p/v a temperatura ambiente por 60 segundos, lo cual tiene la finalidad de evitar el oscurecimiento del producto. Posteriormente, se realizó el proceso de molienda y tamizado para la obtención de la harina.

Con las tres harinas obtenidas se procedió a la preparación de pan, luego se realizó una prueba de análisis sensorial utilizando una escala hedónica de 9 puntos. Con esta prueba se obtuvo un promedio y una desviación estándar y se analizó con una prueba de amplitud de Duncan para determinar que harina había tenido la mayor aceptación y por consiguiente poder concluir cual proceso de secado fue el óptimo en cuanto a preservación de características organolépticas se refiere. Asimismo, las muestras se compararon con un pan preparado con harina de arroz para celíacos disponible en el mercado utilizando el mismo procedimiento para determinar el grado de aceptabilidad del producto.

## 1.1. LO ESCRITO SOBRE EL TEMA

La planta de loroco está distribuida en varios países de Centro América y México, sin embargo, el único país que lo consume desde sus orígenes es El Salvador, donde se le conocía como **quillite** que en nahuatl significa “hierva comestible”. En nuestro país la especie **pandurata** se distribuye desde el nivel del mar hasta los 800 msnm especialmente en los departamentos de El Progreso, Zacapa y Jutiapa, de igual manera la especie **brachypharnyx** se distribuye en la parte sur, específicamente en el departamento de Escuintla. La inflorescencia del loroco es la parte comercializada y es utilizada como condimento y suplemento alimenticio.

El loroco es una enredadera delgada (tipo liana), débil y pubescente, tiene una base leñosa que persiste. Las hojas son oblongas, elípticas, opuestas, bastantes acuminadas, con bordes externos un poco ondulados, con dimensiones de 4 a 22 cm de largo y de 1,5 a 12 cm de ancho. La inflorescencia se da en racimos y cada uno de ellos posee de 10 a 32 flores, dando un promedio de 25 por racimo. El fruto es un folículo cilíndrico, alargado, recto o curvado hacia adentro pudiendo alcanzar hasta 34 centímetros de longitud y entre 5 y 6 mm de diámetro. Dentro de cada folículo pueden hallarse desde 25 hasta 190 semillas, dependiendo de su longitud, encontrándose diferentes tipos de tamaño; tierno es de color verde y maduro es café oscuro. Las semillas tienen un diámetro entre 2 y 3 mm; posee gran cantidad de vilanos (pelos algodonosos) en el extremo, que facilitan su dispersión por el viento. El periodo que tarda en germinar es de 10 a 15 días, aunque en zonas con temperaturas mayores de 30°C, puede germinar de 5 a 8 días, pero puede variar. (Grillitus, 2014)

Como se mencionó anteriormente, la flor es la parte más aprovechable en la alimentación, la corola en su interior tiene muchos vellos finos observables cuando la flor está fresca. Produce flores en la época de mayo a octubre, aunque si existe riego produce flores durante 10 meses al año, entrando la planta en receso en enero y febrero. Se pueden colectar de 30 a 40 racimos cada 4 días por planta en su época de mayor floración (Cabrera, 2010)



El loroco presenta un alto contenido nutricional, el cual se detalla a continuación:

<b>CONTENIDO NUTRICIONAL DEL LOROCO POR CADA 100GRS. DE FLORES</b>	
<b>Muestra</b>	<b>Contenido</b>
Valor energético	32 Cal.
Humedad	89.20 gramos
Proteínas	2.6 gramos
Grasa	0.2 gramos
Hidratos de Carbono	1.4 gramos
Fibra	1.4 gramos
Cenizas	1.2 gramos
Calcio	58 gramos
Fósforo	46 miligramos
Hierro	1.1 miligramos
Vitamina A activada	55 miligramos
Tiamina	0.64 miligramos
Riboflavina	0.11 miligramos
Niacina	2.3 miligramos
Ácido ascórbico	12 miligramos

**Fuente:** Guía técnica del cultivo del loroco. (2006)

El producto se vende principalmente en fresco, siendo solamente un 5% los que aplican algún tipo de procesamiento a dicho producto (Palencia, 2003).

En la actualidad se está rechazando aproximadamente entre un 10-15% de la producción diaria de loroco, lo que representa aproximadamente 2 quintales en una plantación en época de lluvia o cuando se cuenta con riego. La flor generalmente se rechaza después de 24 horas de haber sido cortada si no ha recibido ningún tipo de tratamiento o cuando se encuentra completamente abierta. En estas condiciones todavía se encuentra en buen estado pero ya no es apta para exportación. (Cabrera, 2010)

Varias empresas han tratado (sin mucho éxito) diversas técnicas para prolongar la vida anaquel del loroco y comercializarlo en su estado natural, tal es el caso de RINSA que agregó tiosulfato de sodio como aditivo, sin embargo tuvo el inconveniente de la pérdida de color, asimismo la empresa MESSER de El Salvador utilizó la técnica de criogénesis pero se perdieron ciertas características organolépticas como el color y el olor. (Guerrero, 2008)

Se planteó la posibilidad de comercializar el loroco en salmuera, la cual es una disolución de sal en agua que puede ser preparada con diferentes concentraciones y lo que se pretende con este tipo de conserva es inhibir el desarrollo de los organismos productores de alteraciones en los alimentos. La propuesta de este trabajo consistió en el uso de una concentración al 2% de sal (peso) y 1.5% de ácido cítrico (peso). Los resultados obtenidos a esta concentración demostraron que el loroco conservó su sabor y que se logró una extensión de vida anaquel hasta por 1 año. (Véliz, 2008)

El loroco puede permanecer hasta 8 días en refrigeración, siempre y cuando haya sido desinfectado, generalmente con una solución de 50 ppm de cloro. En congelación al igual que con la criogénesis pierde sus características organolépticas y para preservarlas es necesario un pretratamiento para mantener la calidad del producto y lograr los siguientes beneficios: preservación de color y olor, minimización de la pérdida de nutrientes, evitar la descomposición enzimática, asegurar un secado uniforme y extensión de la vida anaquel del producto. (Guerrero, 2008)

En los pretratamientos por lo general, se utilizan aditivos alimenticios que son sustancias presentes en los alimentos (que por lo general no son alimentos por sí solos y que tampoco se usan como ingrediente en las comidas), sin embargo ayudan a evitar que estos sufran deterioro por presencia de microorganismos o reacciones químicas. (Veliz, 2008)

Algunos aditivos recomendados son:

- Acido ascórbico: es el ácido más recomendado para evitar o minimizar el pardeamiento enzimático por su carácter vitamínico ofensivo. Su potencial reductor, habilita la molécula para combatir radicales oxidativos y los radicales acuosos como el oxígeno singulete.
- Cloruro de sodio: es la sal más usada para evitar el pardeamiento, su acción impide la actividad de la polifenol-oxidasa frente al ácido clorogénico.
- Acido cítrico: es uno de los más usados en la industria alimentaria, tiene acción acidulante y actúa como agente secuestrante. Es más débil que el ácido ascórbico y es menos efectivo para realizar pretratamientos. (Guerrero, 2008)

La mayoría de los procesos vitales requieren la presencia de agua para su desarrollo, por lo que la reducción del contenido en agua de los alimentos ha constituido un método eficaz de conservación. El porcentaje en agua de un alimento no es en sí mismo un buen indicador de su estabilidad, puesto que existen diferentes fracciones de agua con distinto grado de disponibilidad para el crecimiento microbiano y la actividad enzimática y química. A efectos de valorar la vida útil de un alimento se utiliza el concepto de actividad de agua ( $a_w$ ) que indica la proporción de agua libre que contiene el sistema y que es, lógicamente máxima en el agua pura cuyo valor es 1. El óptimo valor de  $a_w$  para el crecimiento microbiano suele situarse entorno a valores de 0.99 y por debajo de este valor disminuye progresivamente hasta alcanzar un valor mínimo en el cual cesa el crecimiento microbiano. La disminución de la actividad de agua de los alimentos puede conseguirse: bien retirando parte del agua de constitución mediante procesos tales como el secado, la evaporación, liofilización o reteniendo parte del agua libre de los alimentos por adición de solutos, tales como azúcares y sal. (Cabrera, 2010)

El secado es una operación en la cual se separa total o parcialmente un líquido volátil del que contiene un cuerpo no volátil. El término secado en este caso se limitará principalmente a la eliminación de humedad de sólidos y líquidos por evaporación en una corriente gaseosa. El objetivo de este procedimiento es el de proporcionar estabilidad microbiológica, debido a la reducción de la actividad del agua. Cuando el aire caliente entra en contacto con un alimento húmedo, su superficie se calienta y el calor transmitido se utiliza como calor latente de evaporación, con lo que el agua que contiene pasa a estado de vapor. El vapor de agua, que atraviesa por difusión la capa de aire en contacto con el alimento es arrastrado por el aire en movimiento, generándose sobre aquel una zona de baja presión y creándose entre el aire y el alimento un gradiente de presión de vapor. Este gradiente proporciona la fuerza impulsora que permite eliminar el agua. (Guerrero, 2008)

Los equipos de secado que actualmente se usan para el secar sólidos son:

- De bandejas: consisten en una cámara rectangular de chapa metálica que contiene dos carretones para soportar los bastidores. Se usan cuando la capacidad de producción es pequeña.
- De tamices transportadores: una capa de material se transporta lentamente sobre un tamiz metálico que se mueve a través de un túnel de secado. Se usan para materiales gruesos, escamosos y fibrosos.
- De torre: contiene una serie de bandejas dispuestas unas encima de otras sobre un eje central rotatorio. Los ventiladores de turbina hacen circular el aire o el gas entre las bandejas.
- Rotatorios: consiste en una carcasa cilíndrica giratoria, dispuesta horizontalmente. Se calientan por contacto directo del gas con los sólidos.
- De tornillo transportador: son secadores continuos de calentamiento indirectos, que consiste esencialmente en un transportador de tornillo confinado dentro de una carcasa cilíndrica encamisada.
- De lecho fluidizado: en estos secadores los sólidos están fluidizados por el gas de secado.
- Secadores flash: en estos se transporta un sólido húmedo pulverizado durante pocos segundos en una corriente de gas caliente. (McCabe, 1991)



Posterior al proceso de secado para la fabricación de harinas está la molienda, la cual consiste en producir pequeñas partículas a partir de otras más grandes. Las partículas más pequeñas son deseables por su gran superficie o bien por su forma, tamaño y número. Los molinos son equipos diseñados para este fin. Los de martillos son ampliamente usados debido a que tienen el más amplio rango de RRT (Razón de reducción de tamaño), ya que pueden ser quebrantadores primarios para partículas gruesas y pueden también recibir partículas finas de pocos milímetros y lograr reducciones hasta partículas muy finas o intermedias.

Finalmente se procede al tamizaje, que es la separación de tamaño o forma de uno más sólidos. Por lo general, se usa sólo un tamiz o pila de tamices. Existen tamices planos, fijos, vibrantes, o algunos con grandes cedazos cilíndricos que están inclinados y rotan y que en lugar de tener una pila de tamices de mayor a menor tienen una variedad de secciones en serie, de diferente tamaño de mesh. La selección del tipo de mesh, dependerá del tamaño y/o forma de sólido que se quiera obtener, para ello es conveniente consultar las normas de la serie de tamices de Estados Unidos y equivalentes de Tyler. (Roquel, 2008)

El pan, en la cultura gastronómica de Guatemala, es un alimento que no puede faltar como acompañamiento de las comidas. Pero en su elaboración tradicional, con harina de trigo, quienes son celíacos no pueden consumirlo. Estas personas sólo pueden comer panes o masas especiales que tratan de emular el alimento, elaboradas con una mezcla de harinas sin gluten, por lo general de maíz y arroz. La forma de este pan es diferente, ya que al carecer de gluten, la masa no sube y generalmente son planos y compactos. La enfermedad celíaca es una intolerancia al gluten, una proteína presente en el trigo, la cebada, el centeno, la avena y el triticale- híbrido de trigo y centeno. Las personas afectadas no pueden consumir ningún alimento que contenga estos cereales o que se haya sido elaborado en contacto con alguno de ellos porque les son tóxicos (lesión severa de la mucosa intestinal que se caracteriza por una atrofia de las vellosidades intestinales).

Aparte de lo limitante que resulta este padecimiento, un estudio comparativo de precios elaborado por la Asociación de Celíacos de Cataluña refleja que los productos aptos para celíacos son un 67% más caros que el resto. Este trabajo compara, entre los años 2006 y 2010, los precios de productos básicos sin gluten -cereales, panes, arroces y pastas- que deben consumir las personas enfermas debido a su intolerancia al gluten. En el estudio quedan reflejados los productos que más han aumentado su precio en los últimos años, entre ellos, el pan, las pizzas, el pan tostado y las barritas de cereales.

Para determinar el costo de producción de harina de loroco habría que considerar el precio del loroco, ya que está directamente relacionado con la época del año y las condiciones climáticas y por lo general tiende a fluctuar entre Q. 25 a Q. 95 la libra. Asimismo, hay que considerar los costos de mano de obra directa, los químicos empleados para el pretratamiento (ácido ascórbico y cloruro de sodio), el costo del agua empleada durante el tratamiento y el tratamiento del agua de descarte, los químicos empleados para la limpieza/desinfección de equipo y áreas de trabajo; y los costos energéticos (principalmente secado) que van a depender del tipo de horno que se emplee. Asimismo, para poder asignarle un precio final al producto se deben considerar los costos operativos de la planta, mano de obra indirecta y costos de empaque y transporte.

En cuanto al tema de celíacos en Guatemala, no hay mucha información estadística disponible, sin embargo la doctora valenciana María Esteve (2012), considerada una especialidad en celiacía comenta que la incidencia de la enfermedad está aumentando, en la actualidad afecta a 1 de cada 200 adultos y a 1 de cada 80 niños y que generalmente se confunde el diagnóstico con el de colon irritable, ya que la intolerancia al gluten produce tanto diarrea como estreñimiento, y las personas que padecen esta enfermedad por lo general están desnutridos o con sobre peso. Asimismo, menciona que la enfermedad celiaca puede activarse a cualquier edad, inclusive durante la vejez, ya que es una reacción inmune y que aún se desconoce que lo genera.

El análisis sensorial es una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos, así como de productos de la industria farmacéutica y

cosmética, por medio de los sentidos. La evaluación sensorial es innata en el hombre ya que desde el momento que se prueba algún producto, se hace un juicio acerca de él, si le gusta o disgusta, y describe y reconoce sus características de sabor, olor, textura, etc. Este se realiza a través de los sentidos y es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese alimento se quiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto para que sea aceptado por el consumidor. La herramienta principal para llevar a cabo el análisis sensorial son las personas y es necesario que se den las condiciones adecuadas (tiempo, espacio, entorno) para que estas no influyan de forma negativa en los resultados. En general el análisis se realiza con el fin de encontrar la fórmula adecuada que le agrade al consumidor. (Tejada,2007)

La escala Hedónica es un método para medir preferencias, además permite medir estados psicológicos. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana. Se usa para estudiar a nivel de Laboratorio la posible aceptación del alimento. Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, lo cual informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que por lo general tiene 9 puntos, pero a veces es demasiado extensa y se acorta a 7 o 5 puntos:

Me gusta muchísimo	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta un poco	6
Me es indiferente	5
Me disgusta un poco	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta muchísimo	1

Los resultados del panel se analizan por varianza (ANOVA), que es una potente herramienta estadística, de gran utilidad tanto en la industria, para el control de procesos, como en el laboratorio de análisis, para el control de métodos analíticos. Se utiliza para probar la significancia de una regresión y como base para la prueba, el procedimiento parte la variabilidad total en variable de respuesta en componentes más manejables.(Montgomery, 1996)

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El loroco es un producto que posee una vida anaquel muy corta, lo cual genera mucho desperdicio ya que los clientes lo prefieren fresco y sólo lo compran cuando se encuentra completamente verde. Además, el uso de la flor de loroco está estrechamente limitado a ciertos platillos, lo cual restringe la demanda del producto. Por las razones mencionadas anteriormente surge la necesidad de desarrollar alternativas de uso que incrementen la vida útil del producto con la consecuente disminución de los desperdicios, así como diversificar las opciones actuales para el empleo y preparación del producto.

Por otra parte, se tiene el inconveniente cada día mayor de personas intolerantes al gluten. Por lo general, los celíacos tienen problemas para conseguir productos libres de gluten a costos razonables. Por esta razón y porque la flor de loroco no se ha usado para la producción de harina que se puede emplear en la preparación de pan para celíacos, ni se cuenta con un proceso de secado óptimo para este fin, es que surge la siguiente pregunta: ¿Es posible optimizar un proceso de secado para la producción de harina de flor de loroco y poder utilizar esta harina en la preparación de pan para celíacos?

### 2.1. OBJETIVOS

#### 2.1.1. GENERAL

- Optimizar el proceso de secado de la flor de loroco para fabricar harina para que pueda ser utilizada en la preparación de pan para celíacos.

#### 2.1.2. ESPECÍFICOS

- Realizar pruebas de secado a presión atmosférica a dos diferentes temperaturas (55° C y 65° C) con flor de loroco pretratamiento consistente en inmersión del producto en solución de ácido ascórbico al 0.1% p/v y tratamiento con solución salina al 0.5% p/v por 60 segundos a temperatura ambiente. Asimismo, realizar una prueba a 65° C con flor de loroco sin tratar.

- Elaborar un pan con cada una de las harinas para determinar mediante una prueba sensorial que posea una escala hedónica de 9 puntos y se analice mediante una prueba de amplitud de Duncan; el pan con las características organolépticas más aceptable y el proceso de secado óptimo para la preservación de las mismas.
- Realizar una comparación del pan fabricado con loroco con un pan fabricado con el mismo procedimiento pero utilizando harina de arroz (apta para celíacos) para determinar el grado de aceptabilidad del producto.

## **2.2. VARIABLES**

- Temperatura de secado.
- Ausencia o presencia del pretratamiento del loroco.

## **2.3. ALCANCES Y LÍMITES**

El alcance de la investigación es ofrecer una alternativa viable para incrementar la demanda de producción de la flor de loroco y reducir las pérdidas por descarte del producto debido a su vida anaquel extremadamente corta. Asimismo, se pretende ofrecer a los empresarios o gente emprendedora una excelente oportunidad para desarrollar un producto completamente nacional destinado para el consumo de la población celíaca y probablemente con un costo mucho menor al de los productos actuales disponibles y con el sabor característico de la comida nacional.

El presente trabajo se limitó a obtener harina de loroco para uso en la industria panificadora, no se realizaron pruebas para el uso de este producto en otro tipo de industria. Solamente se realizaron pruebas con dos temperaturas (65° C y 55° C) y bajo presión atmosférica. No se utilizó ningún aditivo adicional para mejorar las condiciones de la harina aparte de los usados en el pretratamiento (ácido ascórbico y cloruro de sodio) y no se realizó estudio de factibilidad económica.

## **2.4 APORTE**

El presente trabajo es un aporte a los catedráticos y estudiantes de la carrera de Ingeniería Química ya que como actuales y futuros diseñadores de productos nuevos para las industrias, la harina de la flor de loroco es una opción viable.

Asimismo la producción de harina de loroco para uso en la industria panificadora ayudaría a incrementar la demanda del producto y a reducir el nivel de desperdicio, lo cual repercutiría en mejores condiciones de vida para las familias que se dedican a la cosecha y negociación de este producto.

También el poder ofrecer alternativas de productos para celíacos (de ser factible la oferta a costos menores) sería de gran utilidad para la economía de estas personas.

## **III. MÉTODO**

### **3.1. SUJETOS**

Los sujetos de la investigación fueron los tres tipos de harinas:

- Harina de loroco sin tratar secada a 65° C
- Harina de loroco pretratada secada a 65° C
- Harina de loroco pretratada secada a 55° C

Se evaluó el pan preparado con los 3 tipos de harinas producidas por los distintos métodos y se hizo pruebas organolépticas con respaldo estadístico para definir cuál proceso de secado fue el óptimo organolépticamente hablando para producir harina de la flor de loroco.

### **3.2. INSTRUMENTOS**

#### **3.2.1 EQUIPO E INSTRUMENTACION**

1. Balanza Electrónica Modelo EK5055: equipo para determinar el peso de la muestra. d= 1g/0.05 oz Marca: Camry

2. Cronómetro, empleado para la medición precisa del tiempo de secado. Marca y modelo: Casio HS-3. Precisión: 0.01 s.

3. Indicadores de temperatura del horno: Equipo auxiliar que indica la temperatura del horno.
4. Horno de bandeja: equipo empleado para realizar el proceso de secado a presión atmosférica.
5. Evaluación sensorial: se realizan con boletas de evaluación sensorial, con ellas se indaga los gustos y preferencias de los participantes.

<b>Boleta de Evaluación sensorial</b>	
Nombre: _____	
Observe y pruebe cada muestra. Indique el grado en que le gusta o le desagrada la muestra, haciendo una marca en la línea correspondiente a las palabras apropiadas en cada columna:	
Código	
_____	Me gusta muchísimo
_____	Me gusta mucho
_____	Me gusta moderadamente
_____	Me gusta poco
_____	No me gusta ni disgusta
_____	Me disgusta poco
_____	Me disgusta moderadamente
_____	Me disgusta mucho
_____	Me disgusta muchísimo
Observaciones: _____	

### **3.2.2. REACTIVOS**

#### **a) REACTIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LA HARINA**

- Cloruro de Sodio (sal): Más conocido como sal de mesa, o en su forma mineral halita, es un compuesto químico con la fórmula NaCl. El cloruro de sodio es una de las sales responsable de la salinidad del océano y del fluido extracelular de muchos organismos. También es el mayor componente de la sal comestible, es comúnmente usada como condimento y conservante de comida.

- **Ácido Ascórbico:** El ácido ascórbico es un cristalincoloro e inodoro, sólido soluble en agua con un sabor ácido. Es un ácido orgánico, con propiedades antioxidantes proveniente del azúcar. En los humanos, en los primates y en los cobayas, entre otros, la vitamina C o ácido ascórbico no puede ser sintetizada, por lo cual debe ingerirse a través de los alimentos.

## **b) INGREDIENTES PARA LA PREPARACIÓN DEL PAN**

- Harina de loroco
- Bicarbonato de sodio
- Huevos
- Zumo de Limón
- Leche
- Sal
- Aceite

### **3.3. PROCEDIMIENTO**

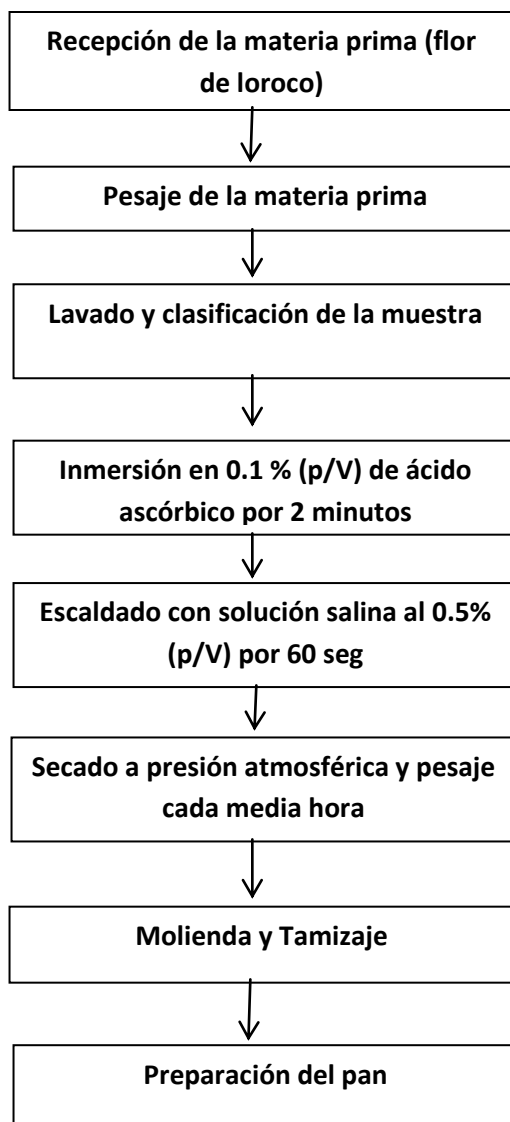
A continuación se detalla el procedimiento seguido para la optimización del proceso de producción de la harina de loroco:

1. Recopilación de la información existente sobre el secado de la harina para determinar el pretratamiento idóneo para la flor del loroco.
2. Clasificación y lavado de la flor del loroco.
3. Pretratamiento de las muestras:
  - Tratamiento de 2 minutos con solución de Ácido Ascórbico 0.1 % (p/v)
  - Escaldado por 60 seg con solución salina al 0.5 % (p/v)
4. Pesado de las muestras al iniciar proceso de secado.
5. Secado de las muestras a temperatura constante de 65° C y 55° C respectivamente, ambas a presión atmosférica.



6. Pesado de las muestras cada 30 min hasta obtener peso constante.
7. Molienda de las muestras.
8. Tamizado de las muestras.
9. Preparación del pan con cada una de las harinas obtenidas mediante los distintos tipos de secado de la flor de loroco.
10. Preparación de pan con harina de arroz disponible en el mercado utilizando el mismo procedimiento empleado en la elaboración de pan de loroco.
11. Realización de la prueba de análisis organoléptico utilizando las boletas de análisis sensorial.
12. Evaluación de las pruebas, obtención del promedio y de la desviación estándar.
13. Obtención de los resultados realizando la prueba de amplitud de Duncan.
14. Comparación de la aceptabilidad de pan preparado con harina de loroco versus pan preparado con harina de arroz.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PAN A PARTIR DE LA FLOR DE LOROCO



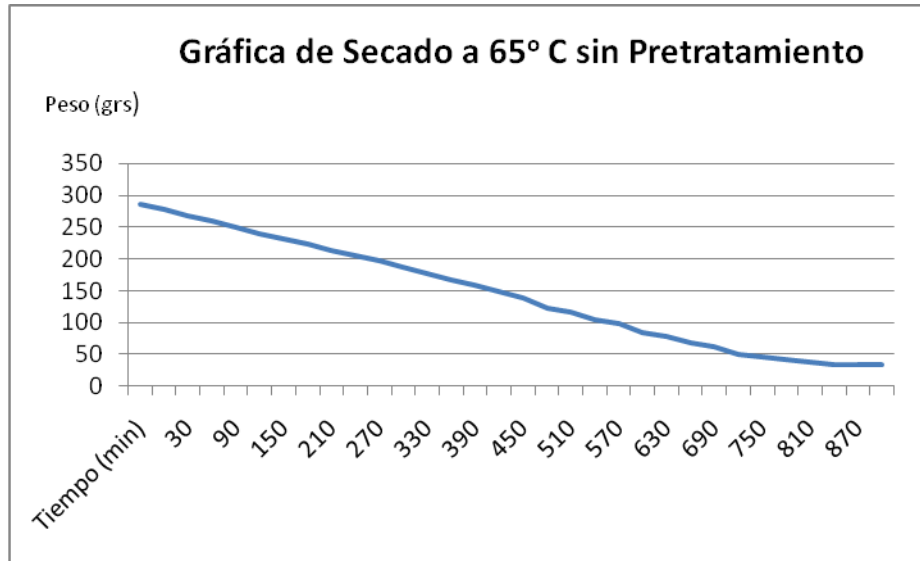
### 3.4 DISEÑO Y METODOLOGIA ESTADÍSTICA

Los resultados sensoriales se analizaron estadísticamente por medio de un análisis ANOVA y una prueba de rangos múltiples deDuncan, para determinar si la diferencia entre las pruebas fue significativa.

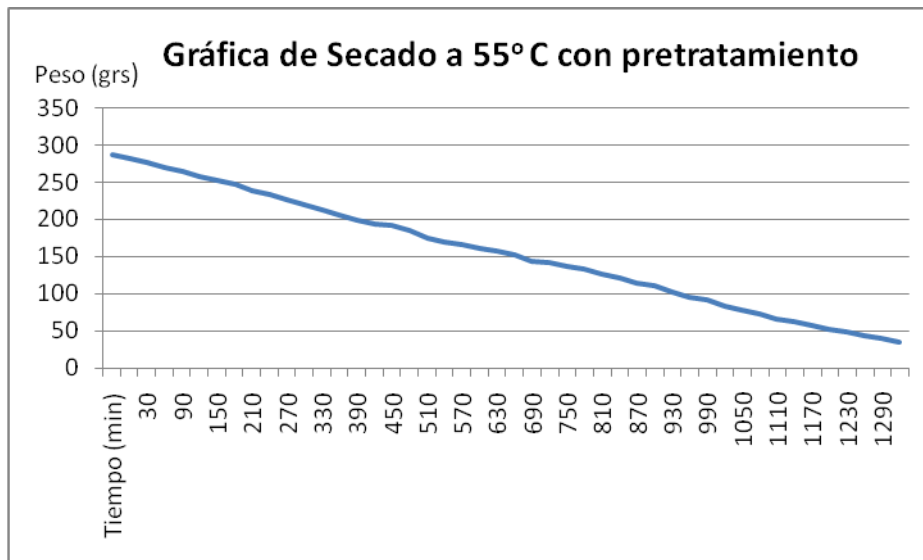
## IV. RESULTADOS

### DIAGRAMAS DE CORRELACIÓN DE PÉRDIDA DE PESO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL SECADO DE LA FLOR DE LOROCO (FERNALDIA PANDURATA)

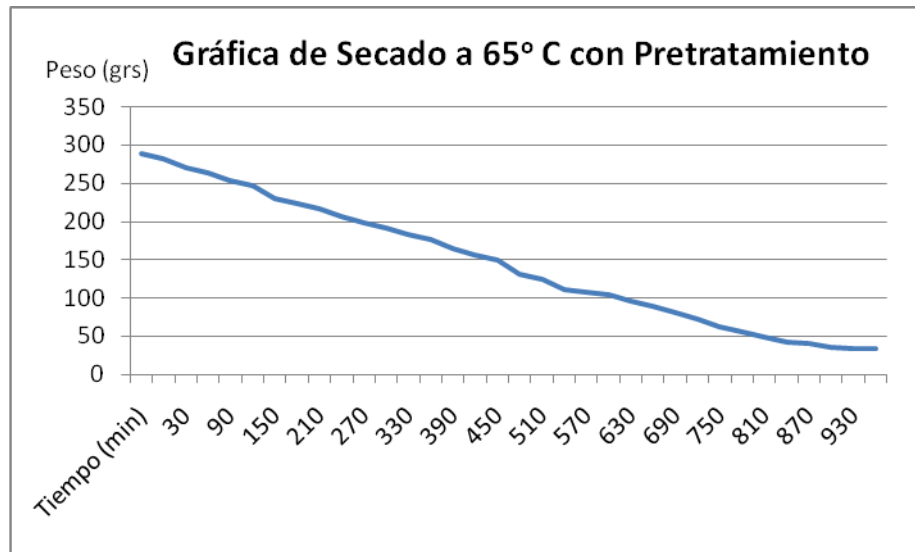
#### MUESTRA 1



#### MUESTRA 2



## MUESTRA 3

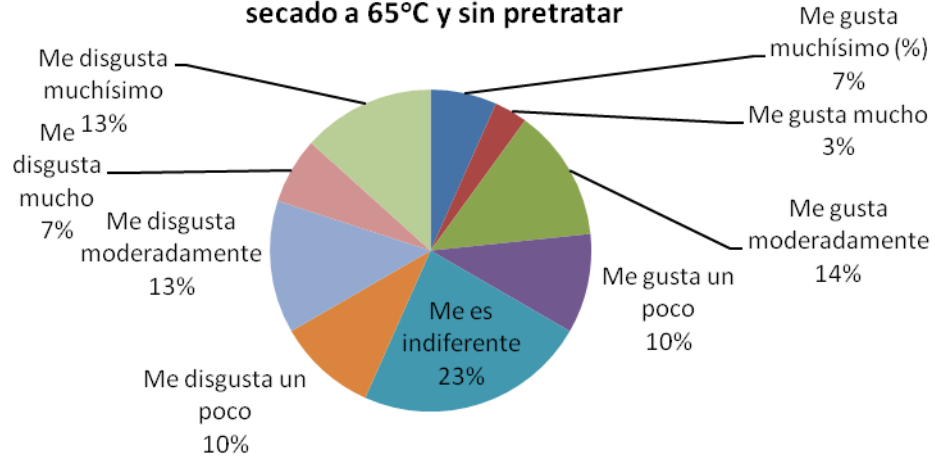


## 4.2 ANÁLISIS SENSORIAL

### PRUEBAS HEDÓNICAS

El análisis sensorial del producto se desarrolló con la ayuda de un grupo de 30 panelistas no entrenados entre 20 y 70 años de edad, hombres y mujeres. El tipo de análisis realizado fue una prueba hedónica de 9 puntos, para medir cuánto agrada o desagrada el producto. Para esta prueba se ofreció a cada panelista un pedazo de cada uno de los 3 panes que fueron preparados con las harinas producidas bajo los distintos procedimientos de secado de la flor de loroco, y se les asignó un número de muestra a cada pan para facilitar la comparación estadística. Simultáneamente se les entregó la boleta de análisis sensorial para que las llenaran según sus preferencias. Con los puntajes obtenidos se realizó una prueba de amplitud de Duncan para determinar si los procesos de secados con sus respectivas variaciones arrojaron resultados diferentes estadísticamente hablando. Asimismo, se realizó el análisis sensorial con el pan fabricado con harina de arroz únicamente para determinar la aceptabilidad del pan de loroco, no se incluyó este resultado dentro del análisis estadístico, ya que el objetivo del trabajo es la optimización del proceso de secado de la flor de loroco.

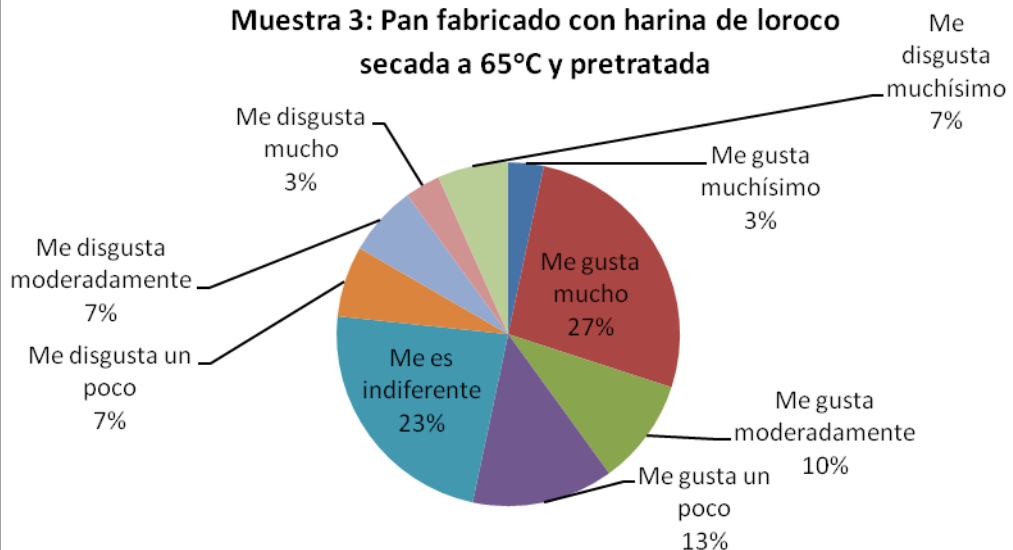
**Muestra 1: Pan fabricado con harina de loroco obtenida por secado a 65°C y sin pretratar**

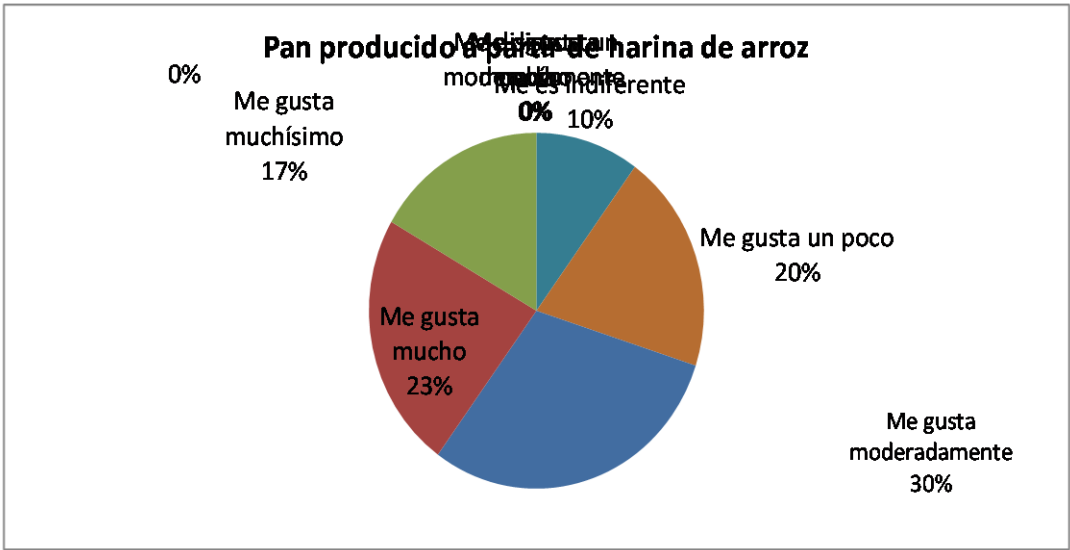


**Muestra 2: Pan fabricado con harina de loroco obtenida por secado a 55°C y pretratada**



**Muestra 3: Pan fabricado con harina de loroco secada a 65°C y pretratada**





## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La descripción de las harinas obtenidas con las diferentes metodologías de secado se exponen en la continuación:

- La harina que se obtuvo de la flor de loroco sin pretratar secada a 65° C tardó 960 minutos en alcanzar un peso constante, lo cual representa una razón de secado de 0.27 grs/min promedio, el color varió significativamente de color verde a café oscuro. El olor y sabor característico a loroco se perdió, ya que ningún panelista fue capaz de identificarlo.
- La harina obtenida mediante pretratamiento y secado a 55° C tardó 1350 minutos en secar, lo cual representa una velocidad de secado de 0.19 grs/min. Se preservaron mejor las características organolépticas (olor, sabor y color) y un 10% de los panelistas fueron capaces de identificar el producto.
- La harina obtenida con la flor loroco pretratada y que se secó a 65° C tuvo una velocidad de secado de 0.26 grs/min, ya que tardó 990 minutos en secar. Las características organolépticas del producto se conservaron mejor que la muestra que se secó a la misma temperatura pero no se pretrató.

Las harinas producidas bajo los 3 procedimientos descritos anteriormente fueron difíciles de amasar debido a la textura y consistencia obtenida, sin embargo no se agregó ningún otro aditivo debido a las tendencias actuales de utilizar productos naturales o con un contenido mínimo de aditivos. Los panes obtenidos fueron de consistencia compacta, lo cual se esperaba por la inexistencia de la reacción que ocurre entre la levadura y la harina (comúnmente de trigo).

El puntaje mayor obtenido con las pruebas hedónicas de los panes fabricados con harina de loroco fue para el pan fabricado a partir de harina de loroco secada a 55° C y pretratada, con un promedio de 5.87 puntos. El segundo puntaje lo obtuvo el pan fabricado con harina de loroco obtenida mediante secado a 65° C y pretratamiento, con un promedio de 5.77 y por último estuvo el pan fabricado con harina obtenida de flor de loroco sin tratamiento y secado a 65° C, la cual obtuvo un puntaje de 4.7

puntos, lo cual lo ubica dentro de la calificación: me disgusta un poco. Como se puede observar los promedios del pan obtenido mediante secado a 55° C y con pretratamiento lo califican dentro de la repuesta me gusta un poco y el pan que se obtuvo de flor de loroco con pretratamiento pero secado a una temperatura 10° C mayor, tuvo una calificación muy similar (me gusta un poco). De los 30 panelistas que colaboraron con la prueba sólo 3 fueron capaces de determinar que los panes eran de loroco. El resto describieron el sabor como afrecho, mezcla de nueces, berro, pan integral, fibra, etc. El pan fabricado utilizando harina de arroz comprada en el mercado tuvo la mejor calificación (7.16 puntos promedio) y lo sitúan dentro de la categoría me gusta moderadamente.

El análisis estadístico obtenido mediante la prueba de Duncan determinó que en las muestras 2 y 3 (pretratadas y secadas con temperaturas de 55° y 65° C respectivamente), no se encontró diferencia significativa, lo cual indicó que con un gradiente de temperatura de 10° C, la diferencia en las características organolépticas no se ve afectada.

Sin embargo, se determinó que la muestra 2 (pretratada y secada a 55° C) y la muestra 1 (sin pretratar y secada a 65° C) si presentaron diferencias significativas, lo cual se observó desde el momento de la obtención de la harina.

Asimismo, la comparación entre la muestra 3 y 1 (que fueron secadas a la misma temperatura pero con y sin pretratamiento) mostraron una diferencia estadística significativa.



## VI. CONCLUSIONES

- 1) Al medir las características organolépticas de las muestras y analizarlas mediante la prueba hedónica se determinó que el proceso de secado óptimo para fabricar harina de loroco obtuvo a temperatura de 55° C y pretratando la muestra. Mediante la prueba de Duncan se determinó que existía una diferencia significativa con respecto a la muestra que se secó a 65° C y que no se trató.
- 2) Es factible utilizar la flor de loroco para la fabricación de pan para celíacos, siempre y cuando se utilice conjuntamente con otras harinas, ya que la falta de consistencia para el amasado dificultó el uso del producto de forma individual.
- 3) El pretratamiento es necesario para preservar las características organolépticas de la flor de loroco, como se demostró en las pruebas anteriores, en las cuales se observó una diferencia estadística significativa al comparar las dos muestras pretratadas con la que no se pretrató, ya que se obtuvo mejores resultados organolépticos con las muestras que recibieron tratamiento previo al secado.
- 4) Estadísticamente hablando no hubo diferencia significativa entre las muestras que se pretrataron aunque el proceso de secado se realizó a temperaturas diferentes (gradiente de 10° C).
- 5) El loroco pierde fácilmente sus características organolépticas ya que sólo 3 de los 30 panelistas entrevistados fueron capaces de determinar que el pan era de loroco.
- 6) El grado de aceptabilidad del pan preparado con loroco fue menor que el pan preparado con harina de arroz, esto se observó con los resultados de la escala hedónica en la cual los panelistas ubicaron el pan fabricado con harina de loroco en me gusta un poco (promedio 5.87 puntos) y el pan fabricado con harina de arroz obtuvo un puntaje de 7.16 puntos lo que lo califica dentro del rango me gusta moderadamente.

## VII. RECOMENDACIONES

- 1) Realizar nuevamente las pruebas de laboratorio utilizando el pretratamiento indicado en este estudio pero con temperaturas de secado inferiores, ya que la prueba realizada a 55° C fue la más aceptable entre los panelistas y con temperaturas menores probablemente la conservación de las características organolépticas sería mejor.
- 2) Realizar un análisis proximal de la harina de loroco para determinar el valor nutritivo del producto, y poder respaldar la idea de utilizar el producto como alternativa para la fabricación de pan para celíacos.
- 3) Realizar pruebas de vida anaquel para comprobar el tiempo máximo que la harina de loroco puede conservarse en condiciones apropiadas previo a su uso.
- 4) Realizar la preparación de pan para celíacos pero utilizando diferentes proporciones de harina de loroco con otro tipo de harina apta para celíacos para mejorar las características organolépticas de los productos.
- 5) Realizar las pruebas utilizando aditivos para mejorar la textura y grado de adherencia de la harina de loroco.
- 6) Realizar un estudio de factibilidad económica para determinar si es posible la obtención de harina de loroco a nivel industrial.
- 7) Realizar un estudio de mercado para determinar si el producto tendría aceptación pública.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda, C. (2009). *Análisis sensorial de Alimentos*. Consultado el 16 de agosto de 2014 de: [http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_Sensorial\\_de\\_Alimentos](http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos)

Cabrera Pinzón, C. (2010). *Evaluación del Rechazo de la Flor de Loroco (Fernaldia Pandurata)*. Tesis inédita. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Guerrero Rodríguez, J. (2008). *Estudio Técnico Económico para el Proceso de Deshidratación de Loroco (Fernaldia Pandurata)*. Tesis inédita. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

McCabe, S. (1991). *Operaciones Unitarias Ingeniería Química* (4ª. ed.). México. Editorial McGraw – Hill.

Montgomery, D. (1996). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería* (1ª. ed.) México. McGraw- Hill.

Palencia Martínez, H. (2003). *Diagnóstico Preliminar de las Enfermedades Fungosas y Bacterianas en el Cultivo del Loroco (Fernaldiapandurata Wodson)*. Tesis inédita. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

Perry, R. (1973). *Manual del Ingeniero Químico* (5ª. ed.) México. Editorial McGraw – Hill.

Roquel Chávez, M. (2008). *Diseño de una Línea de Producción para la Elaboración de Harina de Camote (Ipomoea Batata)*. Tesis inédita. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Tejada, M. (2008). *Fernaldia Pandurata*. Consultado el 12 de septiembre de 2014 de <http://www.wikipedia.com/>

Véliz Escobar, L. (2008). *Diseño del Proceso de Loroco (Fernaldia Pandurata) en salmuera a nivel planta piloto*. Tesis inédita. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

(2006) *Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. Guía Técnica del Cultivo del Loroco*. Consultado el día 8 de noviembre del 2012 de <http://www.centa.gob.sv/uploads/documentos/loroco.pdf>

# ANEXO 1

## DATOS DE SECADO DE LA FLOR DE LOROCCO

Tiempo (min)	Secado a 65o C		Secado a 55o C		Secado a 65o C	
	Lorocco sin tratamiento		Lorocco con tratamiento		Lorocco con tratamiento	
	Peso (grs)	Velocidad (gr/min)	Peso (grs)	Velocidad (gr/min)	Peso (grs)	Velocidad (gr/min)
0	287	0	287	0	288	0,00
30	278	0,30	282	0,17	282	0,20
60	269	0,30	276	0,20	270	0,40
90	260	0,30	270	0,20	262	0,27
120	250	0,33	264	0,20	253	0,30
150	241	0,30	258	0,20	246	0,23
180	233	0,27	253	0,17	229	0,57
210	225	0,27	247	0,20	222	0,23
240	215	0,33	239	0,27	216	0,20
270	207	0,27	233	0,20	206	0,33
300	198	0,30	227	0,20	198	0,27
330	187	0,37	220	0,23	191	0,23
360	177	0,33	213	0,23	183	0,27
390	168	0,30	205	0,27	175	0,27
420	160	0,27	199	0,20	164	0,37
450	149	0,37	194	0,17	156	0,27
480	140	0,30	191	0,10	148	0,27
510	124	0,53	185	0,20	131	0,57
540	116	0,27	175	0,33	124	0,23
570	104	0,40	170	0,17	110	0,47
600	98	0,20	166	0,13	107	0,10
630	85	0,43	161	0,17	103	0,13
660	78	0,23	157	0,13	95	0,27
690	69	0,30	151	0,20	88	0,23
720	63	0,20	144	0,23	80	0,27
750	51	0,40	141	0,10	71	0,30
780	46	0,17	137	0,13	62	0,30
810	42	0,13	133	0,13	54	0,27
840	38	0,13	125	0,27	48	0,20
870	35	0,10	121	0,13	41	0,23
900	34	0,03	114	0,23	39	0,07
930	34	0,00	110	0,13	34	0,17
960	34	0	102	0,27	33	0,03
990			95	0,23	33	0,00
1020			91	0,13		
1050			83	0,27		
1080			77	0,20		
1110			72	0,17		
1140			65	0,23		
1170			62	0,10		
1200			57	0,17		
1230			52	0,17		
1260			47	0,17		
1290			42	0,17		

1320		40	0,07	
1350		34	0,2	

## ANEXO 2

### MUESTRA 1 (SECADA A 65° C SIN PRETRATAR)



### MUESTRA 2 (SECADA A 55° C Y PRETRATADA)



### MUESTRA 3 (SECADA A 65° C Y PRETRATADA)



### COMPARACIÓN DE LAS TRES HARINAS



### ANEXO 3

#### FORMULACIÓN PORCENTUAL DEL PAN DE LOROCO

Formulación Porcentual del Pan de Loroco		
Ingrediente	Peso (grs)	Porcentaje (%)
Harina de loroco	150	42.44
Leche	125	35.37
Huevos	50	14.14
Zumo de limón	14.87	4.2
Aceite	10	2.82
Bicarbonato de soda	3	0.84
Sal	0.5	0.14

### ANEXO 4

#### PRUEBAS SENSORIALES

#### NUMERACIÓN ASIGNADA A LA ESCALA HEDÓNICA

Me gusta muchísimo	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta un poco	6
Me es indiferente	5
Me disgusta un poco	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta muchísimo	1

## TABULACIÓN DE DATOS DE LA ESCALA HEDÓNICA

Panelistas	Pan fabricado con harina de loroco secada a 65° C y sin pretratar	Pan fabricado con harina de loroco secada a 55° C y con pretratamiento	Pan fabricado con harina de loroco secada a 65° C y con pretratamiento	Pan fabricado con harina de arroz
1	5	5	5	7
2	5	6	6	8
3	7	7	8	9
4	7	7	8	8
5	5	4	5	5
6	4	4	4	6
7	6	7	6	7
8	3	6	3	9
9	1	7	5	6
10	3	6	8	7
11	6	8	7	9
12	8	7	8	8
13	3	5	5	7
14	9	9	8	9
15	3	8	4	6
16	5	6	5	7
17	6	7	8	7
18	1	2	3	6
19	1	1	1	5
20	7	8	8	9
21	3	4	4	7
22	5	6	7	7
23	5	5	6	8
24	5	5	5	6
25	2	4	6	8
26	2	3	1	5
27	4	6	7	6
28	4	6	5	7
29	9	9	9	8
30	7	8	8	8



## RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Para el análisis de la varianza (ANOVA), se realizaron los siguientes cálculos (donde N= número total de respuestas individuales,  $\Sigma$  = suma, a = número de pruebas realizadas, n = número de panelistas )

*Suma:* 490

*Promedio:* 163.3

*Factor de corrección:*

$$FC = \frac{(\text{Gran Total})^2}{N} = \frac{(490)^2}{90}$$

$$FC = 2667.78$$

*Suma total de los cuadrados:*

$$SS (T) = \Sigma (\text{cada respuesta individual}^2) - FC$$

$$SS (T) = \Sigma (5^2 + 5^2 + 7^2 + 7^2 + \dots) - 2667.78$$

$$SS (T) = 410.22$$

*Suma de los cuadrados de los tratamientos:*

$$SS (Tr) = \frac{\Sigma (\text{Total cada tratamiento}^2)}{(\text{número de respuesta p/tratamiento})} - FC$$

$$(SS (Tr) = \frac{141^2 + 176^2 + 173^2}{30} - 2667.78$$

$$SS (Tr) = 25.08$$

*Suma de los cuadrados del error:*

$$SS(E) = SS(T) - SS(Tr)$$

$$SS(E) = 410.22 - 25.08$$

$$SS(E) = 385.14$$

*Total de grados de libertad:*

$$gl(T) = an - 1$$

$$gl(T) = 90 - 1 = 89$$

*Grados de libertad de los tratamientos:*

$$gl(Tr) = \text{Número de tratamientos} - 1$$

$$gl(Tr) = 3 - 1 = 2$$

*Grados de libertad de los errores:*

$$gl(E) = a(n - 1)$$

$$gl(E) = 3(30 - 1)$$

$$gl(E) = 87$$

*Error tratamientos:*

$$MS (Tr) = SS (Tr) / gl (Tr)$$

$$MS (Tr) = 12.54$$

*Error cuadrático medio:*

$$MS (E) = SS(E) / gl (E)$$

$$MS (E) = 385.15 / 87$$

$$MS (E) = 4.43$$

### PRUEBA DE DUNCAN

$$Amplitud = \sqrt{\frac{MS (E)}{n}}$$

$$Amplitud = 0.38$$

### Valores críticos (Valores Q) de Duncan

	Medias
Muestra 1	4.7
Muestra 3	5.77
Muestra 2	5.87

$$\alpha = 0.05$$

*Interpolando de la tabla de rangos se tiene que:*

$$R 0.05 (2,87) = 2.81$$

$$R_{0.05}(3,87) = 2.96$$

Por tanto,

$$R_2 = (2.81)(0.38) = 1.067$$

$$R_3 = (2.96)(0.38) = 1.124$$

Las comparaciones entre las medias son las siguientes:

$$\text{Muestra 2 contra Muestra 1} = 5.87 - 4.7 = 1.17 > R_3 = 1.124$$

$$\text{Muestra 2 contra Muestra 3} = 5.87 - 5.77 = 0.1 < R_2 = 1.067$$

$$\text{Muestra 3 contra Muestra 1} = 5.77 - 4.7 = 1.07 > R_2 = 1.067$$

### Valores Críticos (Valores Q) de La Prueba Múltiple de Duncan con un Nivel de Significancia del 5%

$\nu$	$p$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1		17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97
2		6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3		4.501	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4		3.927	4.013	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5		3.635	3.749	3.797	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6		3.461	3.587	3.649	3.680	3.694	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697
7		3.344	3.477	3.548	3.588	3.611	3.622	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626
8		3.261	3.399	3.475	3.521	3.549	3.566	3.575	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579
9		3.199	3.339	3.420	3.470	3.502	3.523	3.536	3.544	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547
10		3.151	3.293	3.376	3.430	3.465	3.489	3.505	3.516	3.522	3.525	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526
11		3.113	3.256	3.342	3.397	3.435	3.462	3.480	3.493	3.501	3.506	3.509	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510
12		3.082	3.225	3.313	3.370	3.410	3.439	3.459	3.474	3.484	3.491	3.496	3.498	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499

13	3.055	3.200	3.289	3.348	3.389	3.419	3.442	3.458	3.470	3.478	3.484	3.488	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490
14	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426	3.444	3.457	3.467	3.474	3.479	3.482	3.484	3.484	3.485	3.485	3.485
15	3.014	3.160	3.250	3.312	3.356	3.389	3.413	3.432	3.446	3.457	3.465	3.471	3.476	3.478	3.480	3.481	3.481	3.481
16	2.998	3.144	3.235	3.298	3.343	3.376	3.402	3.422	3.437	3.449	3.458	3.465	3.470	3.473	3.477	3.478	3.478	3.478
17	2.984	3.130	3.222	3.285	3.331	3.366	3.392	3.412	3.429	3.441	3.451	3.459	3.465	3.469	3.473	3.475	3.476	3.476
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421	3.435	3.445	3.454	3.460	3.465	3.470	3.472	3.474	3.474
19	2.960	3.107	3.199	3.264	3.311	3.347	3.375	3.397	3.415	3.429	3.440	3.449	3.456	3.462	3.467	3.470	3.472	3.473
20	2.950	3.097	3.190	3.255	3.303	3.339	3.368	3.391	3.409	3.424	3.436	3.445	3.453	3.459	3.464	3.467	3.470	3.472
24	2.919	3.066	3.160	3.226	3.276	3.315	3.345	3.370	3.390	3.406	3.420	3.432	3.441	3.449	3.456	3.461	3.465	3.469
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371	3.389	3.405	3.418	3.430	3.439	3.447	3.454	3.460	3.466
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352	3.373	3.390	3.405	3.418	3.429	3.439	3.448	3.456	3.463
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333	3.355	3.374	3.391	3.406	3.419	3.431	3.442	3.451	3.460
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314	3.337	3.359	3.377	3.394	3.409	3.423	3.435	3.446	3.457
∞	2.772	2.918	3.017	3.089	3.146	3.193	3.232	3.265	3.294	3.320	3.343	3.363	3.382	3.399	3.414	3.428	3.442	3.454

$v = gl(\text{Error})$ ,  $p =$  número de medias dentro de la amplitud o intervalo de variación que se comparan.