

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

INSTITUTO DE AGROINDUSTRIAS

“Obtención y caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica de residuos fibrosos de naranja (*Citrus sinensis*) obtenidos a 50 °C y su incorporación en un sistema alimenticio”.

TESIS

Para obtener el título de
INGENIERO EN ALIMENTOS

Presenta:
Joaquín Tenoch Santiago Castro

Director de Tesis:
M. C. Jesús G. López Luna

Huajuapán de León, Oaxaca, mayo de 2014.

Este trabajo se realizó en las instalaciones de los laboratorios de la carrera de Ingeniería en Alimentos (Laboratorio de Química, Laboratorio de Ciencias de los Alimentos y Taller de Procesamiento de Alimentos); en el Laboratorio de Bromatología del Instituto de Agroindustrias y en el Laboratorio de Minería de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Han sido muchos
los momentos difíciles desde
que inicie la carrera de Ingeniería en
Alimentos, a pesar de todo, estoy concluyendo
este ciclo y puedo escribir una página muy personal
de mi trabajo de tesis: las dedicatorias. Primeramente se
la dedico a Dios por darme el ánimo, la voluntad y por ser
mi fortaleza en la vida. A mis padres por su constante
lucha, sacrificio y apoyo. A mis hermanos Mixtecalt,
Ocoñana y Corazón, por su ejemplo de disciplina,
constancia y sus ganas de vivir. Y a mi
familia por ser parte esencial
en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Los agradecimientos son a todas las personas que aportaron parte en este proyecto de una forma u otra para alcanzar esta meta.

En primer lugar, gracias al M.C. Jesús G. López Luna por brindarme la oportunidad de trabajar con él con este proyecto, gracias por su ayuda a lo largo de los años y sobre todo, muchas gracias por haber creído en mí.

A la universidad Tecnológica de la Mixteca por formarme profesionalmente con disciplina y calidad.

A mis Sinodales, M.C. Orquídea Sánchez López, M.C. Leslie Arcila Lozano y la Dra. Patricia Santiago Gómez, por sus correcciones, comentarios y consejos oportunos para el mejoramiento de este proyecto.

A la colega y amiga I. A. Aideé Figueroa, por sus consejos y haber colaborado en este proyecto.

A la M. Teresita Cruz, por su comprensión, amistad, confianza y palabras de ánimo para terminar lo más pronto posible la tesis.

A los encargados de los laboratorios de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca: M. Griselda, I. A. Sandra, I. A. Andrea, por su apoyo, consejos, ayuda y amistad.

A mis amigos que coseche a lo largo de este proyecto: Erick Motta, Karla, Magda, Maye, Nancy, Pancho, Dra. Paula G. y Tita, muchas gracias por sus palabras, su amistad, consejos, su actitud, apoyo, conocimiento, su cariño y amor.

A mis compañeros, maestros y a todas las personas que en algún momento me apoyaron y compartieron esa chispa de conocimiento.

A mi familia, por su entusiasmo, apoyo, comprensión, consejos, cariño y amor en la realización de la tesis.

¡A todos muchas gracias!

Índice.

Índice.	v
Lista de cuadros.	vii
Lista de figuras.	viii
Lista de abreviaturas.	ix
Resumen.	x
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. ANTECEDENTES.	2
2.1. Fibra Dietética (FD).	2
2.1.1. Clasificación.	2
2.2. Fuentes de fibra dietética.	4
2.2.1. Naranja.	4
2.3. Tratamientos de obtención de residuos fibrosos.	5
3. OBJETIVOS.	9
3.1. Objetivo General.	9
3.2. Objetivos particulares.	9
4. METODOLOGÍA.	10
4.1. Obtención de la materia prima.	11
4.2. Obtención de RF de sáculos de naranja.	11
4.2.1. Determinación de la curva de pérdida de humedad y peso.	11
4.3. Caracterización Físicoquímica.	13
4.3.1. Color.	13
4.3.2. Composición Proximal.	13
4.4. Fracciones de Fibra Dietética.	14
	v

4.4.1. Fibra Dietética Total.	14
4.4.2. Fibra Dietética Insoluble.	15
4.4.3. Fibra Dietética Soluble.	16
4.5. Caracterización microbiológica.	16
4.6 Elaboración de galletas.	16
4.7. Evaluación estadística de identificación de amargor.	17
4.8. Análisis estadístico.	17
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	18
5.1. Secado de los RF de naranja.	18
5.2. Caracterización fisicoquímica.	20
5.2.1. Color.	20
5.2.2. Composición química de los RF.	22
5.2.3. Fracciones de fibra dietética.	24
5.3 Caracterización microbiológica.	26
5.4. Composición química de las galletas.	28
5.5. Evaluación estadística de identificación de amargor.	30
6. CONCLUSIONES.	32
7. RECOMENDACIONES.	33
8. BIBLIOGRAFÍA.	34
ANEXO	42

Lista de cuadros.

Cuadro 1. Fuentes y condiciones de secado para la obtención de Residuos Fibrosos.	6
Cuadro 2. Formulación de galletas de maíz y RF de naranja.	16
Cuadro 3. Parámetros de color en la escala CIELAB para los residuos fibrosos.	20
Cuadro 4. Diferencias de color, ΔE , de los RF en comparación con otros residuos.	21
Cuadro 5. Composición de los RF de naranja a 50 °C y 60 °C.	22
Cuadro 6. Contenido de Fibra Dietética Total, Soluble e Insoluble de los RF.	25
Cuadro 7. Cuenta de microorganismos en RF con diferente tratamiento (UFC/g).	27
Cuadro 8. Composición proximal de galletas con RF de naranja a 50 °C y 60 °C.	29
Cuadro 9. Cálculo de la Diferencia Mínima Significativa de los RF.	42
Cuadro 10. Cálculo de la Diferencia Mínima Significativa de las fracciones de RF.	42
Cuadro 11. Cálculo de la Diferencia Mínima Significativa de las galletas con RF.	43

Lista de figuras.

Figura 1. Clasificación de la Fibra Dietética (FD) con base a sus constituyentes.	3
Figura 2. Proceso general del proyecto.	10
Figura 3. Obtención de los RF a 50 °C y 60 °C.	12
Figura 4. Curva de pérdida de peso y humedad de los RF de naranja secados a 50 °C.	18
Figura 5. Curva de pérdida de peso y humedad de los RF de naranja secados a 60 °C.	19
Figura 6. Relación FDS/FDI en los RF secados a 50 °C y 60 °C.	25
Figura 7. Porcentaje de evaluadores que identificaron el amargor en la muestra.	30

Lista de abreviaturas.

°C	Grados Celcius	FDT	Fibra Dietética Total
a*	Coordenada CIELAB (rojo- verde)	H	Humedad
b*	Coordenada CIELAB (amarillo-azul)	<i>h</i>	Tono
b. s.	Base seca	<i>L</i>	Luminosidad
C*	Cromaticidad	NOM	Norma Oficial Mexicana
DMS	Diferencia Mínima Significativa	RF	Residuos Fibrosos
ELN	Extracto Libre de Nitrógeno	µm	Micrómetros
FD	Fibra Dietética	p/v	Relación peso/ volumen
FDI	Fibra Dietética Insoluble	ton	Tonelada
FDS	Fibra Dietética Soluble		

Resumen.

En las últimas décadas se han buscado nuevas fuentes de Fibra Dietética (FD) en frutas y hortalizas debido a sus beneficios en la salud y a su buen balance de Fibra Dietética Soluble/Fibra Dietética Insoluble (FDS/FDI). En este trabajo se determinaron las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de Residuos Fibrosos (RF) de sáculos de naranja sometidos a un escaldado con vapor y secados 50 °C, así como su comportamiento al ser incorporados en galletas de maíz, comparando los resultados encontrados con un control tratado bajo las mismas condiciones pero secado a 60 °C.

Las coordenadas CIELAB para los RF fueron: $L^* = 84.92$, $a^* = 2.02$ y $b^* = 18.55$, lo que representa una evidente diferencia en color ($\Delta E = 2.23$) al ser comparados con el control secado a 60 °C. La composición proximal de los RF fue 5.81% de humedad, 3.26% de cenizas, 4.14% de proteína cruda, 1.33% de grasa cruda, 40.21% de FDT y 51.05% de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), no encontrándose diferencia significativa al ser comparado con el control. El tratamiento térmico aplicado fue eficiente para disminuir a niveles considerados inocuos el recuento de bacterias mesofílicas aeróbicas, coliformes totales y mohos y levaduras. La composición de las galletas elaboradas fue la siguiente: 5.26% de humedad, 1.19% de cenizas, 5.56% de proteína bruta, 16.34% de grasa cruda, 6.09% de FDT y 70.82% de ELN, no encontrándose diferencia significativa con la galleta control en la que se incorporó el RF secado a 60 °C. En cuanto a la evaluación estadística del nivel de amargor, se encontró diferencia significativa entre la muestra y el control atribuible al RF incorporado. Con base a lo anterior, los RF de sáculos de naranja secados a 50 °C pueden ser empleados como suplemento de FD de consumo directo, o bien, en alimentos que no requieran de procesamiento térmico en su elaboración.

1. INTRODUCCIÓN.

Hasta hace algunos años las principales fuentes de Fibra Dietética (FD) eran los cereales y las leguminosas, pero en años recientes se encontró que las frutas en general presentan Residuos Fibrosos (RF) de mejor calidad fisiológica. Los RF se llegan a considerar como buenas fuentes en términos de beneficio a la salud por la relación que guardan las porciones de Fibra Dietética Soluble (FDS) y Fibra Dietética Insoluble (FDI). Para que éstos sean considerados con un buen balance FDS/FDI, la proporción deberá ser mínimo de 30/70, siendo calificados con un excelente balance aquellos que presentan una relación 50/50 (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999 y Saura-Calixto *et al.*, 2002).

Existen RF como los provenientes de la extracción de jugo de naranja, específicamente los sáculos, que presentan un alto contenido de FD de buena calidad (47/53). Para la obtención de estos RF se han desarrollado nuevos métodos que mantienen el mayor porcentaje de FDS con la finalidad de conservar su calidad. En la Universidad Tecnológica de la Mixteca se desarrolló un método de escaldado con vapor de agua con un posterior secado a 60 °C para la obtención de estos RF, obteniendo, además del buen balance FDS/FDI, una buena calidad microbiológica de los mismos para el consumo humano (López-Luna *et al.*, 2012).

Se sabe que los procesos térmicos de concentración de jugo de naranja influyen adversamente en sus propiedades sensoriales (Jordán-Bueso, 1999 y Oficina Española de Patentes y Marcas, 1994), lo cual puede ocurrir también en sus RF, por lo que se hace necesario desarrollar procesos de obtención de estos residuos empleando temperaturas y tiempos de secado menores a las convencionales (60 °C).

Debido a lo anteriormente expuesto, en el presente estudio se planteó la obtención de RF de sáculos de naranja empleando 50 °C como temperatura de secado de los mismos, con la finalidad de observar su efecto en las características fisicoquímicas, microbiológicas y de aceptación sensorial.

2. ANTECEDENTES.

2.1. Fibra Dietética (FD).

El término empleado para nombrar este componente de la dieta tiene su origen en la metodología usada para su cuantificación. Antes de la década de 1970 prevaleció el término fibra bruta o fibra cruda, refiriéndose al residuo libre de cenizas que queda después del tratamiento en caliente con ácido e hidróxido de las muestras vegetales, siendo este residuo constituido principalmente por celulosa, lignina y hemicelulosa (Matissek *et al.*, 1998).

Actualmente el término más aceptado es el de FD, definido como el remanente de la parte comestible de las plantas y sustancias análogas a los carbohidratos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con completa o parcial fermentación en el intestino grueso; hallándose dicho residuo constituido por polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias que pueden presentar algún efecto laxante, así como una disminución del colesterol y la glucosa en la sangre. La técnica más empleada para cuantificar su contenido en los alimentos es el método enzimático-gravimétrico de Prosky (Saura-Calixto y García-Alonso, 2001).

2.1.1. Clasificación.

La FD se clasifica con base en su solubilidad en agua en FDS y FDI (Figura 1); ambos tipos de fibra tienen efectos fisiológicos distintos, siendo éstos determinados principalmente por las porciones que guardan estas dos fracciones, sin importar su origen (López y Marcos, 1999).

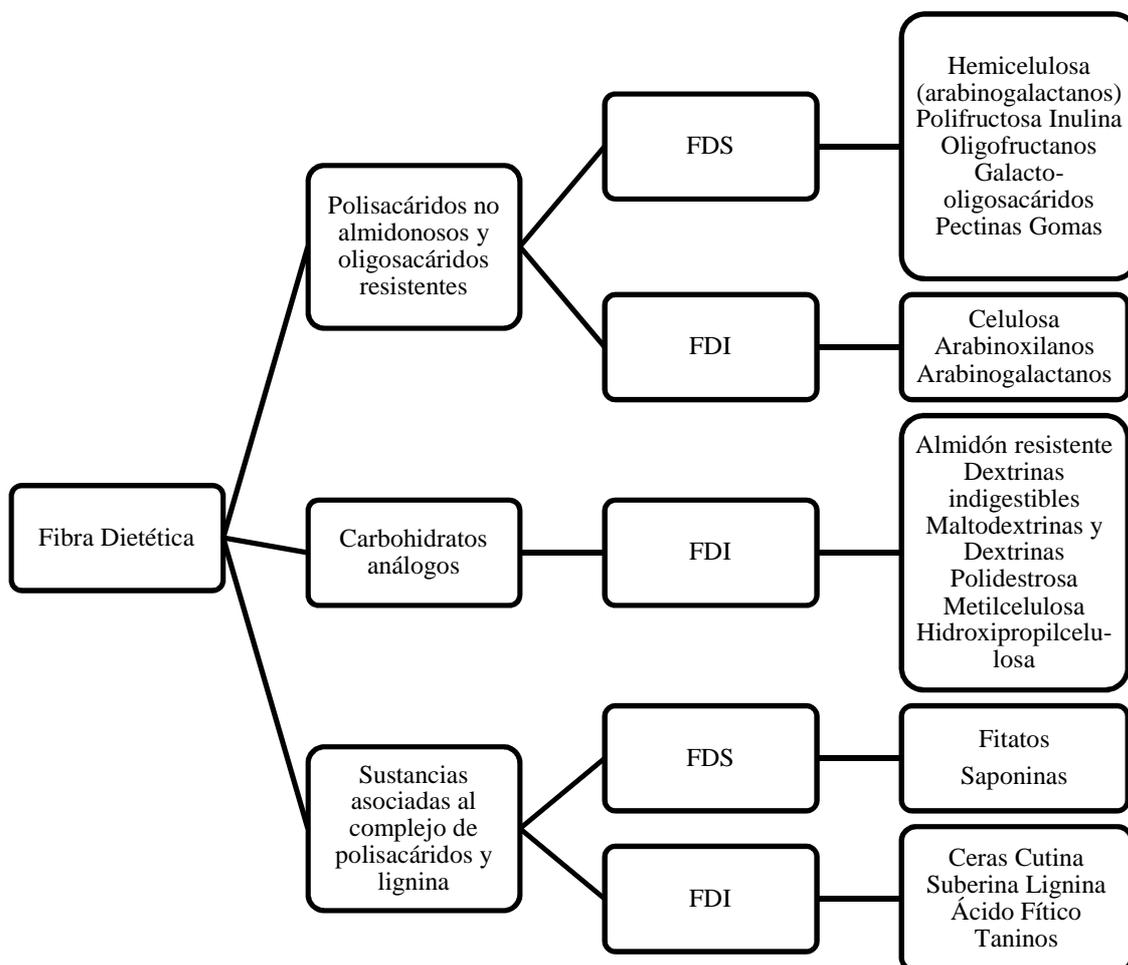


Figura 1. Clasificación de la Fibra Dietética (FD) en base a sus constituyentes.

La FDS forma una dispersión en agua, por lo que favorece la formación de geles viscosos en el tracto gastrointestinal; esta propiedad se ve reflejada en el retraso de la evacuación gástrica, una mayor absorción de alimentos y sensación de saciedad (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani, 2010). Contiene mayoritariamente polisacáridos no-celulósicos tales como la pectina, gomas, algunas hemicelulosas (arabinoxilanos y arabinogalactanos) y mucílagos (Córdoba, 2005). Este tipo de fibra puede encontrarse en altas concentraciones en frutas y algas marinas (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani, 2010).

La FDI tiene la propiedad de retener agua, por lo que aumenta el volumen de las heces, lo que facilita su evacuación, asociándose con la prevención y alivio de algunos trastornos digestivos como el estreñimiento y la constipación (Zambrano *et al.*, 1998). Esta fracción fibrosa está constituida por celulosa, almidón resistente, taninos, cutina, suberinas y lignina (Priego-Mendoza, 2007), siendo su principal fuente los cereales y las leguminosas (Zúñiga, 2005).

2.2. Fuentes de fibra dietética.

Tradicionalmente las principales fuentes de fibra han sido los cereales, sin embargo existen otras como las hortalizas y frutas. El RF más utilizado como ingrediente en los alimentos es el salvado de trigo (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999), pero éste no presenta un buen equilibrio FDS/FDI (4/96) (Duque *et al.*, 1998). En los últimos años, algunos estudios se han enfocado en los subproductos de las industrias de bebidas frutales como cítricos, mango, piña, uva, guayaba y cáscaras de manzana, con la intención de explorar sus potenciales aplicaciones y actividades fisiológicas (Chau y Huang, 2004).

2.2.1. Naranja.

La naranja es una de las frutas más comunes y conocidas a nivel mundial. Pertenece a la clase *Angiospermae*, a la subclase *Dicotiledónea*, a la orden *Rutae*, a la familia *Rutaceae*, al género *Citrus* y a la especie *sinensis*. La naranja es un hesperidio, que es una variante de la baya; consta de varios carpelos o gajos, cada uno de los cuales contiene pulpa de colores variables, entre anaranjado y amarillos, con varias semillas y numerosas células jugosas cubiertas por un exocarpo coriáceo o cáscara de color anaranjado cuyo interior es blanco, el cual contiene varias glándulas llenas de aceites esenciales (Toledo-Gallegos, 2008). Contiene vitaminas, principalmente la C, además de otras como la B1, B2, B3, B5, B6 y E; sales minerales, ácidos orgánicos y pectinas (Espinal, 2005 y Toledo-Gallegos, 2008).

En el año 2013 México ocupó el cuarto lugar a nivel mundial como productor de naranja, produciendo 4,000,108 ton por año (SAGARPA, 2013), cultivándose en estados de

clima tropical y sub-tropical. En el año 2011 las entidades que tuvieron mayor producción de naranja fueron: Veracruz (1,982,952 ton), San Luis Potosí (374,481 ton), Tamaulipas (544,922 ton), Nuevo León (271,955 ton), Puebla (258,694 ton) y Yucatán (143,367 ton) (INEGI, 2012).

Gran parte de la producción mexicana de naranja se destina para el consumo interno y la producción industrial de jugo (Chávez-González y Aguilar, 2012), lo que genera una gran cantidad de desechos, pues los residuos sólidos de la industria extractora de jugos representan el 50% del fruto entero (Sendra *et al.*, 2008 y Rojas *et al.*, 2009).

Los residuos de la industria de jugos son empleados como alimento para animales (Figuerola *et al.*, 2005), o son desechados al medio ambiente con varios efectos y consecuencias por la demora en el proceso de descomposición (USDA, 2010), sin embargo, podrían ser utilizados como una buena fuente de fibra dietética para el consumo humano (Sendra *et al.*, 2008); ya que ésta se ha convertido en un componente importante de los alimentos procesados debido a sus efectos benéficos sobre la salud de los consumidores y a sus propiedades funcionales (Sánchez-Guzmán, 2005 y Sáenz *et al.*, 2007).

Se ha reportado que los residuos agroindustriales de la naranja, específicamente los de la cáscara y el remanente de sáculos, después de la extracción del jugo podrían ser utilizados como fuente de FD debido a que son ricos en pectina y puede estar disponible en grandes cantidades (Grigelmo-Miguel y Martín-Belloso, 1998 y Nassar *et al.*, 2008). El contenido de FDT de sus sáculos puede ser hasta del 81%, con una relación FDS/FDI de 46/54, lo que aumenta el interés de su uso debido a las funciones fisiológicas de ambas fracciones fibrosas (López-Luna *et al.*, 2012), además de que contienen un bajo porcentaje de lípidos e hidratos de carbono asimilables, brindando un bajo aporte calórico (Rincón *et al.*, 2005).

2.3. Tratamientos de obtención de residuos fibrosos.

Los métodos comunes utilizados para la obtención de RF involucran la disminución de su tamaño de partícula, un lavado para eliminar residuos contaminantes y azúcares simples, la filtración y el secado para prolongar su vida de anaquel y, finalmente, la molienda y el

envasado (Fernández-Pérez y Rodríguez-Sánchez, 2001). En estudios realizados por varios investigadores sobre RF obtenidos a partir de desechos cítricos se han propuesto algunas condiciones de secado, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fuentes y condiciones de secado para la obtención de Residuos Fibrosos.

Referencia	Fuente de RF	Condiciones de secado: temperatura y tiempo	Equipo
Lario <i>et al.</i> , (2003)	Cáscaras de limón	65 °C por 24 horas	NR
Figuerola <i>et al.</i> , (2005)	Residuos de Cáscaras de pomelo, limón y naranja.	60 °C por 30 minutos	Túnel de secado
Sendra <i>et al.</i> , (2008)	Cáscaras y albedo	65 °C por 24 horas y 50 °C por 48 horas	Estufa
Fernández-Pérez y Rodríguez-Sánchez (2001)	Sáculos de una mezcla de cítricos	60 °C	Túnel de secado
Nassar <i>et al.</i> , (2008)	Cáscaras y pulpa de naranja	50 °C por 24 horas	Estufa
López-Luna <i>et al.</i> , (2012)	Sáculos de naranja	60 °C por 6 horas	Estufa

NR: No Reportado

Lario *et al.*, (2003) utilizaron cáscaras de limón procesadas mediante una molienda gruesa, un lavado con agua a 90 °C por 5 min, prensado, secado a 65 °C por 24 horas y, finalmente, una molienda en seco. El contenido de bacterias mesofílicas en los RF fue aceptable debido a que el lavado con temperatura alta reduce la población microbiana.

Figuerola *et al.*, (2005) emplearon los residuos de cáscaras de cítricos (pomelo, limón y naranja) después de la extracción del jugo, residuos que lavaron con agua templada (30

°C), secaron a 60 °C por 30 min en un túnel de secado y molieron a un tamaño de partícula entre 500 – 600 µm. Como resultados reportaron un contenido de FDT de 64.3%, con una proporción de FDS/FDI de 1/5.3.

Sendra *et al.*, (2008) utilizaron limones (*Citrus limon*) de las variedades Fino y Verna a los cuales aplicaron dos diferentes tratamientos. Para el primer procedimiento siguieron la metodología aplicada por Lario *et al.*, (2003) ya descrita; para el segundo procedimiento fue utilizado únicamente al albedo del limón, el cual fue escaldado a 100 °C durante 5 min y refrigerado hasta una humedad del 72% para posteriormente deshidratarlo en una estufa a 50 °C durante 48 horas. Ambos RF fueron incorporados en salchichas sin encontrar diferencia estadística en su aceptación sensorial.

Fernández-Pérez y Rodríguez-Sánchez (2001), emplearon exclusivamente sáculos de una mezcla de frutos cítricos aplicando un escaldado con agua en proporción 1/2 (p/v) a 95 °C por 5 min y un secado a 60 °C. El escaldado de los RF redujo el recuento de microorganismos mesofílicos aerobios viables, por lo que su calidad microbiológica fue aceptable, lo que es importante para la industria alimentaria.

Nassar *et al.*, (2008) utilizaron por separado cáscaras y pulpa de naranja. Como primer paso fueron lavados los RF con agua a temperatura ambiente para después escaldarlos en un baño de agua para eliminar los posibles microorganismos patógenos (células vegetativas); posteriormente fueron prensados para eliminar el exceso de agua y secados en estufa a 50 °C por 24 horas; finalmente fueron molidos a un tamaño de partícula de 200 µm. Los porcentajes reportados de FDI, FDS y FDT para cáscaras de naranja fueron 55.48%, 19.39% y 74.87%, respectivamente; y para el caso de la pulpa de naranja los valores reportados fueron 52.81%, 18.06% y 70.64%.

López-Luna *et al.*, (2012), utilizaron sáculos de naranja, los cuales lavaron con agua purificada a temperatura ambiente (1/1.5, p/v), prensaron para eliminar el exceso de agua y escaldaron con vapor saturado por 5 min; posteriormente prensaron los RF para eliminar el exceso de agua, los secaron en una estufa de convección a 60 °C por 6 horas y finalmente los

molieron. Los RF obtenidos por este método presentaron valores de FDI, FDS y FDT del 44.01%, 37.17% y 81.54%, respectivamente. Con el escaldado con vapor de agua el recuento de microorganismos coliformes totales, bacterias mesófilas aerobias, mohos y levaduras disminuyó hasta niveles que no representan un riesgo para el consumo humano.

Como se aprecia en los trabajos realizados sobre los RF de cítricos, las temperaturas y tiempos de secado normalmente empleados son 60 °C por 24 o 48 horas. Para el caso específico de la naranja, Jordán-Bueso (1999) encontró que existen diversos compuestos químicos (terpenos y aldehídos) presentes tanto en el jugo de naranja como en sus residuos (indicando incluso que en la pulpa obtenida como residuo llega a ser mayor la concentración de estos componentes que en el mismo jugo), que tienen una alta sensibilidad al calor, por lo que recomienda su concentración a temperaturas de 50 °C o menores con la finalidad de no afectar sus características de sabor. Esta advertencia podría aplicarse también para los RF de esta agroindustria. Por otra parte se ha reportado que el limoneno (compuesto terpénico más abundante en la naranja) puede ser oxidado o degradado térmicamente a compuestos de sabor menos deseables (Oficina Española de Patentes y Marcas, 1994), lo que refuerza la necesidad de emplear temperaturas menores a las reportadas comúnmente en la bibliografía para el secado de estos RF, evitando así la degradación de sus componentes naturales de sabor.

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo general.

Obtener y caracterizar fisicoquímica, microbiológica y organolépticamente los residuos fibrosos de sáculos de naranja obtenidos mediante escaldado con vapor de agua y secados a 50 °C.

3.2. Objetivos particulares.

1. Obtener la curva de pérdida de humedad de los RF para determinar el tiempo necesario hasta alcanzar un contenido de humedad menor al 10%.
2. Caracterizar fisicoquímicamente los RF obtenidos determinando sus coordenadas de color, su composición proximal y sus fracciones de fibra dietética.
3. Caracterizar microbiológicamente los RF obtenidos para determinar su calidad sanitaria.
4. Determinar la composición química (proximal y fracciones de fibra dietética) de galletas incorporadas con los RF.
5. Evaluar estadísticamente el nivel de amargor de las galletas para conocer el comportamiento de los RF al ser empleados en un alimento.
6. Analizar estadísticamente los resultados de la composición química de los RF y de las galletas elaboradas mediante la determinación de la Diferencia Mínima Significativa (DMS).

4. METODOLOGÍA.

Los pasos que se siguieron para el desarrollo de trabajo se muestran en la Figura 2.

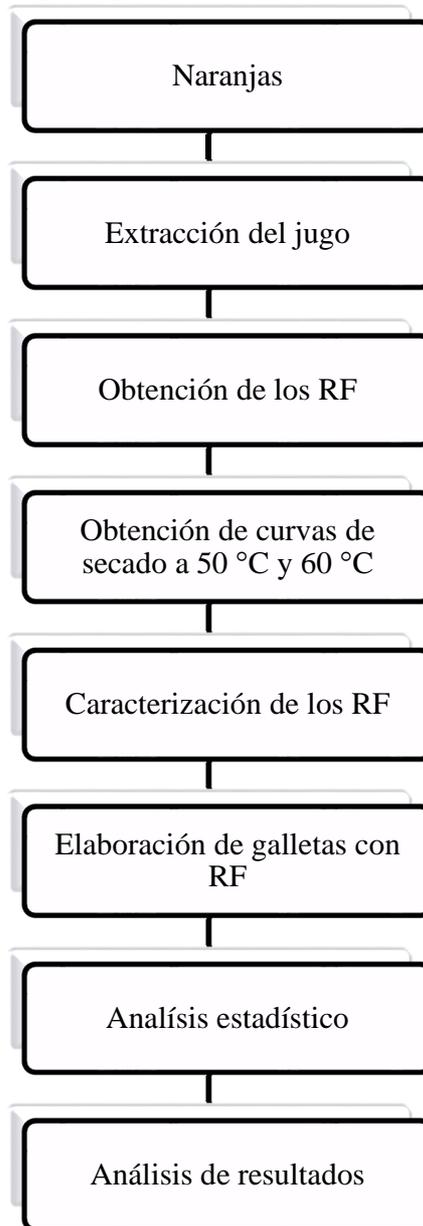


Figura 2. Proceso general del proyecto.

4.1. Obtención de la materia prima.

Se utilizaron naranjas de la variedad valencia, las cuales se obtuvieron en un mercado local de la ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca, de la cosecha de otoño 2012.

4.2. Obtención de RF de sáculos de naranja.

Para la obtención de los RF se empleó una modificación del método propuesto por López-Luna *et al.*, (2012), consistente en la variación de la temperatura de secado de los RF (50 °C).

Las naranjas fueron lavadas, se extrajo su jugo y posteriormente se separaron sus sáculos, los cuales fueron troceados a la mitad y lavados con agua purificada a temperatura ambiente (relación peso/volumen de 1/1.5) mediante mezclado en una amasadora kitchen-Aid a velocidad 1 por 1 min. Se filtraron y prensaron los sáculos lavados con el fin de eliminar el exceso de agua, posteriormente se escaldaron con vapor de agua a presión atmosférica por 5 min y se prensaron nuevamente para eliminar el agua condensada. Finalmente se secaron en un horno de flujo aéreo de convección mecánica (Marca Feliza, modelo: FE292-AD) a 50 °C hasta alcanzar una humedad menor al 10%, se molieron en un molino ciclónico a un tamaño de partícula menor a 500 µm y se almacenaron en frascos de vidrio con tapa de rosca a temperatura ambiente hasta su análisis.

Para efectos de comparación se obtuvo un lote siguiendo el método de López-Luna *et al.* (2012), secando a 60 °C los RF. En la Figura 3 se presentan esquemáticamente estos procesos.

4.2.1. Determinación de la curva de pérdida de humedad y peso.

Como paso previo a la obtención de los RF se elaboraron las curvas de pérdida de humedad para conocer el tiempo necesario para que las muestras alcanzaran un contenido de humedad considerado seguro para su almacenamiento ($H < 10\%$). Las curvas se obtuvieron al

secar a 50 °C y 60 °C muestras de 10 g de sáculos, troceados a un ¼ de su tamaño original, en un horno de flujo aéreo de convección mecánica (Marca Feliza, modelo: FE292-AD)), registrando los pesos a intervalos de 2 h durante 24 h (Cruz, 2002). La determinación de humedad se realizó según el método 925.09 de la AOAC (1997).

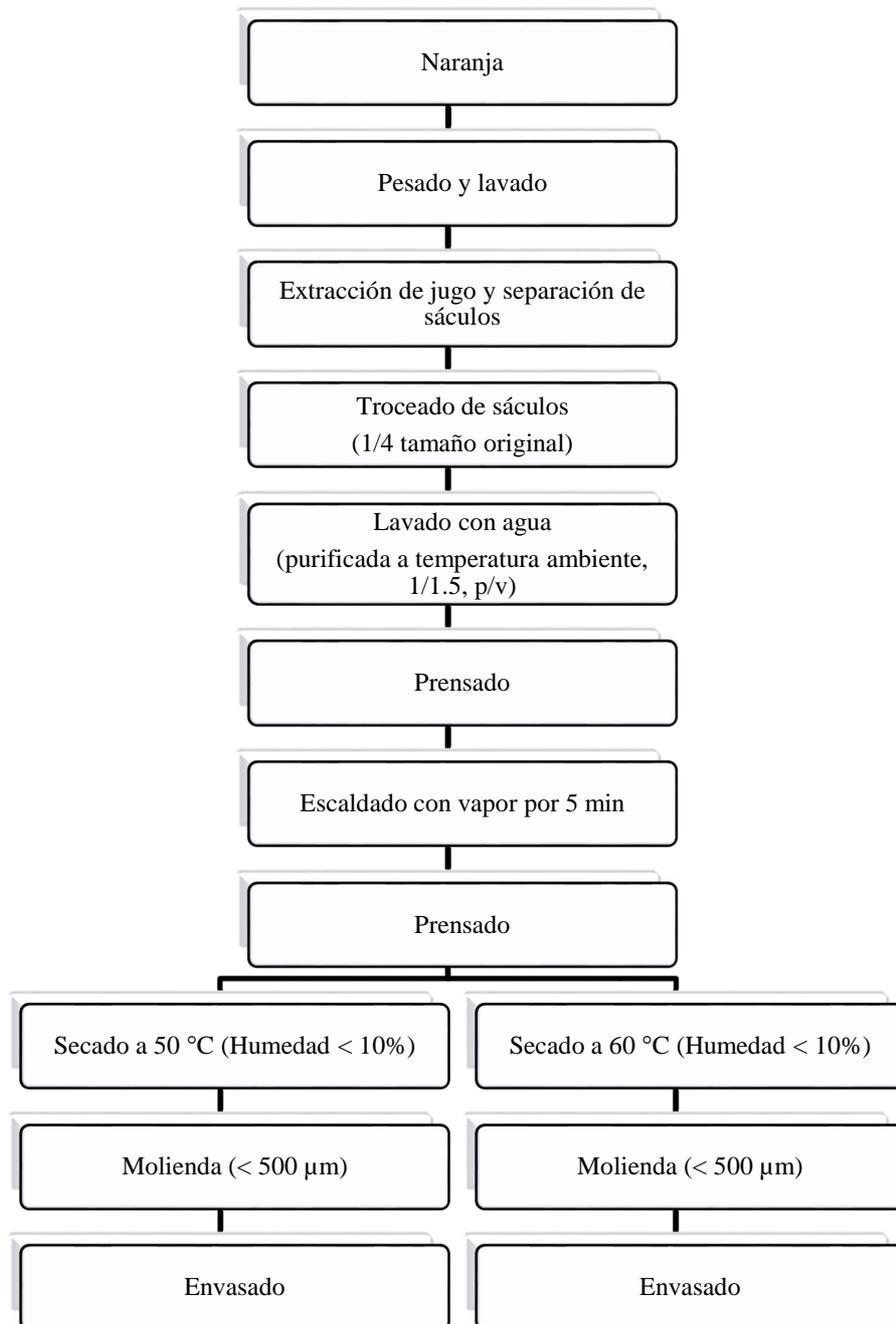


Figura 3. Obtención de los RF a 50 °C y 60 °C.

4.3. Caracterización fisicoquímica.

4.3.1. Color.

Las coordenadas de color L , a^* , b^* , C^* y h del sistema CIELAB se obtuvieron por lectura directa empleando un espectrofotómetro “Ultra Scan VIS Hunter Lab” donde L se relaciona con la claridad y sus valores van de cero (negro) a cien (blanco); a^* define al componente cromático que va de rojo (+) a verde (-); b^* al que va de amarillo (+) a azul (-); C^* y h son valores en coordenadas cilíndricas, donde C^* corresponde a la saturación y h al tono. La diferencia de color (ΔE) se calculó según la fórmula propuesta por Calvo y Durán (1997).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

La lectura se realizó utilizando un ángulo y diámetro de observación de 10° y 1.25 cm, y una fuente de iluminación D65.

4.3.2. Composición proximal.

Se determinó la composición proximal de los residuos de naranja de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AOAC (1997), comprendiendo los siguientes análisis:

- 1) **Humedad** (método 925.09). Calculada como la pérdida de peso por secado de 2 g de RF al secarse en una estufa a 110°C por 2 horas.
- 2) **Cenizas** (método 923.03). Calculadas como el peso remanente tras la calcinación de 2 g (b. s.) de la muestra en una mufla a 550°C por 2 horas.
- 3) **Proteína cruda** (método 2001.11). Determinada usando el método *microkjeldahl*, el cual consiste en la digestión con H_2SO_4 de 0.1 g (b. s.) de muestra desgrasada y su posterior destilación para la recuperación del nitrógeno en ácido bórico y finalmente

la cuantificación volumétrica con NaOH (0.1N), empleando 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína.

- 4) **Grasa cruda** (método 920.39). Cuantificando el contenido de lípidos libres como la pérdida de peso de 5 g de RF (b. s.) tras su extracción semicontinua con éter de petróleo en un sistema *Soxhlet*.
- 5) **Carbohidratos totales**. Expresados como Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) y cuantificados como el porcentaje en peso remanente de la sustracción de los porcentajes en peso de los contenidos de cenizas, grasa cruda, proteína cruda y fibra dietética total.

4.4. Fracciones de fibra dietética.

4.4.1. Fibra dietética total.

La fibra dietética total se determinó mediante el método de Prosky *et al.*, (1988). Se utilizaron cuatro crisoles a peso constante previamente colocados en la mufla durante 45 min a 550 °C para eliminar impurezas; posteriormente se les agregaron 0.5 g de celite (Sigma C-8656) y se les añadieron 10 mL de etanol al 78%, mismo que se eliminó haciendo vacío para formar una capa esparcida de celite; se colocaron en la estufa a 130 °C durante 90 min, se enfriaron en un desecador y se pesaron.

Por otro lado, se pesó por cuadruplicado 1 g de muestra en base seca (b. s.) y se transfirieron a matraces Erlenmeyer de 500 mL; se adicionaron 50 mL de buffer fosfato 0.05 N a pH 6 (se pesaron 9.6593 g de NaH₂PO₄ anhidro y 1.4 de Na₂HPO₄•7H₂O, se diluyeron con 700 mL de agua destilada, se ajustó el pH a 6 con HCl 0.325 N o NaOH 0.275N y se aforó a 1 L); posteriormente los matraces se colocaron por 10 minutos en un baño con agua en ebullición agitando constantemente. Sin sacarlos se les añadieron 0.1 mL de la enzima α -amilasa termoestable (Sigma A – 3306) y se agitaron durante 15 min; una vez pasado el tiempo los matraces se sacaron y se enfriaron al chorro de agua hasta alcanzar la temperatura

ambiente, se midió el pH y se ajustó a 7.5 con NaOH a 0.275N. Posteriormente se colocaron los matraces en el baño de agua a 60 °C durante 10 minutos y sin sacarlos se les agregó 0.1 mL de proteasa (Sigma P -3910) preparada antes de su uso (25 mg de proteasa disuelta en 0.5 mL de buffer de fosfato de pH 6) y se incubaron durante 30 min manteniendo la agitación a 60 rpm. Una vez terminado el tiempo se enfriaron a temperatura ambiente y se les ajustó el pH a 4 - 4.3 con HCl 0.325 N. Se colocaron los matraces en el baño de agua a 60 °C durante 10 min y sin sacarlos se les adicionó 0.1 mL de amiloglucosidasa (Sigma A-9913), se incubaron durante 30 min agitando a 60 rpm. Terminado el tiempo se les adicionó etanol a 95% precalentado a 60 °C en una relación aproximada 1:4 (v/v) y se dejaron reposar a dicha temperatura durante una hora. El contenido de cada matraz se filtró a vacío en cada uno de los crisoles a peso constante y con celite. El residuo retenido se lavó con tres porciones de 20 mL de etanol al 78%, dos porciones de 10 mL de etanol al 95% y dos porciones de 10 mL de acetona.

Los crisoles con el residuo se colocaron a 105 °C durante toda la noche en la estufa, se enfriaron y pesaron. A los residuos de la muestra de dos crisoles se les determinó proteína (Nitrógeno X 6.25) y el residuo de los otros dos se incineró durante 4 horas a 550 °C para después ser enfriados y pesados. Se obtuvo un blanco con el mismo procedimiento de la FDT pero sin adición de muestra.

El contenido de FDT se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% FDT = \frac{(\text{peso del residuo} - \text{proteína} - \text{cenizas} - \text{peso del blanco}) \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

4.4.2. Fibra Dietética Insoluble.

La fibra dietética insoluble se determinó mediante el método de Prosky *et al.*, (1988). Se realizó en forma similar a la FDT pero eliminando el paso de adición del volumen de etanol al 95% en relación 1:4. Los cálculos se realizaron en forma similar a los empleados en la determinación de FDT.

4.4.3. Fibra Dietética Soluble.

La fibra dietética soluble se determinó mediante el método de Prosky *et al.*, (1988), obteniéndose por diferencia entre la fibra dietética total y la fracción insoluble.

$$FDS = FDT - FDI$$

4.5. Caracterización microbiológica.

Se determinaron en los RF los recuentos de microorganismos coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994), bacterias mesofílicas aerobias (NOM-092-SSA1-1994), mohos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994) después de la etapa de molienda, con base en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-110-SSA1-1994), para conocer la efectividad del proceso en su totalidad.

4.6 Elaboración de galletas.

Se elaboraron galletas de maíz sustituyendo el 3% de la harina por RF de naranja, basándose en una formulación casera. En el Cuadro 2 se presentan las proporciones de ingredientes empleados.

Cuadro 2. Formulación de galletas de maíz y RF de naranja.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de maíz	35
Azúcar	12
Esencia de chocolate	1
Chocolate	14
Huevo	6
Agua	19
Mantequilla	10
Residuo fibroso	3

Se mezclaron todos los ingredientes en polvo en una amasadora Kichen Aid, posteriormente se incorporaron los ingredientes líquidos y se amasó a velocidad 3 por 15 min hasta su integración completa. Se laminó la masa a un espesor de 5 mm y se cortó en forma de anillos, los cuales se colocaron en charolas previamente engrasadas y se hornearon a 180 °C por 30 min.

4.7. Evaluación estadística de identificación de amargor.

Se realizó una prueba con un grupo de 80 alumnos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (46 mujeres y 34 hombres) cuyo objetivo fue indicar qué muestra, de las dos que se les presentaron (incorporadas con RF secado a 50 °C o a 60 °C), sentían más amarga, sin posibilidad de empate. Las parejas de galletas fueron colocadas de forma que la mitad de los participantes probaron primero la galleta con RF secado a 50 °C y la otra mitad probó primero la galleta con RF secado a 60 °C. Los datos se tabularon e interpretaron de acuerdo a los métodos estadísticos recomendados por Anzaldua-Morales, (1994) con un nivel de significancia del 5%.

4.8. Análisis estadístico.

Los análisis proximales y de las fracciones de FD para los RF y las galletas se realizaron por duplicado, determinándoseles las medidas de tendencia central y dispersión. Para comparar la composición de las muestras se empleó un análisis de comparación de medias por el método de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) (Montgomery, 2006), con un nivel de significancia del 5%.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. Secado de los RF de naranja.

Para la obtención de las curvas de secado, los RF de naranja secados a 50 °C y a 60 °C presentaron inicialmente un contenido de humedad de 86.27% y 86.48%, respectivamente (Figuras 4 y 5).

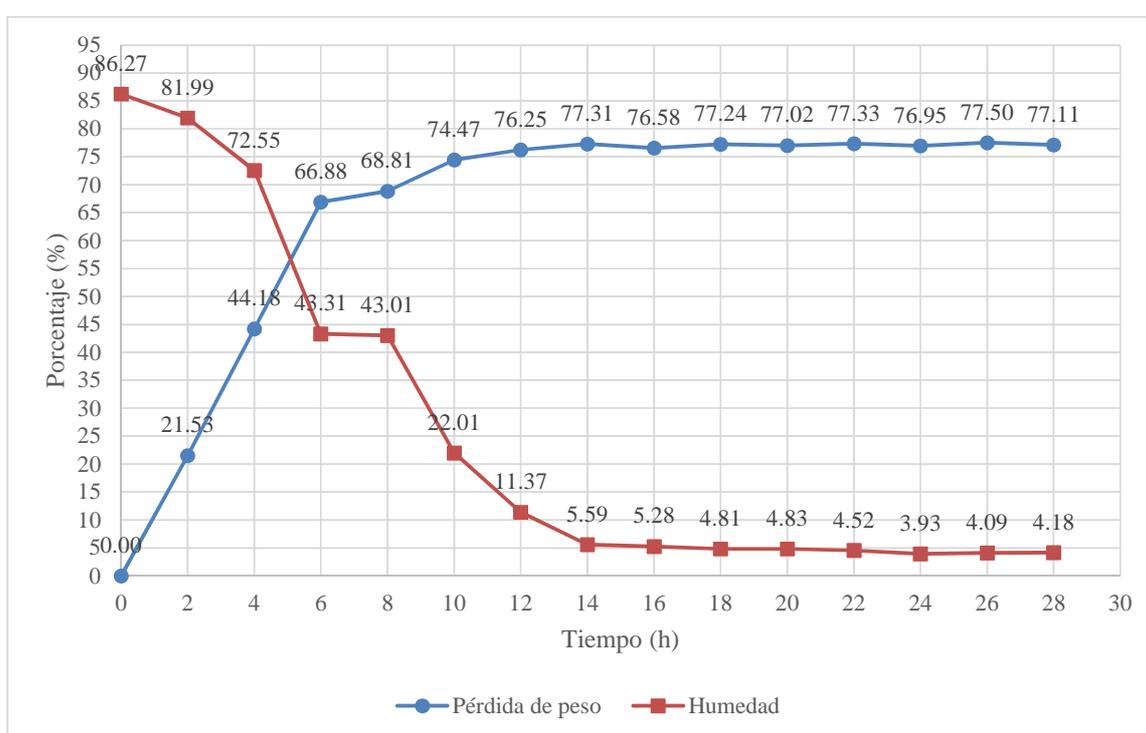


Figura 4. Curvas de pérdida de peso y humedad de los RF de naranja secados a 50 °C.

Se pudo observar que el tiempo para alcanzar una humedad menor al 10% fue mayor a 12 horas a la temperatura de 50 °C (Figura 4). A las 2 horas la reducción de peso fue de 21.53% y la humedad de 81.99%, a las 8 horas de secado la pérdida de peso fue de 68.81% y el contenido de humedad 43.01%. La humedad deseada se alcanzó transcurridas 14 horas (5.59%), obteniéndose una pérdida de peso total de 77.31%. Posterior a este tiempo las variaciones de peso presentadas fueron mínimas.

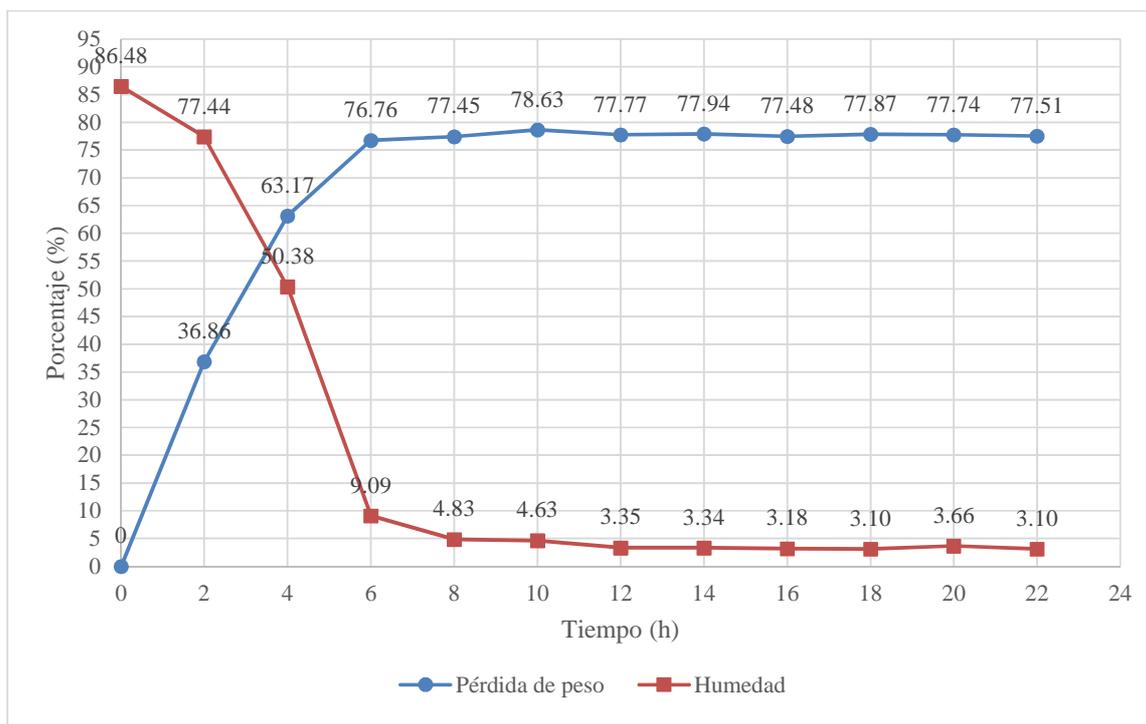


Figura 5. Curva de pérdida de peso y humedad de los RF de naranja secados a 60 °C.

Los RF de naranja secados a 60 °C (Figura 5) inicialmente presentaron un contenido de humedad del 86.48%. Durante las 2 primeras horas de secado el contenido de humedad disminuyó al 77.44% y la pérdida de peso fue de 36.86%. La humedad deseada menor a 10% se alcanzó a las 6 horas de secado, con un contenido de humedad de 9.09% y una pérdida de peso del 76.76%, similar a la humedad reportada por Romero-López *et al.*, (2011) en sáculos de naranja (9.9 %) secados a 60 °C en estufa en un tiempo de 8 horas. Los RF después de 12 horas de secado (3.35% de humedad y 77.77% de pérdida de peso) presentaron pequeñas variaciones en el contenido de humedad y pérdida de peso.

En la operación de secado a 50 °C (Figura 4), para alcanzar una humedad menor al 10%, fue necesario un tiempo de 14 horas (5.59%), menor a las 24 y 48 horas reportadas para cítricos utilizando estufa (Sendra *et al.*, 2008 y Nassar *et al.*, 2008). En el caso de los RF secados a 60 °C, para alcanzar la humedad menor al 10% fue necesario mantenerlos por 8 horas. Este tiempo fue menor a lo reportado para cítricos por Sendra *et al.*, (2008) y Lario *et*

al., (2003), pero mayor al reportado por Priego-Mendoza (2007) y Figuerola *et al.* (2005), quienes reportaron tiempos de 4 h y 30 minutos, respectivamente, empleando otros equipos de secado, lo cual indica que podría disminuirse el tiempo de esta operación con las mejoras inherentes en las características del RF obtenido.

5.2. Caracterización fisicoquímica.

5.2.1. Color.

Las coordenadas de color para los RF secados a 50 °C fueron 84.92, 2.02 y 18.55 para L*, a* y b* respectivamente. Para los RF secados a temperatura de 60 °C se obtuvieron los valores de 82.90, 2.55 y 17.75 para L*, a* y b* respectivamente (Cuadro 3). Para ambas muestras el valor de a* confirma que el tono dominante es el rojo sobre el verde. Para el valor de b* se confirma que en ambos RF el tono dominante es el amarillo sobre el azul. Respecto a los valores de L*, éstos presentaron valores del mismo orden (semejantes a 83). Las tonalidades pálidas encontradas los RF se deben a la disminución de azúcares y a la inactivación de enzimas generadas por el lavado y escaldado realizado a los mismos Lario, *et al.*, (2003).

Cuadro 3. Parámetros de color en la escala CIELAB para los residuos fibrosos.

Muestra	Parámetros				
	L*	a*	b*	h*	C
RF secados a 50 °C	84.92±0.38	2.02 ± 0.10	18.55 ± 0.73	83.78 ± 0.05	18.66 ± 0.74
RF secados a 60 °C	82.90±1.01	2.55 ± 0.17	17.75 ± 0.62	81.84 ± 0.34	17.94 ± 0.63

Ocen y Xu (2013), reportaron para RF de naranja, siguiendo el procedimiento de obtención de Larrauri (1999), (molienda en fresco, lavado con agua caliente, secado de los

RF a 110 °C, y molienda de los RF secos) un valor de luminosidad (L^*) de 77.39, que es menor a los obtenidos en este trabajo (82.9 – 84.9). Para los componentes cromáticos reportaron valores de 8.14 y 19.46 (a^* y b^* , respectivamente). Los valores de b^* son muy similares a los obtenidos en este estudio, sin embargo los valores de a^* son menores, alejándose del rojo y acercándose al verde, lo que indica que los RF obtenidos en proyecto de Ocen y Xu (2013) son de tonalidades más amarillo-anaranjados.

Las diferencias de color fueron calculadas con base a la fórmula de ΔE e interpretadas de acuerdo a la escala reportada por Popov-Raljić *et al.*, (2013), quienes reportan varias categorías de diferencia de color: diferencia imperceptible (0 – 0.5), diferencia apenas notable (0.5 – 1.5), evidente diferencia (1.5 – 3.0), diferencia marcada (3.0 – 6.0), diferencias extremadamente marcadas (6.0 -12.0) y colores de diferente matiz (Superiores a 12). Como se muestra en el Cuadro 4, entre los dos RF de naranja existe una diferencia evidente ($\Delta E = 2.23$). Comparando los RF secados a 50 °C con los reportados por Ocen y Xu (2013), se observan diferencias extremadamente marcadas ($\Delta E = 9.74$), pudiendo deberse estas diferencias a que la temperatura de secado fue mayor para los RF de Ocen y Xu (2013), lo cual indujo su oscurecimiento, reduciendo L^* e incrementando a^* , como mencionan Lario *et al.*, (2003). En el caso de la diferencia de color entre los RF de naranja secados a 50 °C y el salvado de trigo (Sánchez-Guzmán, 2005), se obtuvo un valor de $\Delta E = 15.82$, lo que significa que son muestras con colores de diferentes matices.

Cuadro 4. Diferencias de color, ΔE , de los RF en comparación con otros residuos.

Comparación	ΔE	Tipo
50 °C – 60 °C	2.23	Colores con evidente diferencia
50 °C – Naranja¹	9.74	Colores con diferencias extremadamente marcadas
50 °C – Salvado de trigo²	15.82	Colores de diferente matiz

¹Ocen y Xu (2013), ²Sánchez-Guzmán (2005).

Con base en sus tonalidades, los RF secados a 50 °C podrían ser utilizados para su adición en productos de panificación, sustituyendo el salvado de trigo (Popov-Raljić *et al.*, 2013), en polvos para preparar bebidas (Sánchez-Guzmán, 2005) y en yogurt (Chimborazo,

2011 y Calvo y Fiszman 2001) entre otros productos de tonalidades claras, debido a la baja intensidad de su color, la cual no afectaría la apariencia natural del producto, como generalmente ocurre al adicionar el salvado de trigo.

5.2.2. Composición química de los RF.

La composición proximal de los RF de naranja secados a 50 °C y 60 °C se presenta en el Cuadro 5, y en el Cuadro 9 del anexo su análisis estadístico. La humedad de ambos tratamientos presentó diferencia estadística. Se observó que el contenido de humedad para los RF de naranja secados a 50 °C y 60 °C fue de 5.81% y 6.51%, respectivamente, siendo esta última mayor a la reportada por López-Luna *et al.*, (2012) (6.39%), pero menor a la reportada por Romero-López *et al.*, (2011) (9.9%); también fue menor al 10.23% reportado para pulpa de naranja (Nassar *et al.*, 2008) y menor al 10.5% reportado para residuos de naranja valencia (Figuerola *et al.*, 2005). Fernández-Pérez y Rodríguez-Sánchez (2001), exhortan a obtener productos con niveles de humedad menores al 10% con el fin de asegurar su vida útil y evitar el deterioro de los RF en polvo, por lo que el tratamiento propuesto en el presente estudio cumple con este objetivo.

Cuadro 5. Composición de los RF de naranja a 50 °C y 60 °C.

Componente	RF a 50 °C (%)	RF a 60 °C (%)
Humedad	(5.81 ^b ± 0.01)	(6.51 ^a ± 0.02)
Cenizas	3.26 ^a ± 0.04	3.25 ^a ± 0.07
Proteína cruda	4.14 ^a ± 0.12	3.41 ^a ± 0.07
Grasa Cruda	1.33 ^a ± 0.09	1.83 ^a ± 0.09
Fibra Dietética Total (FDT)	40.21 ^a ± 0.43	40.72 ^a ± 0.09
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	51.05 ^a ± 0.41	50.83 ^a ± 0.11

^{a, b} Valores en la misma fila seguidos de diferentes letras indican diferencia significativa.

El contenido de cenizas de los RF de naranja fue de 3.26% y 3.25% para los RF secados a 50 °C y 60 °C, respectivamente, existiendo igualdad estadística entre ambos. López-Luna *et al.*, (2012) obtuvieron, para la misma muestra y proceso, un contenido de cenizas de 2.81%. Esta diferencia puede deberse a la cosecha y lugar de procedencia de los frutos, así como a los cuidados agronómicos proporcionados a los cultivos.

El contenido de proteína cruda de los RF de naranja secados a 50 °C y 60 °C fue de 4.14% y 3.41%, respectivamente, no presentándose diferencia estadística entre ambos. Los valores anteriores son menores a los reportados por López-Luna *et al.*, (2012) para la misma muestra y proceso (5.62%) pero secados a 60 °C. Nassar *et al.*, (2008), obtuvieron un contenido de proteína de 4.75% en pulpa de naranja escaldada por ebullición y secada a 50 °C por 24 horas y de 5.15% para cáscara de naranja con el mismo tratamiento. Romero-López *et al.*, (2011), reportaron un contenido de proteína de 4.00% en bagazo de naranja cosechada en Veracruz, México, el cual no tuvo tratamiento térmico y fue secado a 60 °C por 8 horas en un secador de charolas. Las diferencias encontradas pueden deberse a las fracciones del fruto de las cuales fueron obtenidos los RF, así como a los lugares y temporadas de las cuales provienen los mismos.

El contenido de grasa cruda entre las muestras secadas a 50 °C y 60 °C fue de 1.33% y 1.83%, respectivamente, presentando igualdad estadística. El valor obtenido se encuentra dentro del rango reportado por Grigelmo-Miguel y Martín-Belloso (1999) para RF de naranja (1.5 - 3.0%), pero es mayor a los porcentajes reportados por Fernández-Pérez y Rodríguez-Sánchez, (2001) para una mezcla de cítricos (0.8%), por Figuerola *et al.*, (2005) para cáscaras de naranja (0.89%) y por López-Luna *et al.*, (2012) para sáculos de naranja (1.29%). Estas diferencias pueden deberse a las porciones de fruto empleadas en la obtención de los RF, a los procesos empleados y a las condiciones edafoclimáticas propias de cada fruto.

El contenido de FDT que presentaron los RF de naranja secados a 50 °C fue de 40.21%, siendo para los RF de naranja secados a 60 °C de 40.72%, encontrándose entre ambos igualdad estadística (Cuadro 5). Ambos contenidos de FDT son parecidos a los reportados por Romero-López *et al.*, (2011) en bagazos de naranja (41.5%), pero menores a los

reportados por López-Luna *et al.*, (2012) para la misma muestra y procesamiento (81.54%), por Figuerola *et al.*, (2005) para residuos de naranja valencia (64.3%), por Sendra *et al.*, (2008) para pulpa de naranja (70.64%) y por Fernández-Pérez y Rodríguez-Sánchez, (2001) para mezcla de cítricos (72.8%). Estas variaciones pueden deberse, en el caso de los RF reportados por López-Luna *et al.*, (2012), como mencionan Grigelmo-Miguel *et al.*, (1999), a que la maduración de las células de las plantas está asociada con un cambio en la composición de la fibra a favor de aumentar las proporciones de celulosa y lignina, además de las variaciones inherentes a los lugares de cultivo y cuidados agronómicos. En el caso de los valores reportados por los otros investigadores, las diferencias pueden deberse a la naturaleza de los RF, ya sea cáscara, pulpa o ambos, así como a los procesos de obtención de los mismos.

Respecto al ELN, este componente presentó igualdad estadística entre ambas muestras (51.05% a 50 °C y 50.83% a 60 °C). De acuerdo a estos resultados, puede concluirse que el secado a 50 ó 60 °C no afecta la composición de los RF, por lo que la decisión de emplear una u otra temperatura podrá hacerse considerando parámetros sensoriales, técnicos o económicos.

5.2.3. Fracciones de fibra dietética.

En el Cuadro 6, se presenta el contenido de FDT, FDI y FDS de los RF, y en el Cuadro 10 del anexo su análisis estadístico. Para las dos fracciones de la fibra se observó igualdad estadística entre ambas muestras (21.45% FDI y 18.76% FDS para los RF a 50 °C y 23.47% FDI y 17.25% FDS para los RF a 60 °C), sin embargo el contenido es menor a lo reportado por López-Luna *et al.*, (2012) para el mismo RF y proceso, empleando una temperatura de secado de 60 °C. Estas diferencias, al igual que para los diferentes componentes de los RF, son atribuidas a la temporada en la cual se produjo la fruta y a su lugar de origen.

Cuadro 6. Contenido de Fibra Dietética Total, Soluble e Insoluble de los RF.

	RF a 50 °C	RF a 60 °C
FDT	40.21 ^a ± 0.43	40.72 ^a ± 0.09
FDI	21.45 ^a ± 1.17	23.47 ^a ± 0.18
FDS	18.76 ^a ± 1.27	17.25 ^a ± 0.09

^a Valores en la misma fila seguidos de la misma letra indican igualdad estadística.

En la Figura 6 se muestran la proporción FDS/FDI de los RF, la cual es de 53/47 para los RF secados a 50 °C y de 58/42 para los RF secados a 60 °C, valores similares a los reportados por López-Luna *et al.*, (2012) (54/46), siendo ambos residuos considerados de buena calidad fisiológica.

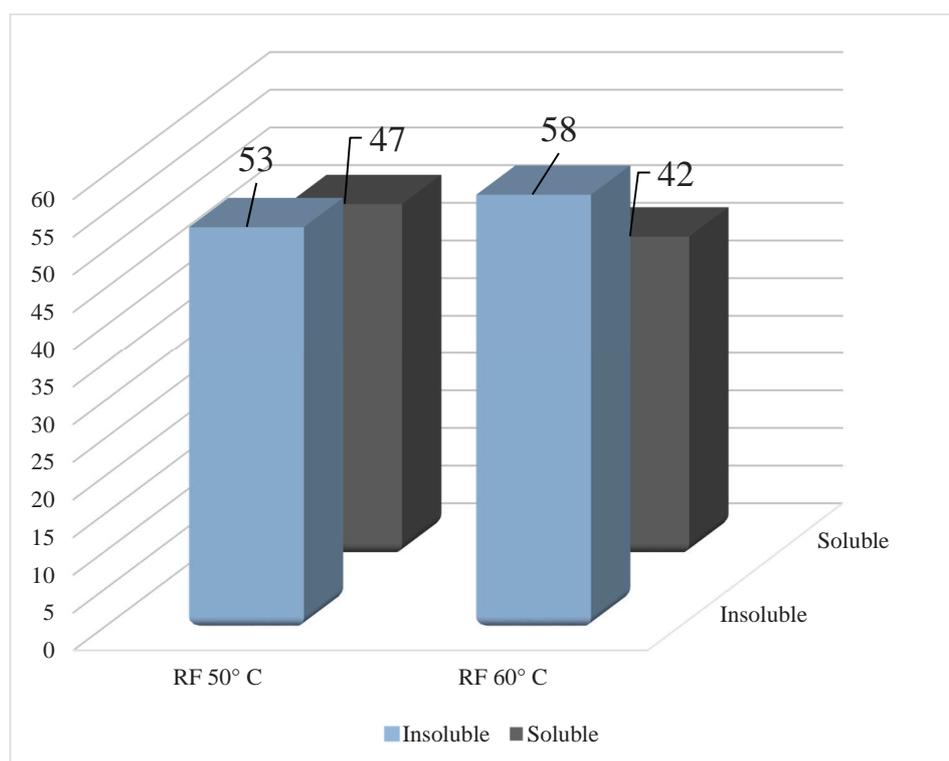


Figura 6. Relación FDS/FDI en los RF secados a 50 °C y 60 °C.

Los RF obtenidos, dado su excelente balance de fracciones soluble e insoluble pueden emplearse en alimentos diseñados para combatir el estreñimiento, incrementar la sensación de saciedad y combatir el síndrome metabólico.

5.3 Caracterización microbiológica.

Los resultados de los análisis microbiológicos realizados a los RF después del secado a 50 °C y 60 °C, se muestran en el Cuadro 7, de acuerdo a las recomendaciones indicadas en la normatividad mexicana.

En el lote secado a 50 °C el recuento de bacterias mesofílicas fue de 3 colonias, sin embargo se reporta como 30 UFC/g “valor estimado” debido a que la dilución más baja utilizada fue 10^{-1} . En el recuento de coliformes totales el crecimiento fue de 6 y 7 colonias en las placas, por lo que se reporta como 60 UFC/g “valor estimado” debido a que la dilución más baja utilizada fue 10^{-1} . El recuento de mohos en la misma dilución fue de 4 y 5 colonias en cada placa, por lo que se reporta como 40 UFC/g “valor estimado”. Finalmente, el recuento de levaduras fue de 10 UFC/g UFC/g “valor estimado” debido a que solamente en una de las cajas (10^{-1}) hubo crecimiento.

En el lote de RF secados a 60 °C el recuento de bacterias mesofílicas fue 2,000 UFC/g; para coliformes totales no hubo crecimiento, sin embargo se reporta como <100 “valor estimado” debido a la dilución más baja utilizada (10^{-2}); para el caso de mohos el crecimiento fue nulo en las placas, por lo que se reporta <100 “valor estimado” ya que fue la dilución 10^{-2} más baja utilizada; finalmente el recuento de levaduras fue de 1,600 UFC/g.

También se realizó el recuento de microorganismos en RF sin tratamiento térmico y secado a 50 °C, con la finalidad de conocer si el proceso de obtención de RF fue eficiente para la reducción de la carga microbiana. El recuento de microorganismos fue de 32,000,000 UFC/g, 60,000 UFC/g, <100 “valor estimado”, 12,000,000 UFC/g para bacterias mesofílicas, coliformes totales, mohos y levaduras, respectivamente. De acuerdo a estos datos, puede

observarse que las operaciones de lavado y escaldado con vapor del procesamiento propuesto en este trabajo sí producen la disminución de la carga microbiana de los RF.

Cuadro 7. Cuenta de microorganismos en RF con diferente tratamiento (UFC/g).

Tipo de Tratamiento	Bacterias mesófilas	Coliformes Totales	Mohos	Levaduras
Tratados con vapor y secados a 50 °C	30 “valor estimado” UFC/g	60 "valor estimado" UFC/g	40 “valor estimado” UFC/g	10 “valor estimado” UFC/g
Tratados con vapor y secados a 60 °C	2,000 UFC/g	<100 “valor estimado” UFC/g	<100 “valor estimado” UFC/g	1,600 UFC/g
Sin tratamiento con vapor y secados a 50 °C	32,000,000 UFC/g	60,000 UFC/g	<100 “valor estimado” UFC/g	12,000,000 UFC/g

Los tratamientos empleando la temperatura de secado a 50 °C y 60 °C para los RF son eficientes para disminuir la alta carga de microorganismos, ya que los valores obtenidos para bacterias mesofílicas, mohos y levaduras (solamente tratamiento de secado a 50 °C), entran en el intervalo reportado por Fernández-Pérez y Rodríguez-Sánchez (2001) para RF comerciales (<10,000 UFC/g, <100 UFC/g y <100 UFC/g para estos microorganismos). El valor de levaduras de los RF secados a 60 °C no entra en el intervalo recomendado (1,600 UFC/g).

La carga microbiana contabilizada en los RF obtenidos en el presente proyecto probablemente se debe a una contaminación en el equipo de molienda, ya que es un dispositivo que se utiliza para moler diferentes tipos de alimentos. La operación de secado también podría representar una fuente de contaminación debido a la convección forzada del aire, la cual promueve la formación de corrientes turbulentas que podrían contaminar los RF en esta etapa de procesamiento.

Existen en el mercado complementos de fibra que presentan niveles similares de microorganismos, como la fibra de arroz sanitizada ($< 10,000$ UFC/g, <100 UFC/g y < 20 UFC/g para bacterias mesofílicas, coliformes, mohos y levaduras, respectivamente) (América Alimentos, 2011). También existen productos listos para su consumo cuya carga microbiana es mayor a las de los RF aquí obtenidos, tal es el caso de las nueces empacadas (149 UFC/g, 139 UFC/g y 520 UFC/g para bacterias mesofílicas, coliformes, mohos y levaduras, respectivamente) y el coco empacado (53 UFC/g y 68 UFC/g para bacterias mesófilas y mohos y levaduras, respectivamente) (Espinoza-Mata *et al.*, 2010). Con base a lo anterior los RF secados a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ podrían ser utilizados como ingredientes de suplementos de FD listos para su consumo.

5.4. Composición química de las galletas.

La composición proximal de las galletas elaboradas se presenta en el Cuadro 8 y en el Cuadro 11 del anexo su análisis estadístico. Como se puede observar las dos galletas no presentan diferencia significativa respecto a su contenido de humedad (5.26% a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 5.07% a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$).

El contenido de cenizas de las galletas con RF secados a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1.19%) no mostró diferencia significativa respecto a la de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (0.98%), lo cual puede deberse al semejante contenido de minerales de ambos RF de naranja. García-Luna (2003), reportó un mayor contenido de cenizas en galletas con salvado de trigo (1.22%), al igual que Wittig de Penna *et al.*, (2003), quienes reportaron un contenido alto de cenizas en galletas de trigo (1.8%). Este alto contenido de cenizas en las galletas puede deberse a que el salvado de trigo contiene un mayor contenido de minerales que los RF de naranja.

Cuadro 8. Composición química de galletas con RF de naranja a 50 °C y 60 °C.

Componente	Galletas con RF a 50 °C (%)	Galletas con RF a 60 °C (%)
Humedad	(5.26 ^a ± 0.03)	(5.07 ^a ± 0.03)
Cenizas	1.19 ^a ± 0.28	0.98 ^a ± 0.00
Proteína cruda	5.56 ^a ± 0.18	5.46 ^b ± 0.18
Grasa Cruda	16.34 ^a ± 0.20	16.65 ^a ± 0.02
Fibra Dietética Total (FDT)	6.09 ^a ± 0.01	6.03 ^a ± 0.13
Fibra Dietética Soluble (FDS)	1.17 ^a ± 0.11	0.84 ^a ± 0.18
Fibra Dietética Insoluble (FDI)	4.91 ^a ± 0.10	5.18 ^a ± 0.31
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	70.82 ^a ± 0.26	70.87 ^a ± 0.03

^{a,b} Valores en la misma fila seguidos de diferentes letras indican diferencia significativa.

El contenido de proteína de las galletas con RF a 50 °C (5.56%) y 60 °C (5.46%) presentó diferencia significativa. García-Luna (2003), reportó para galletas elaboradas con harina de trigo incorporadas con RF de mango criollo o salvado de trigo, en el mismo nivel de incorporación de RF que en este trabajo (3%), contenidos proteicos de 12.04% para las galletas con RF de mango, y de 13.67% para galletas con salvado de trigo. Esta diferencia en el contenido proteico puede deberse principalmente a las diferencias entre el contenido de proteína de la harina trigo (16%) (Pacheco de Delahaye, *et al.*, 2009) y la de harina de maíz (9.2% – 10.49%) (Contreras-Jiménez, 2009).

El contenido de grasa cruda entre las galletas incorporadas con RF secados a 50 °C (16.34%) no presentó diferencia significativa respecto a las galletas con RF secados a 60 °C (16.65%), lo cual se debe a que ambas formulaciones son iguales, siendo la principal fuente de grasas la mantequilla.

Tampoco hubo diferencia significativa entre los contenidos de FDT y sus fracciones entre las dos galletas, lo cual se debe al empleo de la misma formulación para su elaboración y a que en ambas galletas se incorporó el mismo nivel de RF. La cantidad adicionada de RF a la formulación fue pequeña, por lo que no se aprecia en las galletas un alto contenido de

FDS. Respecto al contenido de FDI, éste es mayor que la fracción soluble en las galletas debido a que la harina de maíz contiene naturalmente esta fracción fibrosa en mayor cantidad que la porción soluble (9.4% y 0.2%, respectivamente) (Cho *et al.*, 1997).

Finalmente, los porcentajes de ELN entre las dos galletas tampoco presentaron diferencia significativa, aportando de esta manera la misma cantidad de carbohidratos digeribles a la dieta al ser consumidas.

5.5. Evaluación estadística de identificación de amargor.

Se realizó una evaluación estadística de identificación de amargor entre las galletas elaboradas empleando 80 jueces no entrenados. El 65% de los evaluadores determinó que la galleta a la que se incorporó el RF secado a 50 °C fue la más amarga (Figura 7), obteniéndose diferencia significativa entre las dos muestras evaluadas. Con base a estos resultados, una de las causas por lo que la galleta con RF secados a 50 °C podría haber sido más amarga fue la mayor exposición en tiempo a dicha temperatura durante su secado, siendo ocho horas mayor que el de los secados a 60 °C, debido a que, como se ha reportado, existen componentes en la naranja como el d-limoneno cuyo amargor es acentuado a temperaturas superiores a los 35 °C, debido a reacciones de oxidación (Oficina Española de Patentes y Marcas, 1994).

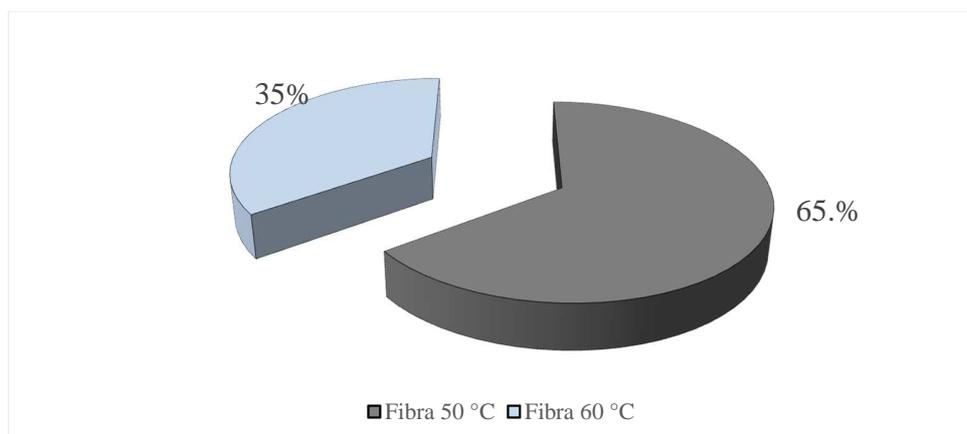


Figura 7. Porcentaje de evaluadores que identificaron el amargor en la muestra.

De acuerdo a estos resultados puede concluirse que se requieren temperaturas y tiempos menores de operación, o bien, mantener la temperatura de 50 °C pero reduciendo el tiempo de secado, para lo cual podría emplearse otro tipo de equipo, como un túnel de secado o un secador indirecto al vacío con anaqueles, el cual se utiliza para secar materiales sensibles a la temperatura (Geankoplis, 1999). Así mismo, es necesario que los RF sean incorporados en alimentos que no requieran de largos procesamientos térmicos a altas temperaturas.

6. CONCLUSIONES.

- Con base en la curva de pérdida de humedad se determinó que el tiempo de secado de los RF a 50 °C es de 14 horas, tiempo necesario para que tengan una humedad segura para su almacenamiento a temperatura ambiente.
- Las coordenadas CIELAB para los RF secados a temperatura de 50 °C fueron $L^* = 84.92$, $a^* = 2.02$ y $b^* = 18.55$. De acuerdo al valor ΔE , la diferencia de color entre la muestra y el control se considera como “de evidente diferencia”.
- La composición de los dos RF fue la siguiente: 5.81% de humedad, 3.26% de cenizas, 4.14% de proteína cruda, 1.33% de grasa cruda, 40.21% de FDT y 51.05% de ELN, solo existiendo diferencia significativa entre ésta y el control secado a 60 °C en el contenido de humedad.
- El análisis microbiológico de los RF secados a 50 °C fue de 30 UFC/g de bacterias mesófilicas “valor estimado”, 60 UFC/g de coliformes totales "valor estimado", 40 UFC/g de mohos “valor estimado” y 10 UFC/g de levaduras “valor estimado”. Estos resultados indican que los RF podrían consumirse directamente sin representar un riesgo para la salud.
- La composición proximal de las galletas elaboradas y adicionadas con RF secados a 50 °C fue la siguiente: 5.26% de humedad, 1.19% de cenizas, 5.56% de proteína bruta, 16.34% de grasa cruda, 6.09% de FDT, de la cual 1.17% fue FDS y 4.91% fue FDI y 70.82% de ELN. Para las galletas con RF secados a 60 °C la composición fue de: 5.07% de humedad, 0.98% de cenizas, 5.46% de proteína cruda, 16.65% de grasa cruda, 6.03% de FDT, de la cual fue 0.84% de FDS y 5.18% de FDI y 70.87% de ELN.
- Se observó diferencia significativa en el nivel de amargor de las galletas de acuerdo al RF incorporado en ellas, siendo la más amarga aquella en la que se adicionó RF secado a 50 °C, por lo que se recomienda incorporar este RF en productos que no requieran de un procesamiento térmico.

7. RECOMENDACIONES.

- Se sugiere obtener los RF empleando un secador de charolas al vacío con la finalidad de disminuir la temperatura y el tiempo de secado, así como contrastar sus características fisicoquímicas y sensoriales con las de los RF obtenidos en el presente estudio.
- Para aprovechar al máximo las propiedades fisiológicas y conocer en qué tipo de productos es mejor incorporar los RF, se recomienda realizar su caracterización funcional.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- América Alimentos S. A. de C. V. (2011). Ingredientes funcionales para la industria alimenticia. Recuperado de: <http://www.americaalimentos.com>
- Anzaldúa-Morales, Antonio. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Association of Official Analytical Chemists. A.O.A.C. (1997). *Official methods of analysis*. Gaithersburg, Maryland: AOAC International. Cap. 2-13, 14; Cap. 4. 25-28; Cap. 32-1,2.
- Calvo, C. y Durán, L. (1997). Propiedades físicas II. Ópticas y color. En Aguilera, J. (ed.), *Temas de Tecnología de Alimentos. Vol. 1* (pp. 261-288). México: CYTED Instituto politécnico Nacional:
- Calvo, C., y Fiszman S. (2001). Influence of colour intensity on the perception of colour and sweetness in various fruit-flavoured yogurts. *European Food Research and Technology*, 213:99–103. doi: 10.1007/s002170100359
- Chau, C. y Huang, Y. (2004). Characterization of passion fruit seed fibers a potential fiber source. *Food Chemistry*, 85, 189-194.
- Cho, S., DeVries, J. y Prosky, L. (1997). *Dietary Fiber Analysis and Applications*. Washington. AOAC.
- Chávez-González, M. y Aguilar, C. (2012). Aprovechamiento de la industria cítrica. Departamento de Investigación en Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Revista de divulgación científica. *Cienciacierta* No. 29. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, México. Recuperado de: www.cienciacierta.uadec.mx

- Chimborazo-Quizhpi, M. (2011). *Efecto de Escaldado y Molienda en las Capacidades de Absorción y Retención de Agua en la Fibra Dietética de Naranja (Citrus sinensis)*. Trabajo de Investigación Sistema Tutorial previo a la Obtención del Título de Ingeniería en Alimentos.
- Córdoba, A. (2005). *Caracterización de propiedades relacionadas con la textura de suspensiones de fibras alimentarias*. (Tesis de Doctorado). Valencia. Universidad Politécnica. Departamento de Tecnología de Alimentos, Valencia, España.
- Contreras-Jiménez, B. (2009). *Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico*. (Tesis para obtener el grado de Maestro). Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Querétaro, Méx.
- Cruz, M. (2002), *Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cáscara de maracuyá (Pasiflora edulis)* (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Duque, R., Gallardo N., Santoyo, M. y Sánchez, P. (1998). Efecto fisiológico de seis tipos de fibras dietéticas sobre el volumen fecal en ratas. En Wistar. En Lajolo, M. y E. Wenzel, E. (eds) *Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2: Fibra Dietética* (pp. 79-85). México: CYTED. Instituto Politécnico Nacional.
- Espinal, C.; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas. 2005. Cítricos. Recuperado de:
http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112155430_caracterizacion_citricos.pdf.
- Espinoza-Mata, A., Paura-Rodríguez, R., Vela-Franco M. y Martínez-Vázquez I. (2010). *Evaluación microbiológica de frutos secos usados para confitería*. IX Congreso de

ciencia de los alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Biológicas. Laboratorio de Microbiología Médica y Sanitaria.

Fernández-Pérez, M. y Rodríguez-Sánchez, J. (2001). Tecnología Para la obtención de fibra dietética a partir de materias primas regionales, la experiencia en cuba. En Lajolo, F., Saura-Calixto, F., Witting, E. y Wenzel, E. (eds.), *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos* (pp. 212-213). Brasil: Varela.

Figuerola, F., Hurtado, M., Estévez, A., Chiffelle, I. y Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from Apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91, 395–401.

García-Luna, I. (2003). *Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (Mangifera indica L.) y su incorporación en galletas*. (Tesis de licenciatura), Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México.

Geankoplis, C. (1999). *Procesos de transporte y operaciones unitarias* (3ª Ed.). México D.F.: Editorial Continental, S.A. de C.V. México. Pág. 581.

Grigelmo-Miguel, N., y Martín-Belloso, O. (1998). Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. *Food Research International*, 31(5), 355–361.

Grigelmo-Miguel, N., Goristein, S. y Martín-Belloso, O. (1999). Characterization of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*, 65, 175-181.

INEGI. (2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. El sector alimentario en México 2012, *Serie estadísticas sectoriales*. No. 26. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/>

- Jordán-Bueso, M. (1999). *Constituyentes Aromáticos del Zumo de Naranja. Efecto del Procesado Industrial*. (Tesis de Doctorado). Murcia, Departamento de Anatomía. Anatomía Patológica Comparadas y Tecnología de los Alimentos, Murcia: España.
- Lario, Y., Sendra, E., García-Pérez, J., Fuentes, C., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J. y Pérez-Alvarez, J. A. (2003). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 113-117.
- Larrauri, J. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Science & Technology*. (10) 3-8.
- López-Luna, J., Priego-Mendoza, N., Betancur-Ancona, D. y Santiago-Gómez, M. (2012). Determinación de un método para la obtención de residuos fibrosos con mayor contenido de fibra dietética soluble. *Revista Salud Publica y Nutrición*, 2, 471- 474.
- López, V. y Marcos, A. (1999). La fibra de cada día. *Cuadernos de nutrición*, 22 (3) 109-114.
- Matissek, R., Steiner, G. y Schnepel, F. (1998). *Análisis de los alimentos, fundamentos-métodos-aplicaciones*, pp. 22-27. España: Editorial Acribia S. A.
- Matos-Chamorro, A. y Chambilla-Mamani, E. (2010). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1 (1) 4-17.
- Montgomery, D. (2006). *Diseño y Análisis de Experimentos*. (2a ed). México: Editorial, Limusa Wiley, 66-67.
- Nassar, A., AbdEl-Hamied, A. y El-Naggar, E. (2008). Effect of Citrus by-Products Flour Incorporation on Chemical, Rheological and Organoleptic Characteristics of Biscuits. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4 (5), 612-616.

- Ocen, D. y Xu, X. (2013). Effect of Citrus Orange (*Citrus sinensis*) By-product Dietary Fiber Preparations on the Quality Characteristics of Frozen Dough Bread. *American Journal of Food Technology*, 8 (1): 43-53
- Oficina Española de Patentes y Marcas. (1994). Procedimiento para producir bebidas que contienen zumo de naranja, estables en almacenamiento. (Publicación ES 2 051 987). Murcia, España.
- Pacheco de Delahaye, E., Peña, J. y Jiménez, P. (2009). Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de panes de trigo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26: 583-598.
- Popov-Raljic, J., Mastilovic, J., Lalicic-Petronijevic, J., Kevresan, Z. y Demin, M. (2013). Sensory and color properties of dietary cookies with different fiber sources during 180 days of storage. *Scientific Paper Hemijska Industrija*, 67(1):123 – 134.
- Priego-Mendoza N. (2007). *Obtención de Fibra Dietética a Partir de Sáculos de Naranja Aplicando un Tratamiento con Vapor*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México.
- Prosky, L., Asp, N., Schweizer, T., De vires, J. y Fruda, I. (1988). Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and foods products: Interlaboratory study. *Journal of the A. O. A. C.*, 71, 1017-1023.
- Rincón A., Vásquez A. y Padilla C. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de harina de cáscara de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55 (3):305-310.
- Rojas, J., Perea, A., Stashenko, E. (2009). Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos. *Vitae, Revista de la Facultad de Química*

Farmacéutica. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Vol 16. No. 1. pp 110-115.

Romero-López, M., Osorio-Díaz, P., Bello-Pérez, L. Tovar, J. y Bernardino-Nicanor, A. (2011). Fiber Concentrate from Orange (*Citrus sinensis L.*) Bagase: Characterization and Application as Bakery Product Ingredient. *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 2174-2186

Sáenz, C., Estévez, A. y Sanhueza, S. (2007). Utilización de residuos de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Depto. de Agroindustria y Enología. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. Vol. 57. No. 2. pp. 186-191

Sánchez-Guzmán, B. (2005). *Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética del fruto del Níspero (Eriobotrya japonica) y de la cáscara de mango obo (Mangifera indica L.)*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México.

SAGARPA (2013). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Coordinación General de Comunicación Social. Recuperado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/infografias/Paginas/naranja.aspx>

Saura-Calixto, F. y García-Alonso, A. (2001), Metodología para el análisis de fibra y carbohidratos. En Lajolo, M., Saura-Calixto, F., Witting, E. y Wenzel, E. (eds.), *Fibra Dietética en Iberoamérica: tecnología y Salud. Obtención, caracterización y efecto fisiológico y aplicación en alimentos*. (pp. 17-25). Brasil: Varela.

Saura-Calixto, F., Cambrodón, G., Abarrán, M. y Ferrer, P. (2002). Fibra dietética en cerveza: contenido, composición y evaluación nutricional. *Centro de Información Cerveza y Salud*, 4-19, 43.

- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994). Bienes y Servicios. NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. México.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994). Bienes y Servicios. NOM-110-SSA1-1994. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. México.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994). Bienes y Servicios. NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. México.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1994). Bienes y servicios. NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. México.
- Sendra, E., Lario, Y., Sayas-Barberá, E., Pérez-Álvarez, J., Alesón-Carbonell, L., Fernández-Ginés, J. y Fernández-López, J. (2008), Obtention of lemon fibre from lemon juice by products. *AgroFOOD industry hi-tech*, 19 (2), 22-24.
- Toledo-Gallegos, V. (2008). *Desarrollo de gajos de naranja estabilizados por tratamiento térmico*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla, México.
- USDA. (2010). Monografía de la naranja II. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. Artículo Técnico de Producción. México. Pág.1 – 3. Recuperado de: www.oeidrusveracruz.gob.mx
- Witting de Penna, E., Avendaño, P., Soto, D., y Bunger, A. (2003). Caracterización química y sensorial de bizcochuelos enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el anciano. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*. Órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición Vol. 53. N° 1.

Zambrano, Z., Hernández-Hernández A., y Gallardo-Navarro, Y. (1998). Caracterización fisicoquímica del Nopal. En Lajolo, M. y Wenzel, E. (eds.), *Temas de tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra dietética* (pp. 29-41). México: CYTED. Instituto Politécnico Nacional.

Zuñiga M. (2005). *Caracterización de fibra dietaría en orujo y capacidad antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva.* (Tesis de Licenciatura). Santiago. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

ANEXO

Cuadro 9. Cálculo de la Diferencia Mínima Significativa de los RF.

Componente	RF a 50 °C (medias de muestra)	RF a 60 °C (medias de muestras)	Diferencia entre muestra	DMS calculado	Diferencia significativa del 5%
Humedad	5.81	6.51	0.70	0.12	SI
Cenizas	3.26	3.25	0.01	0.74	NO
Proteína Cruda	4.14	3.41	0.73	1.23	NO
Grasa Cruda	1.33	1.83	0.50	1.22	NO
Fibra Dietética	40.21	40.72	0.51	2.14	NO
Total (FDT)					
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	51.05	50.83	0.22	1.95	NO

Cuadro 10. Cálculo de la Diferencia Mínima Significativa de las fracciones de RF

Componente	RF a 50 °C (medias de muestra)	RF a 60 °C (medias de muestras)	Diferencia entre muestra	DMS calculado	Diferencia significativa del 5%
FDT	40.21	40.72	0.51	2.14	NO
FDI	21.45	23.47	2.02	9.67	NO
FDS	18.76	17.25	1.52	7.53	NO

Cuadro 11. Cálculo de la Diferencia Mínima Significativa de las galletas con RF.

Componente	RF a 50 °C (medias de muestra)	RF a 60 °C (medias de muestras)	Diferencia entre muestra	DMS calculado	Diferencia significativa del 5%
Humedad	5.26	5.07	0.19	0.39	NO
Cenizas	1.19	0.98	0.21	1.84	NO
Proteína Cruda	5.56	5.46	0.10	0.03	SI
Grasa Cruda	16.34	16.65	0.31	1.15	NO
Fibra Dietética	6.09	6.03	0.06	0.77	NO
Total (FDT)					
Fibra Dietética	1.17	0.84	0.33	1.88	NO
Soluble (FDS)					
Fibra Dietética	4.91	5.18	0.27	2.65	NO
Insoluble (FDI)					
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	70.82	70.87	0.05	1.51	NO