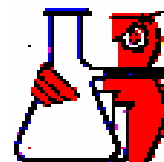




BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
ESPECIALIDAD EN TECNOLOGIA E INOCUIDAD DE LOS
ALIMENTOS



ELABORACIÓN DE GALLETAS, EMPLEANDO HARINA INTEGRAL DE
XOCONOSTLE (*Opuntia joconostle*)

TESINA
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
TECNOLOGIA E INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS

PRESENTA:
I.Q. MARYAN ROSALINA ROMERO DOMÍNGUEZ

DIRECTORA DE TESINA
M. C. ROSA MARÍA DÁVILA MÁRQUEZ
ASESOR METODOLOGICO
MES. SILVIA VÁZQUEZ MONTIEL

PUEBLA, PUE

Diciembre, 2014

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	JUSTIFICACIÓN.....	3
3	OBJETIVOS.....	4
3.1	General	4
3.2	Específicos.....	4
4	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
4.1	Generalidades del nopal	5
4.2	El género <i>Opuntia</i> , origen y taxonomía.....	5
4.3	Xoconostles; Taxonomía y Distribución.	8
4.4	Alimento Funcional.....	11
4.5	Fibra dietética.....	12
4.6	Antioxidantes.....	14
4.7	Galletas	15
4.7.1	Clasificación.....	16
4.7.2	Elaboración.....	17
4.7.3	Valor nutricional.....	17
5	DIAGRAMA DE TRABAJO	19
6	MATERIAL Y MÉTODOS	20
7	METODOLOGÍA.....	21
7.1	Elaboración de la harina de xoconostle.....	21
7.2	Formulación del producto.....	22
7.3	Elaboración de las galletas	23
7.4	Análisis sensorial	23
7.5	Análisis Físicoquímicos	23
7.6	Análisis Microbiológico	24

8	RESULTADOS	25
8.1	Harina integral de <i>O. joconostle</i>	25
8.2	Formulación del producto	25
8.3	Evaluación sensorial	26
8.4	Análisis fisicoquímico y fibra dietética	28
8.5	Análisis microbiológico	29
9	Conclusión	30
10	RECOMENDACIONES	31
11	BIBLIOGRAFÍA.....	32
12	ANEXOS	36
	Anexo 1 Boleta empleada en la evaluación por escala Hedónica.....	36
	Anexo 2 Determinación de fibra dietética.....	37
	Anexo 3 ANOVA	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Quince Especies de Xoconostles Reconocidas	8
Tabla 2 Caracterización Promedio de 11 Colectas de <i>Opuntia joconostle</i>	10
Tabla 3 Composición Química <i>O. joconostle</i>	11
Tabla 4 Composición química aproximada (g/100g) de diferentes tipos de galletas comerciales	18
Tabla 5 Tabla de métodos y referencias	20
Tabla 6 Formulaciones de las galletas	22
Tabla 7 Límites máximos permisibles de microorganismos en galletas	24
Tabla 8 Rendimiento de la Harina integral de xoconostle	25
Tabla 9 Promedios análisis sensorial de apariencia, color, olor, sabor y textura en galletas elaboradas con 2% de harina de <i>O. joconostle</i>	27
Tabla 10 Promedios análisis sensorial de apariencia, color, olor, sabor y textura en galletas elaboradas con 4% de harina de <i>O. joconostle</i>	27
Tabla 11 Resultados del análisis fisicoquímico y de fibra dietética en galletas con 2% de harina integral de xoconostle 100g	28
Tabla 12 Comparación de contenidos entre galleta María y Xoconostle.....	28
Tabla 13 Análisis microbiológico de galletas con harina integral de <i>O. joconostle</i> 2%	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa nopales tunas y xoconostles	7
Figura 2 Distribución de las especies de <i>Opuntia</i> productoras de xoconostle	9
Figura 3 <i>Opuntia joconostle</i>	9
Figura 5 Deshidratación del xoconostle <i>O joconostle</i>	21
Figura 6 Obtención de harina de xoconostle <i>O. joconostle</i>	22
Figura 7 Harina integral de xoconostle	25
Figura 8 Masa de galleta: de izquierda a derecha 2, 4 y 6% de harina de xoconostle	26
Figura 9 Cocción de las galletas adicionadas con harina integral de <i>O. joconostle</i>	26
Figura 10 Grafico de comparación de apariencia, color, olor sabor y textura de las galletas al 2 y4%	27

RESUMEN

Es importante para cada individuo tener una alimentación equilibrada y obtener la energía necesaria para realizar las actividades cotidianas. Las galletas son un alimento que aportan nutrientes diferentes según cada variedad.

El objetivo del proyecto fue elaborar galletas enriquecidas con fibra de xoconostle (*O. joconostle*), un fruto 100% mexicano utilizado en medicina popular como un tratamiento para la diabetes, la hipertensión, el colesterol, la obesidad y enfermedades respiratorias gracias a que es una excelente fuente de fibra, minerales y antioxidantes. (Guzmán y col, 2010) con la ventaja de que este fruto se encuentra disponible todo el año.

En el presente trabajo se elaboró harina a partir de la deshidratación de la tuna ácida (*O. joconostle*) Esta harina se empleó en la elaboración de las galletas con tres porcentajes de sustitución (2, 4 y 6 %). En una primera evaluación sensorial mediante la prueba de aceptación-rechazo, se excluyó la galleta con 6% de sustitución, por su fuerte sabor ácido. El análisis sensorial de las galletas con 2 y 4% de sustitución sometido a la prueba estadística ANOVA demostró diferencia significativa entre las galletas ($p < 0.05$) siendo la de 2% la mejor calificada

Las galletas elegidas (2%) presentaron una composición de 3.1% de humedad, 1.02 % de cenizas, 6.5% de proteínas, 23% de grasas y 7.5% de fibra dietética.

El análisis microbiológico de coliformes totales, hongos, levaduras y bacterias mesofílicas aerobias, demostró, que las galletas se encontraban en correcto estado higiénico-sanitario.

En conclusión es posible elaborar galletas adicionadas con harina integral de xoconostle (*O. joconostle*) con buena aceptación por parte de los consumidores y un aporte de fibra dietética mayor al de las galletas convencionales.

1 INTRODUCCIÓN

Para el hombre y para la mujer de hoy en día, la alimentación es un continuo conflicto. Es necesario buscar un equilibrio entre lo que se tiene al alcance y las necesidades fisiológicas; las tendencias mundiales de alimentación indican un interés acentuado del consumidor a ciertos alimentos, ya sean naturales o procesados, que además del valor nutritivo aportan beneficios a las funciones biológicas del organismo humano, favoreciendo la salud, la capacidad física y el estado mental, a estos alimentos se les denomina “alimentos funcionales”, “alimentos diseñados” o “nutracéuticos”. (Briones R y *col*, 2008).

México es un país rico en alimentos, su flora y fauna brindan diferentes variedades, pero desafortunadamente estos no son explotados, el campo es abandonado, la riqueza alimentaria no es aprovechada como debiera y la tecnología y el apoyo de nuevos productos es en muchos casos es deficiente o escasa. Por ello es importante la investigación y promoción de las riquezas alimentarias a través de productos innovadores que se adapten al nuevo estilo de vida y exploten los recursos naturales como el Xoconostle, un fruto poco conocido que existe desde épocas prehispánicas. Sirve como resaltador de sabores en salsas y como agente conservador por su alto contenido de antioxidantes y su alta acidez, también se ha usado en cosméticos y en los últimos años se han elaborado diferentes productos alimenticios como mermeladas, vinos y dulces entre otros. (CONABIO, 2008)

Los xoconostles o tunas ácidas son frutas apreciadas por su mesocarpio carnoso y ácido, son morfológicamente diferente de las tunas que son dulces, jugosas y con semillas; ambas crecen en el altiplano semiárido del centro de México, toleran suelos pobres y lluvias escasas, desarrollado como cultivo formal durante las últimas cinco décadas. Los xoconostles silvestres son abundantes en las regiones semiáridas de México; Su cáscara es rica en fibra, minerales, fenoles y betalainas solubles; presenta mayor capacidad antioxidante que la fresa, frambuesa, ciruela roja, uva, pera y manzana. (Scheinvar y *col*. 2012)

Una propiedad importante del Xoconostle como se mencionó antes es su alto contenido de fibra dietética, la carencia de fibra dietética en la dieta del hombre, es un factor causal de numerosas enfermedades denominadas “enfermedades de la civilización”, como la diabetes, obesidad, diverticulosis, las enfermedades cardiovasculares, etc (Sáenz y col. 2002).

Es necesaria por ello una ingesta rica en fibra, el fin de la siguiente investigación fue elaborar un producto práctico como las galletas, rico, accesible y nutritivo que complemente la ingesta diaria de fibra y explote los recursos naturales del país impulsando el consumo de este fruto que está disponible todo el año y aporta diferentes beneficios.

2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existen diferentes enfermedades asociadas al bajo consumo de fibra. La vida cotidiana, los malos hábitos alimenticios, el ritmo acelerado que se lleva, son factores que propician que las personas no lleven una alimentación saludable y no consuman los alimentos propicios para estar bien nutridos y tener un buen metabolismo, esta deficiencia en la alimentación está asociada con diferentes enfermedades como estreñimiento, hemorroides, intestino irritable, cánceres de colon, recto, enfermedades del corazón, entre algunos padecimientos. Por ello es importante prevenir estas enfermedades manteniendo un consumo de fibra adecuado y la mejor manera de obtener ésta, es a partir de productos ricos y derivados de la naturaleza, ante esta necesidad se requiere elaborar un alimento práctico, rico en fibra y de fácil transporte por ello se escogió elaborar galletas con harina de xoconostle (*Opuntia joconostle*) ya que este fruto tiene un alto contenido de fibra, antioxidantes, vitaminas que son benéficos para la salud, además que el xoconostle es un producto cien por ciento mexicano que se cosecha todo el año y resiste condiciones de tiempo largos y climas extremos.

3 OBJETIVOS

3.1 General

- Elaborar galletas, empleando harina integral de xoconostle (*Opuntia joconostle*).

3.2 Específicos

- Obtener harina integral a partir del xoconostle (*Opuntia joconostle*) y elaborar diferentes formulaciones de galletas variando la cantidad de la misma.
- Realizar el análisis Físicoquímico y cuantificar la fibra dietética de la galleta con harina integral de xoconostle (*Opuntia joconostle*).
- Realizar la evaluación sensorial de las galletas con harina integral de xoconostle (*Opuntia joconostle*.)
- Realizar el análisis microbiológico de las galletas con harina integral de xoconostle (*Opuntia joconostle*.)

4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Generalidades del nopal

Los nopales son característicos de los paisajes semiáridos de México, se encuentran desde el norte hasta el centro del país y alcanzan su mayor complejidad y riqueza en el Altiplano central. Los nopales son el género de mayor distribución de la familia de las cactáceas y fueron nombrados por Linneo en 1753 como *Cactus opuntia*. Posteriormente, Miller corrigió y *Opuntia ficus-indica* fue designada como especie tipo del género (CONABIO 2008).

Varias son las formas de aprovechamiento del nopal. Las nopaleras silvestres cubren cerca de un millón y medio de hectáreas, de ellos se obtienen nopalitos o cladodios, tunas y xoconostles para autoconsumo, venta en fresco o procesados. El cultivo de plantaciones comenzó en 1950 hoy existen cerca de 56,000 hectáreas cultivadas de las cuales 78% se dedican a la producción de tuna 20% de nopalito y menos del 2% a la de xoconostle.(COMENTUNA, 2008).

Los nopales producen dos diferentes tipos de frutos, los frutos dulces se denominan tunas y los ácidos o agridulces son los xoconostles (en náhuatl, xoco = ácida; nochtli = tuna) (COMENTUNA, 2008).

A través de nuestra historia el xoconostle y los derivados del nopal han sido de gran importancia cultural, medicinal y económica, utilizados desde épocas prehispánicas,(Scheinvar, 1999).

4.2 El género *Opuntia*, origen y taxonomía.

El género *Opuntia* es el más diverso y ampliamente distribuido en América, dentro de las cactáceas, existen de 191 a 220 especies reportados por Anderson (2001), Hunt (2002), Stuppy (2002), Wallace y Dickie (2002) (CONABIO 2008), se consideran de 60 a 90 especies de *Opuntias* silvestres en México, casi el 50% del total de las especies conocidas del género *Opuntia* se sitúan en el Continente Americano, de las cuales 62 (66.7%) son endémicas.

Este género, así como toda la Familia Cactaceae, es originario de América, la ausencia de especies nativas fuera de este continente refleja un origen reciente de la familia. (Bravo, 1978) la subfamilia *Opuntioideae*, adquirió sus características xerófitas a partir de flora mesófila de la región, a fines del terciario.

Las *Opuntia* se distribuyen en diferentes tipos de vegetación, pero cuando se asocian con diferentes especies del mismo género, en un área determinada forman el llamado matorral crasicaula (Rzedowskii, 1978) mejor conocido como “nopalera” (Miranda y Hernández, 1963). Existen otro tipo de nopaleras creciendo como cercas vivas, en huertos familiares y en plantaciones comerciales (Colunga 1984). Aún no se cuentan con datos precisos que sustenten la región de origen del género *Opuntia*, sin embargo México es un importante centro de diversificación de este género (Bravo, 1978).

La taxonomía de las *Opuntia* en la mayoría de los sistemas de clasificación contiene errores en conceptos de género y especie, generando mucha similitud entre especies, además que su origen reciente las hace estar en estado activo de evolución y por lo tanto de diferenciación. Así mismo, la variación puede deberse no sólo a cambios genéticos sino también a las diferencias en las condiciones ambientales, las cuales afectan la talla, coloración de la flor, longitud de espinas, etc. dando lugar a confusiones (Reyes, 2005). Esto se agrava debido a la gran hibridación, bajo condiciones naturales. Así mismo, la antigua y continua selección de plantas por sus frutos y tallos, han perpetuado muchas variedades ligeramente diferentes, dando como resultado un gran polimorfismo en este género (Bravo 1978).

Los estados productores de tuna y xoconostle, pueden agruparse en dos grandes regiones: Región Centro-Norte que comprende los Estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y Jalisco y la Región Centro-Sur Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla, en la figura 1 se muestra su distribución. (Gallegos-Vázquez y col. 2003)

4.3 Xoconostles; Taxonomía y Distribución.

El vocablo xoconostle refiere a toda aquella cactácea productora de frutos ácidos, no es propiamente una categoría. Hay varias especies de xoconostle, nueve fueron reportados por Olivares-Orozco, mientras que Scheinvar, describe nueve *Opuntia* y una especie *Cylindropuntia*. Durante el desarrollo del proyecto GE005 “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos” (Scheinvar L. y col. 2011), se han encontrado otras especies que hasta la fecha no habían sido reconocidas como productoras de xoconostles, relacionadas en la Tabla 1, por lo que se desconoce el número total de especies productoras de xoconostles, Scheinvar menciona que éste número de especies podría elevarse a 20 o más, todas endémicas de México.

Tabla 1 Quince Especies de Xoconostles Reconocidas

<i>O. chavena</i> Griffiths	<i>O. matudae</i> Scheinvar
<i>O. chiangiana</i> Scheinvar & Manzanero	<i>O. oligacantha</i> Pfeiff.
<i>O. durangensis</i> Britton & Rose	<i>O. olmeca</i> Pérez, Reyes y Brachet
<i>O. elizondoana</i> E. Sánchez & Villaseñor	<i>O. scheeri</i> F.A.C.Weber
<i>O. guilanchi</i> Griffiths	<i>O. spinulifera</i> Salm-Dyck
<i>O. heliabravoana</i> Scheinvar	<i>O. tehuacana</i> Arias y Guzmán
<i>O. joconostle</i> F.A.C.Weber	<i>O. zamudioi</i> Scheinvar
<i>O. leucotricha</i> Salm-Dyck	

Fuente: Scheinvar y col. 2011.

La distribución de estos xoconostles se presenta en la figura 2. La especie de mayor consumo y la más común es *O. joconostle*. Los frutos de *Opuntia joconostle* se reconocen por sus paredes gruesas, comestibles y pulpa muy escasa (mesocarpio), en el centro (endocarpio) tiene semillas. (Figura 3). Su maduración es lenta, después de la maduración puede permanecer conectado a la plataforma o cladodios de 6 meses a casi un año (CONABIO 2008) siendo esta una característica agronómica valiosa. Esta característica está probablemente asociada con la baja tasa de etileno liberado durante la maduración (Ávalos-Andrade y col, 2006).

Se ha observado que sus frutos no caen de las pencas cuando maduran, pudiendo quedar hasta muchos meses sobre ellas, por lo que hay xoconostles durante todo el año. (Scheinvar L. y col, 2011)

Figura 2 Distribución de las especies de *Opuntia* productoras de xoconostle



Figura 3 *Opuntia joconostle*



tuna ácida xoconochтли ixkähä

Su maduración es más lenta, puede durar seis meses, y el fruto permanecer en la planta largo tiempo.



Fuente: CONABIO 2008

El xoconostle se ha utilizado en medicina popular como un tratamiento para la diabetes, la hipertensión, el colesterol, la obesidad y las enfermedades respiratorias. La cáscara es una excelente fuente de fibra, minerales, fenoles simples y solubles así como de betalaínas (Guzmán y col, 2010) Una porción de 100 g de cáscara y piel podría aportar hasta el 58% y el 13% de los requisitos diarios de hierro y zinc, respectivamente. La cáscara y la piel del xoconostle muestran considerablemente capacidad antioxidante.

Las principales características de *O. joconostle*, se muestran en la Tabla 2, este fruto en comparación con *O. ficus-indica*, (tuna dulce) tienen un menor tamaño, el contenido de sólidos solubles de los frutos de *O. joconostle* mucho menor (cerca del 5%) y el contenido de ácido ascórbico (76.8mg/100g) es mayor. (Scheinvar, 1999). Esta característica hace que la tuna sea un fruto apto para ser sometido a procesos de transformación tales como la concentración y la deshidratación, que aprovechan la disminución de la actividad del agua (Sáenz, 2006).

Tabla 2 Caracterización Promedio de 11 Colectas de *Opuntia joconostle*

Peso fruto (g)	Pulpa (g/100 g)	Materia seca en pulpa (g/100 g)	Sólidos solubles (g/100 g)	Ácido ascórbico (mg/100 g)	Pectinas (g/100 g)
53,36	69,38	6,27	5,32	76,80	0,799

Fuente: Mayorga et al (1990), tomado de Sáenz C., 2006

Los frutos de *O. joconostle* presentan acidez en un rango de pH de 3.7 a 4.5. Dicha característica ocasiona que tengan un consumo restringido como fruta de mesa, en comparación de la tuna dulce, la cual tiene un valor de pH de 5.2 a 6.0 (Zamorano, 2008), el pH bajo de *O. joconostle* es un factor protector, que impide el crecimiento de microorganismos perjudiciales, lo que constituye una ventaja respecto a la inocuidad de los productos.

El xoconostle es un fruto que a medida que avanza la maduración también aumenta su acidez (pH) (Ávalos-Andrade, y col, 2006). Los xoconostles presentan bajos niveles de descomposición, lo cual se debe a sus escasos azúcares.

En la tabla 3 se presenta la composición química de *O. joconostle*, se puede observar los xoconostles tienen un considerable contenido de fibra. La fibra dietética de los xoconostles, ha sido reconocida como un medicamento más eficaz que el obtenido a partir de los cladodios y tunas dulces de otras especies de *Opuntia*, siendo considerado como excelente reductor de los niveles de colesterol, triglicéridos e hipoglucemiante (Brindis, 2009).

Tabla 3 Composición Química *O. joconostle*

Valor nutricional de <i>O. joconostle</i>	
Determinación	Fruto (%)
Proteína cruda	7.42
Extracto etéreo	10,47
Cenizas	5.48
Fibra cruda	45.78
Extracto libre de Nitrógeno	30.91
Calcio % (Paredes)	1.62
Fosforo %	0.09
Hierro ppm	44.11

Fuente: Scheviar y col, 2010

4.4 Alimento Funcional

Los alimentos funcionales son aquellos que tienen la capacidad de aportar nutrientes y además tienen potencial para promocionar la salud, mejorar el bienestar y reducir el riesgo de desarrollar ciertas enfermedades (Briones y col, 2008).

Curar o prevenir enfermedades mediante la alimentación es una posibilidad atractiva, porque se basa en la utilización de recursos, que en comparación con los fármacos y otras estrategias terapéuticas, son más abundantes y disponibles, menos costoso, y su manejo es menos riesgoso (Briones y col, 2008).

Hoy en día las tendencias mundiales de alimentación indican un interés acentuado del consumidor a ciertos alimentos, ya sean naturales o procesados, que además del valor nutritivo aportan beneficios a las funciones biológicas del organismo humano, favoreciendo la salud, la capacidad física y el estado mental, a estos alimentos se les denomina “alimentos funcionales”, “alimentos diseñados” o “nutracéuticos”. (Briones y col, 2008)

Tanto los frutos como los cladodios de las tunas y xoconostles son una fuente interesante de tales componentes, entre los que destacan la fibra (mucílagos), los pigmentos (betalaínas y carotenoides), los minerales (calcio, potasio), y algunas vitaminas como la vitamina C, buscada entre otros motivos, por sus propiedades antioxidantes; todos estos compuestos son muy apreciados desde el punto de vista de una dieta saludable y también como ingredientes para el diseño de nuevos alimentos (Sáenz, 2006)

4.5 Fibra dietética

La fibra se define como compuestos que se encuentran o forman parte de las paredes celulares vegetales que no son digeridas por las enzimas del estómago y del intestino delgado y por consiguiente entran al intestino grueso sin cambio alguno (Calaveras, 2004), una vez ahí es atacada y descompuesta por las bacterias que habitan el intestino y es convertida parcialmente en ácidos grasos de cadena corta, bióxido de carbono hidrogeno y metano. Los ácidos grasos de cadena corta son absorbidos por el torrente sanguíneo y convertidos en energía (Fox y Cameron, 2011).

Según su solubilidad, la fibra se clasifica en soluble e insoluble; la primera la conforman mucílagos, gomas, pectinas y hemicelulosas y la insoluble es principalmente celulosa, lignina y también una gran fracción de hemicelulosa (Atalah y Pak 1997).

La fibra se encuentra, principalmente, en cereales y sus derivados (fibra insoluble), frutos secos (soluble e insoluble), frutas y verduras (soluble) y algas (fibra soluble de muy buena calidad).

Estas fracciones de fibra tienen efectos fisiológicos distintos: es así como la fibra soluble se asocia con la reducción de los niveles de glucosa y de colesterol (Fox y Cameron, 2011), ya que absorbe grasas que son expulsadas por las heces, así mismo la estabilización del vaciamiento gástrico o comúnmente llamado estreñimiento ya que las bacterias se multiplican rápidamente aumentando el volumen de materia fecal ayudando a una evacuación blanda y de mayor volumen.

La fibra insoluble tiene la capacidad de retener agua por lo que hay un aumento del peso de las heces que nos impulsa a defecar, otros beneficios son el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales y vitaminas, (Saenz, 2006).

La fibra se compone principalmente de:

Pectina: Se caracteriza por que es soluble en agua y se descompone íntegramente en el intestino grueso. Aumenta la saciedad debido a la distensión del estómago y gran capacidad de fijación del agua. Debido a la menor absorción de grasa ayuda a la eliminación de los lípidos.

Celulosa: Se caracteriza por ser insoluble en agua. La celulosa puede absorber cierta cantidad de material descompuesto, ésta realiza un efecto laxante debido a que aumenta el contenido en el intestino.

Lignina: Este componente no se descompone ni es soluble en agua. Su función es fijar las grasas y los hidratos de carbono e impedirles la absorción por el intestino por lo cual estabiliza el colesterol.

Mucilagos: Son polisacáridos hidrosolubles presentes en muchas semillas, capaces de absorber 60-100 veces su peso en agua formando geles. Están formados por cadenas de arabinosanos muy ramificados (Molina y Paz 2007). Los mucilagos son parecidos a las gomas, están compuestos por galactosas, manosas, xilosa y otros azúcares.

La fibra insoluble no aporta calorías y posee un efecto saciante, al no ser digerida por las bacterias, permanece más tiempo en el estómago estimulando así la sensación de saciedad lo cual ayuda a combatir la obesidad y otras enfermedades. También ayuda a prevenir enfermedades del vientre y retarda la liberación de glucosa al torrente circulatorio (Fox y Cameron, 2011). Previene la caries, porque un alimento rico en fibra necesita ser masticado durante más tiempo, con lo que la segregación de saliva es mayor.

No se sabe cuánta fibra dietética es necesario consumir ya que puede variar en cuanto la composición y la reacción individual a la misma, lo más recomendable es establecer una cifra como meta diaria que oscila entre 25 a 35 g para un adulto por día (Calaveras 2004).

A pesar de estos efectos benéficos, no conviene ingerir fibra en grandes cantidades, porque acompleja a ciertos minerales e interfiere en la absorción de nutrientes como grasas y vitaminas liposolubles.

El contenido de mucílago, pectinas y celulosa en el xoconostle presentan una cantidad significativamente superior en los frutos con mayor madurez, respecto a los menos maduros. Los frutos de xoconostle son un alimento rico en fibra alimentaria soluble (7.8 a 18.6%) e insoluble (11.6 a 16.5%), (Álvarez-Armenta y Peña-Valdivia, 2009)

4.6 Antioxidantes

Los antioxidantes son un grupo de nutrimentos inorgánicos, vitaminas, compuestos vegetales, enzimas cuya principal función es bloquear la acción perjudicial de los radicales libres, retardando el envejecimiento de la piel y evitando la oxidación de las células. Los antioxidantes están presentes en los alimentos como vitaminas (C y E), minerales (Zn, Ca), carotenoides y polifenoles (Briones y col, 2008).

La oxidación o pérdida de electrones a veces puede producir sustancias reactivas conocidas como radicales libres que pueden causar estrés oxidativo o daño

celular. Los antioxidantes por su propia naturaleza son capaces de estabilizar los radicales antes de que reaccionen y causen daño.

Si bien el cuerpo tiene sus defensas contra el estrés oxidativo se cree que estas son menos efectivas con el envejecimiento en la medida que los radicales libres o especies reactivas de oxígeno aumentan (Kang, 2000).

Los investigadores sugieren que hay una participación de los radicales libres en varias enfermedades degenerativas, como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, deterioro cognitivo, Alzheimer, disfunción inmune, las cataratas y la degeneración macular (Harman, 1982).

Se cree que el consumo de antioxidantes da protección contra el daño oxidativo y aporta beneficios positivos a la salud.

Las tunas de algunos cactus del género *Opuntia* deben su color a la presencia de betalaínas. Las betalaínas más importantes de cactus son betacianinas y betaxantinas. Se ha demostrado en una amplia variedad de ensayos que las betalaínas son pigmentos con propiedades antioxidantes potentes (Sáenz, 2004).

El xoconostle es una rica fuente de compuestos antioxidantes como los ácidos fenólicos libres y betacianinas. Los ácidos fenólicos están principalmente situados en el pericarpio del xoconostle, el ácido hidroxibenzoico es el ácido fenólico principal que se encuentran en esta fruta. El endocarpio es la parte con la mayor concentración de betacianinas. El consumo de xoconostle o sus productos pueden ayudar a mejorar la salud humana. (Osorio-Esquivel, 2011)

4.7 Galletas

Las galletas, bizcochos y pastas constituyen productos de gran aceptación popular que se consumen en prácticamente en todos los hogares. Poseen una textura y sabor agradables, son de fácil ingestión y gran comodidad de presentación, así como fáciles de transportar y conservar.

Las galletas de acuerdo, con la definición de la NOM-147-SSA1-1996 es el producto elaborado fundamentalmente, por una mezcla de harina, grasas y

aceites comestibles o sus mezclas y agua, adicionada o no de azúcares, de otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos, sometida a proceso de amasado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada caracterizado por su bajo contenido en agua.

4.7.1 Clasificación

La clasificación de las galletas es muy amplia e incluye de las más comunes las siguientes (Hernández, 2010):

Galletas tipo María, tostadas y troqueladas: se caracterizan por la formación de una masa elástica como consecuencia del desarrollo del gluten, cortado mediante prensa o rodillo troquelado y posterior horneado.

Galletas cracker y de aperitivo: se elaboran con harinas y grasas comestibles, generalmente sin azúcar y las masas se someten a una ligera fermentación para conseguir su tradicional ligereza.

Barquillos: se denominan barquillos, obleas o ambrosias los productos obtenidos de la cocción de planchas metálicas de pastas en estado líquido viscoso, formadas por harinas, féculas, glucosa y sal, adquiriendo diferentes formas. Pueden o no rellenarse con azúcar, glucosa, grasa y aromas.

Biscochos secos y blandos; se elaboran con harina, azúcar y huevos batido todo a gran velocidad para conseguir que monte adecuadamente depositándose en moldes o en chapa lisa para su horneado. La clasificación de secos y blandos obedece al porcentaje de humedad del producto acabado.

Pastas blandas. Son galletas obtenidas a base de masas cuya peculiaridad consiste en cremar adecuadamente los componentes (azúcar, grasa y otros productos alimenticios), añadir harina, moldear rápidamente para impedir el desarrollo del gluten y hornear.

Existen además galletas, tradicionales o no, que pueden ser bañadas en aceites vegetales, recubiertas de chocolate, rellenas formando bocadillos etc.

4.7.2 Elaboración.

La primera etapa consiste en la mezcla y dispersión de ingredientes sólidos, líquidos y amasado. En donde se favorece el desarrollo del gluten. Posteriormente se realiza la laminación basada en compactar y calibrar la masa transformándola en una lámina de grosor uniforme. La masa compactada se deja en reposo para permitir su relajación, durante esta etapa la masa se encoge y engruesa, por lo que el grosor depende de la relajación consentida y el calibre de los rodillos. La principal razón de relajación es controlar la forma de la galleta después de la cocción, la masa laminada se corta.

La cocción se realiza durante 2.5-25 minutos y produce una disminución de la densidad de las piezas, desarrollando una estructura abierta y porosa debido a los cambios producidos durante la cocción, como hinchamiento y gelatinización del almidón, desnaturalización de proteínas, liberación de gases, expansión, rotura de burbujas y fusión de grasas. El grado de humedad se reduce hasta 1-4% y la coloración de la superficie cambia por reacciones de pardeamiento químico o reacción de Maillard (Hernández, 2010).

Las galletas con mayor contenido de grasa y sin desarrollo de gluten presentan una estructura quebradiza y arenosa y las galletas de mantequilla muestran una fuerte cohesión por el aglomerado, obtenido por presión al que se someten antes de cortar. Las galletas horneadas se dejan enfriar de forma gradual para impedir el cuarteamiento que suele producirse en galletas con bajo contenido de azúcar y grasa.

4.7.3 Valor nutricional

Las galletas constituyen un complemento apetitoso de la ración alimentaria diaria, con un aporte secundario a la nutrición general (Hernández, 2010). Su consumo se realiza preferentemente en el desayuno y la merienda o en determinados momentos del día ya que suponen un aporte de energía modulable. Ello permite elegir la cantidad que se toma en cada momento. Por eso son ideales solas o combinadas con alimentos: leche, yogures, quesos frescos, frutas, zumos, confituras o chocolate.

Según el Presidente de la Asociación Española de Dietistas y Nutricionistas (AEDN) Giuseppe Russolillo, “las galletas combinadas con un producto lácteo y una fruta pueden satisfacer las exigencias de un desayuno o una merienda equilibrada”. Este momento de alimentación es imprescindible, ya que debe cubrir el 20-25% de las necesidades energéticas de todo el día. Además, este experto en nutrición añade “este alimento tiene otras ventajas como su fácil digestibilidad, su larga conservación, su sabor, y su amplia variedad, todas ellas características que las hace atractivas en una dieta satisfactoria”.

Las galletas se caracterizan por su elevado valor energético (400-490 Kcal/100g). En su composición se destacan los hidratos de carbono (60-70%) entre los que se encuentran polisacáridos (almidón), azúcares (25-35%) excepto en galletas saladas, lípidos (12-25%). Los ácidos grasos saturados constituyen más del 50% y los monoinsaturados el 30% en la mayoría de las galletas. El colesterol está presente si la formulación contiene lácteos, huevos o grasas de origen animal.

Los ácidos grasos *trans* que pueden contener las galletas se derivan de las grasas vegetales hidrogenadas o mantequilla los cuales deben de evitarse ya que provocan efectos adversos a la salud cardiovascular.

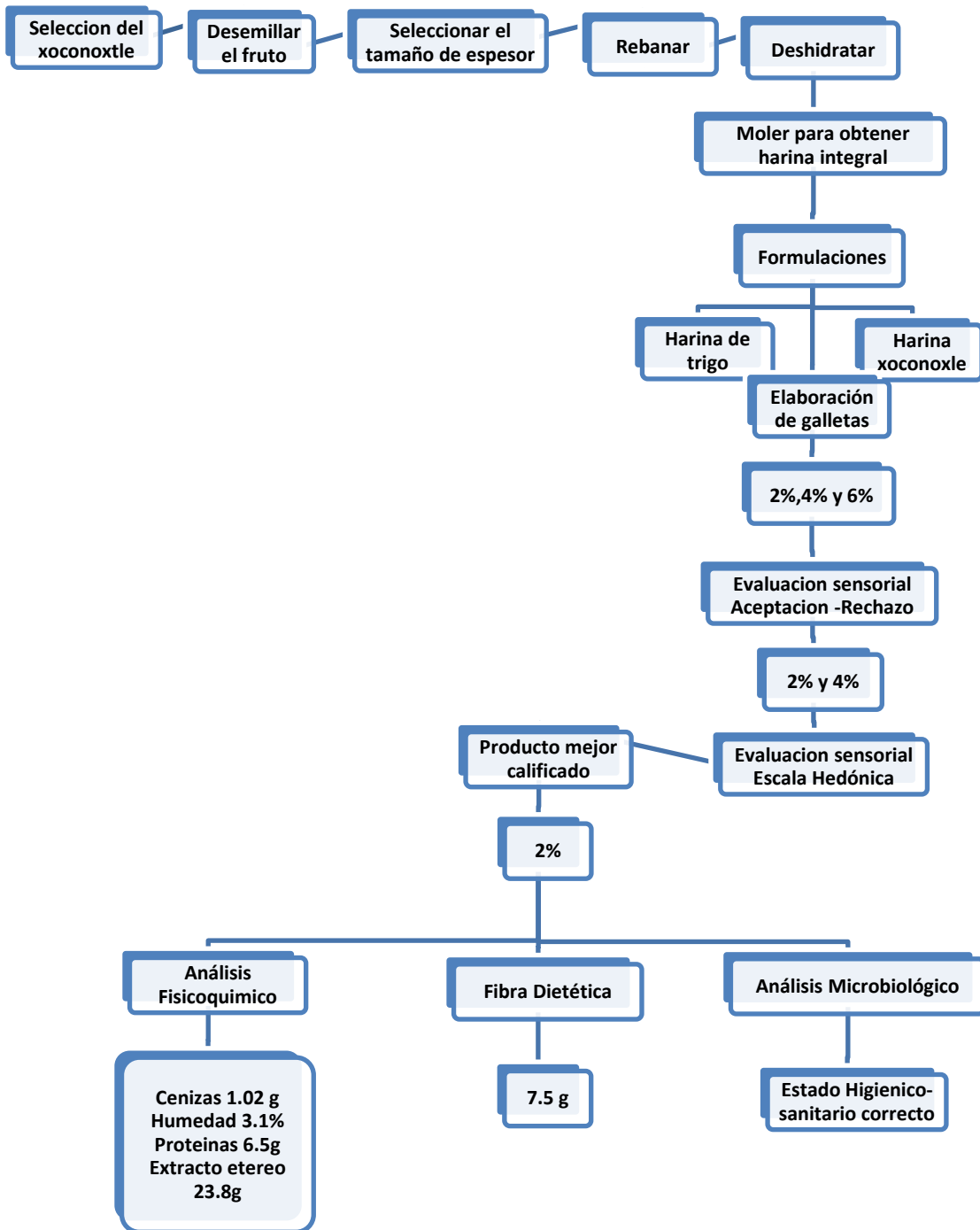
El aporte de proteínas es de (6-9%) y el aporte de fibra es similar al del pan. (Hernández., 2010). En la tabla 4 se presenta un comparativo entre diferentes galletas comercializadas

Tabla 4 Composición química aproximada (g/100g) de diferentes tipos de galletas comerciales

Productos	Energía (Kcal)	Agua	Proteína	Lípidos totales	Fibra
Galletas tipo María	454	.48	5.1	21.1	0.8
Pastas de te	402	20.7	5.9	16.5	0
Galletas con chocolate tipo príncipe	485	2.7	6.9	24.0	3.1
Galletas con chocolate tipo cookies	488	5.7	6.2	22.9	1.8
Galletas saladas tipo cracker	419	5.0	9.0	11.8	3.2

Fuente: Hernández. A.G., 2010

5 DIAGRAMA DE TRABAJO



6 MATERIAL Y MÉTODOS

- Material de vidrio el necesario para cada determinación
- Material biológico: Xoconostle en buen estado sin magulladuras o contaminación evidente.
- Reactivos los necesarios para cada determinación grado analítico o grado alimenticio.

Tabla 5 Tabla de métodos y referencias

Determinación	Método	Referencia
Evaluación sensorial	Prueba de Aceptación – Rechazo Escala Hedónica	Pedrero y Pangborn. 1989
Proteínas	Digestión	NMX-F-068-S-1980
Humedad	Gravimétrico	NMX-F-428-1982
Cenizas	Calcinación	NMX-F-066-S-1978
Extracto etéreo	Extracción directa	NMX-F-089-S-1978
Fibra dietética	Enzimático	Sigma DF-100A
Mesofílicos aerobios	Vertido en placa	NOM-O92-SSA1-1994
Coliformes totales	Vertido en placa	NOM-113-SSA1-1994
Hongos y levaduras	Vertido en placa	NOM-111-SSA1-1994

7 METODOLOGÍA

7.1 Elaboración de la harina de xoconostle

El fruto de xoconostle fue perfectamente lavado, se cortó y retiró las semillas, posteriormente fue rebanado con un espesor de entre 0.5mm y 1mm en diferentes pruebas, se extendió en charolas cubiertas de aluminio, para someterlo a deshidratación a 70°C por 2h, pasado este tiempo se trituró hasta obtener un tamaño de partícula pequeño, obteniendo la harina integral de xoconostle (*Opuntia joconostle*). (Figuras 5 y 6)



Figura 4 Deshidratación del xoconostle O *joconostle*



Figura 5 Obtención de harina de xococonostle *O. joconostle*

7.2 Formulación del producto

Con la finalidad de estudiar la factibilidad de usar harina de xococonostle integral y su efecto en la composición, sabor, textura, color, de las galletas se realizaron diferentes formulaciones variando la cantidad de harina integral de xococonostle.

Tabla 6 Formulaciones de las galletas

Insumos (%)	1	2	3
Harina de xococonostle	2.0	4.0	6.0
Harina de trigo	38	36	34
Edulcorante	4.0	4.0	4.0
Levadura	0.8	0.8	0.8
Esencia de vainilla	4.0	4.0	4.0
Sal	0.2	0.2	0.2
Aceite	24	24	24
Agua %	28	28	28

7.3 Elaboración de las galletas

1. Se pesaron y midieron los ingredientes harina de trigo, harina integral de xoconostle, levadura, edulcorante, aceite, esencia de vainilla y agua.
2. Se cernió la harina tres veces y se mezcló con los demás ingredientes secos.
3. Se mezcló el agua tibia vainilla y aceite
4. Se incorporaron todos los ingredientes y se mezcló durante 3 minutos con la batidora en el numero 3
5. Posteriormente se amasa manualmente hasta obtener una masa uniforme y no pegajosa.
6. Se dejó reposar para dejar actuar a la levadura, la masa se expandió el doble de su tamaño original
7. Posteriormente se amasa de nuevo y se formó una lámina delgada con un rodillo y se cortaron figuras del mismo tamaño
8. Se sometió a cocción por 30 min en horno eléctrico a 200°C pasado este tiempo se dejaron enfriar

7.4 Análisis sensorial

La evaluación sensorial de la galleta elaborada con harina de xoconostle se realizó mediante una escala hedónica de 5 puntos en donde la máxima calificación (5) corresponde a me gusta mucho y la mínima (1) me disgusta mucho. En esta evaluación participaron un panel de 100 jueces no entrenados de ambos sexos 46% mujeres y 54% hombres en edad comprendida entre 9 y 60 años. La evaluación sensorial se realizó sobre apariencia, sabor; olor, color y textura en dos muestras diferentes 2% y 4% de harina de xoconostle la muestra de 6% se eliminó mediante una evaluación aceptación-rechazo inicial debido a que su sabor era demasiado ácido y no soportable.

7.5 Análisis Físicoquímicos

Se realizó un análisis físicoquímico a las galletas de harina integral de xoconostle. Las proteínas se determinaron a través del método de digestión de acuerdo a la norma NMX-F-068-S-1980, las cenizas por el método gravimétrico de incineración en mufla a 600°C por 24h de acuerdo a la norma NMX-F-066-S-1978, la humedad

se midió por el método gravimétrico en termobalanza determinado en la norma NMX-F-428-1982, el extracto etéreo por el método de extracción directa en el equipo Soxhlet siguiendo la norma NMX-F-089-S-1978 y finalmente la determinación de fibra dietética se realizó con el kit de ensayo Sigma DF-100A

El desarrollo del análisis de fibra dietética se muestra en el anexo 2

7.6 Análisis Microbiológico

Se realizaron los análisis de bacterias mesofílicas aerobias, coliformes totales, hongos y levaduras de acuerdo a las normas NOM-O92-SSA1-1994, NOM-113-SSA1-1994, NOM-111-SSA1-1994 respectivamente

En la tabla 7 se encuentran los valores permisibles para galletas reportados por la norma NOM-147-SSA1-1996, que se refiere a los Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, semolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

Tabla 7 Límites máximos permisibles de microorganismos en galletas

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Mesofílicos aerobios	3000 UFC/g
Coliformes totales	<10 UFC/g
Mohos	20 UFC/g
Levaduras	20 UFC/g

Fuente: NOM-147-SSA1-1996

8 RESULTADOS

8.1 Harina integral de *O. Joconostle*

El espesor de 0.5mm y 1mm en el rebanado influyó en el rendimiento de la harina integral, siendo el de 1mm el más adecuado para la deshidratación ya que en menor espesor el xoconostle se pega con el aluminio lo cual lleva a pérdidas, el rendimiento de 1 k de xoconostle se observa en la Tabla 8.

Tabla 8 Rendimiento de la Harina integral de xoconostle a partir de 1K de xoconostle



	0.5mm	1mm
Mermas (g)	300	300
Harina integral xoconostle (g)	38 g	50 g
Rendimiento	3.8%	5%

Figura 6 Harina integral de xoconostle

Se obtuvo una harina de color café claro, como se observa en la Figura 7, con olor característico del xoconostle y sabor ácido, el espesor mínimo obtenido fue de 150µm, medido en el tamizador.

8.2 Formulación del producto

Se observó que el aumento de harina integral de *O. joconostle* en la formulación afecta el color de la masa, haciéndose este más intenso como se muestra en la Figura 8, después del horneado este aumento de color no es tan evidente, debido a que la estabilidad de las betalaínas y betaninas con el aumento de temperatura se reduce el color de rojo y aparece un color ligeramente marrón (Von Elbe y col., 1974). Las masas obtenidas tuvieron una consistencia de blanda y manejable a más dura a medida que se aumentaba la cantidad de harina de *O. joconostle* debido a la absorción de agua del xoconostle deshidratado.



Figura 7 Masa de galleta: de izquierda a derecha 2, 4 y 6% de harina de xoconostle

A partir de la formulación citada en la tabla 6 se obtuvo aproximadamente 70 g de galletas por formulación, con olor característico, color dorado, sabor dulce, pero un poco ácido esto dependiendo del porcentaje de harina ocupado (Figura 9).

La textura varió un poco, las galletas con menor cantidad de harina de *O. joconostle* fueron más crujientes y porosas. Esto se debe a que a medida que se incrementa la cantidad de harina de xoconostle el requerimiento de agua fue aumentado como se vio también en la textura de la masa.



Figura 8 Cocción de las galletas adicionadas con harina integral de *O. joconostle*

8.3 Evaluación sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de las galletas con diferentes porcentajes de contenido de harina integral de *O. joconostle* (2 y 4%) a través de un panel no entrenado conformado por 100 panelistas de ambos sexos en edades de 9 a 60 años se presentan en las tablas 9 y 10. Como se puede observar, el nivel de aprobación de las galletas es bueno, presentando valores en la escala empleada de “me gusta”. A los panelistas en general les agrado la apariencia, color, olor y textura de ambas galletas (Figura 10), en cambio en el sabor, los comentarios vertidos manifestaron que el sabor ácido de la galleta es diferente, no

esperado y más fuerte en la segunda muestra que corresponde al 4% de harina integral, pero no desagradable.

Tabla 9 Promedios análisis sensorial de apariencia, color, olor, sabor y textura en galletas elaboradas con 2% de harina de *O. joconostle*

Galletas 2% harina integral de <i>O. joconostle</i>					
Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Global
4	4	4	4	4	4

Tabla 10 Promedios análisis sensorial de apariencia, color, olor, sabor y textura en galletas elaboradas con 4% de harina de *O. joconostle*

Galletas 4% harina integral de <i>O. joconostle</i>					
Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Global
4	4	4	3	4	3.8

Los valores arrojados indican que la galleta de mayor aceptación es la que obtuvo una puntuación global de 4 que corresponde al 2% de harina integral de *O. joconostle*.

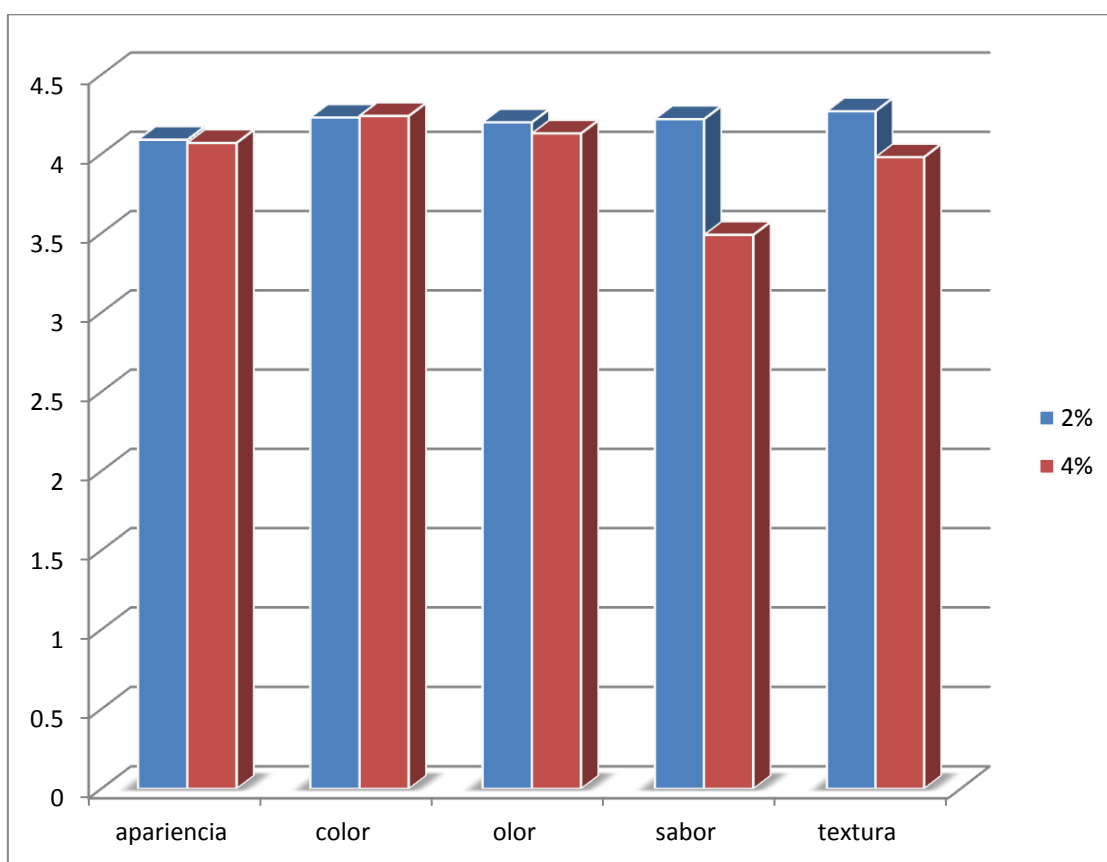


Figura 9 Gráfico de comparación de apariencia, color, olor sabor y textura de las galletas al 2 y 4%

El análisis de varianza (ANOVA) realizado indicó que las galletas presentaron un valor de $P < 0.05$ lo que nos indica que existe diferencia significativa entre las dos muestras en el nivel preferencia percibido por los consumidores o panelistas.

La prueba no arrojó diferencias significativas en apariencia, color, olor y textura pero sí en sabor. Al existir diferencia significativa especialmente en el sabor se eligió la galleta de 2% de harina integral de *O. joconostle*, para realizar los siguientes análisis.

8.4 Análisis fisicoquímico y fibra dietética

En la tabla 11 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico de las galletas elaboradas con harina de xoconostle, en ésta destaca la presencia de fibra dietética. En la tabla 12 se presenta una comparación con una galleta comercial.

Tabla 11 Resultados del análisis fisicoquímico y de fibra dietética en galletas con 2% de harina integral de xoconostle 100g

Galletas 2%				
Cenizas	Humedad	Proteínas	Extracto Etéreo	Fibra dietética
1.02g	3.1%	6.5g	23,8g	7.5g

Tabla 12 Comparación de contenidos entre galleta María y Xoconostle

COMPONENTE (g)	Galleta dulce María	Galleta de Xoconostle (2%)
Agua	4.8	3.1
Proteína	5.1	6.5
Grasa total	21.1	23.8
Fibra	0.8	7.5
Ceniza	1.2	1.02

La comparación de la galleta formulada con 2% de harina integral de *O. joconostle* con la comercial permite apreciar que el contenido de humedad es bajo, lo cual beneficia a la conservación del alimento y evita el desarrollo de

microorganismos; a pesar de que el contenido de grasa es mayor, cabe destacar que en la elaboración de la galleta de xoconostle, se empleó aceite de soya el cual tiene ácidos grasos esenciales benéficos para la salud.

El contenido de fibra dietética encontrado en la muestra es superior a las galletas convencionales, las galletas comerciales no aportan fibra dietética mayor a 3,4g la muestra analizada aporta 7.5 g de fibra dietética total.

El predominio de la fibra en las galletas con harina integral de *O. joconostle* podría ser empleada en el tratamiento de enfermedades del aparato digestivo, ya que debido a sus propiedades, regula la velocidad del tracto intestinal incrementando el volumen de las heces y facilitando la evacuación previniendo el estreñimiento, la apendicitis, el síndrome del colon irritable y el riesgo de desarrollar cáncer al colon (Zambrano y col, 1998). Además reduce la tasa de absorción de glucosa, lo cual es beneficioso para los diabéticos.

El edulcorante utilizado en la formulación de la galleta fue maltodextrina y sucralosa comercialmente conocido como Splenda® esto con el fin de minimizar el contenido de azúcares en la galleta, el cual puede ser consumido por todo público incluyendo personas con diabetes, resaltando que la ventaja de la galleta es el aporte de fibra dietética.

8.5 Análisis microbiológico

Como se muestra en la Tabla 13 no se encontraron coliformes ni hongos y levaduras las bacterias mesofílicas aerobias, se encuentran dentro del valor permisible de la norma, el análisis microbiológico demuestra que las galletas se encuentran en correcto estado higiénico-sanitario, el porcentaje de humedad bajo, y la acidez del *O. joconostle* impide el desarrollo de bacterias.

Tabla 13 Análisis microbiológico de galletas con harina integral de *O. joconostle* 2%

Determinación	Limites permisibles	Resultados
Mesofílicos aerobios	3000 UFC/g	Valor estimado 1500 UFC/g
Coliformes totales	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Mohos	20 UFC/g	<10 UFC/g

9 Conclusión

Es posible elaborar galletas adicionadas con harina integral de xoconostle (*O. joconostle*) con buena aceptación por parte de los consumidores y un aporte de fibra dietética mayor al de las galletas convencionales.

10 RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio microbiológico y de vida de anaquel de la harina integral de *O. joconostle*
- Realizar un estudio de vida de anaquel de las galletas adicionadas con harina integral de *O. joconostle*
- Buscar otras alternativas en alimentos para la adición y explotación del fruto *O. joconostle*

11 BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Armenta y Peña-Valdivia C. B. 2009. Structural polysaccharides in xoconostle (*Opuntia matudae*) fruits with different ripening stages. Botánica, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo México-Texcoco.
- Atalah E. y Pak N., 1997, “Aumente el consumo de Verduras, Frutas y Legumbres”. En: Castillo C.; Uauy R. y Atalah E., “Guías de Alimentación para la población chilena”, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Ávalos-Andrade A. Ramírez-Córdova Y. Goytia-Jiménez Ma A. Barrientos-Priego A. F. Saucedo-Veloz C. 2006 Etileno en la Abscisión del fruto de tres especies del género *Opuntia* Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo México-Texcoco. 12 117-123p
- Bravo, H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. 743 p.
- Brindis J. L. 2009. Tesis “Estudio preliminar del efecto hipoglucemiante del extracto y encapsulado de dos especies de xoconostle (*O. joconostle* F.A.C. Weber y *O. matudae* Scheinvar) en ratas con diabetes inducida con estreptozotocina. Área académica de química. Química en Alimentos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Briones R., Vázquez M. S., Vélez P. 2008. Nutrición y Salud Dirección de Fomento Editorial, Facultad de Medicina, BUAP, Puebla 199-219 p.
- Calaveras J. 2004. Nuevo Tratado de panificación y bollería 2ª Edición, AMV ediciones, Mundi-prensa 99-101p.
- Colunga, P. 1984. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío Guanajuatense. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- COMENTUNA, Red Nopal y CONABIO. 2008. Nopales, tunas y xoconostles. Consejo Mexicano del Nopal y Tuna, A.C., Red Nopal y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1º edición, México.
- CONABIO. 2008. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx> consultada noviembre de 2012

- Fox A B, Cameron G A. 2011. Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud, Editorial Limusa 174-177p.
- Gallegos-Vázquez C., J. Cervantes H. y G. Medina G. 2003. *La cadena productiva del nopal en Zacatecas: bases para un desarrollo sostenido*. Fundación Produce. Zacatecas, Zacatecas. 201 p.
- Guzmán-Maldonado S.H., Morales-Montelongo A.L., Mondragón-Jacobo C., Herrera-Hernández M.G., Guevara-Lara F., Reynoso-Camacho R., 2010 Physicochemical, nutritional and functional characterization of fruits xoconostle (*Opuntia matudae*) pears from central-Mexico region, J. Food Sci. 75 485–491p.
- Harman D. 1982 Implicancias nutricionales de la teoría de los radicales libres del envejecimiento. J Am Coll Nutr;1:27-34p.
- Hernández. A.G., 2010 Tratado de Nutrición; Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos, Tomo II Ed. Médica Panamericana
- Kaner, J., Harel, S., & Granit, R. 2001. Betalains—A new class of dietary cationized antioxidants. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 5178–5185.
- Kang J. X. Leaf A. 2000. Prevention of fatal cardiac arrhythmias by polyunsaturated fatty acids Am Jclin Nutr;71(suppl):202S-7S
- Miranda, F. y Hernández, X.E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación, Boletín de la Sociedad Botánica de México 28:29–179
- Molina M, Paz M. 2007. La Fibra Dietética Procesada como Alimento Funcional. Escuela Andaluza de Salud Pública. Consejería de Salud. Junta de Andalucía. Granada. Csic. Estación experimental del Zaidón. Granada.
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos.
- NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet) en alimentos.
- NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza).
- NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

- NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, semolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- Olivares-Orozco L J, Zavaleta B P, Montiel SD, Chimal HA, Scheinvar L. 2001. Fertilización orgánica en xoconostle (*Opuntia joconostleyO. matudae*). *Agrociencia* 35:609-614.
- Osorio-Esquivel O, Ortiz-Moreno A, B Álvarez V, Dorantes-Álvarez L, Giusti M. 2011. Phenolics, betacyanins and antioxidant activity in *Opuntia joconostle* fruits, *Food Research International* 44 2160–2168p.
- Pedrero D.L.F., Pangborn R. M.1989. Evaluación sensorial de los alimentos *Métodos Analíticos*
- Reyes Agüero, J. A. 2005. Variación morfológica de *Opuntia* (Cactaceae) y su relación con la domesticación en la altiplanicie meridional de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 180 p.
- Rzedoswki, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa, México, 432 pp.
- Sáenz C. 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* in: Ezparza, G., Valdez, R Y Méndez S eds. *El nopal, tópicos de actualidad* Universidad Autónoma de Chapingo México
- Sáenz C. 2006. Características y composición química de los nopales. In: C. Rosell ed. *Utilización agroindustrial del nopal*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 162. Roma.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Pak, N. y Vallejos, X. 2002. Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan. *Arch. Latinoam. Nutr.* 52 (4): 387-392.
- Scheinvar L .1999. Biosistemática de los xoconostles mexicanos y su potencial económico. Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. San Luis Potosí, San Luís Potosí. 255-274p.

- Scheinvar L, Gallegos Vázquez C, Olalde Parra G, Sánchez Cordero. 2011 Estado del conocimiento de las especies del nopal (Opuntia spp.) Productoras de xoconostles silvestres y cultivadas. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO
- Scheinvar L, Kerstupp, García Espinoza G, Sánchez Ávila V J, García Pérez A. 2010. Mermelada horneable de xoconostle, aplicación y su uso en tartas. La Alimentación Latinoamericana N° 289 UNAM México.
- Scheinvar, L., Gallegos-Vázquez C, Núñez Colín C A and Candelario Mondragón J. 2012. Morphological diversity of xoconostles (Opuntia spp.) or acidic cactus pears: a Mexican contribution to functional foods. Fruits, 67, pp 109 120 doi:10.1051/fruits/2012001
- Scheinvar, L., Matias, E. y G. Olalde. 2011. Especies silvestres de nopales mexicanos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Bases de datos SNIBCONABIO proyecto No. GE005. México, D.F.
- Sigma-Aldrich Kit para determinación de Fibra dietaria total DF100A y TDF-C10
- Von Elbe, J. H., Klement., J. T., Amundson, C. H., Cassens, R. G., Lindsay, R.C.1974. J.Food Sci,39,123-132.
- Zambrano, M., Hernández, A. y Gallardo, Y. 1998. Caracterización fisicoquímica del nopal. En temas de tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra dietética; editado por Lajolo, M y Wenzel, E. CYTED. Instituto politécnico Nacional. Distrito Federal, México.
- Zamorano A. F. 2008. Tesis. “Desarrollo de un dulce laminado con xoconostle (Opuntia joconostle F.A.C. Weber), azucarado y con chile” Área académica de química. Química en Alimentos Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

12 ANEXOS

Anexo 1 Boleta empleada en la evaluación por escala Hedónica

Nombre _____ Fecha _____
Edad _____ Genero _____ Hora _____

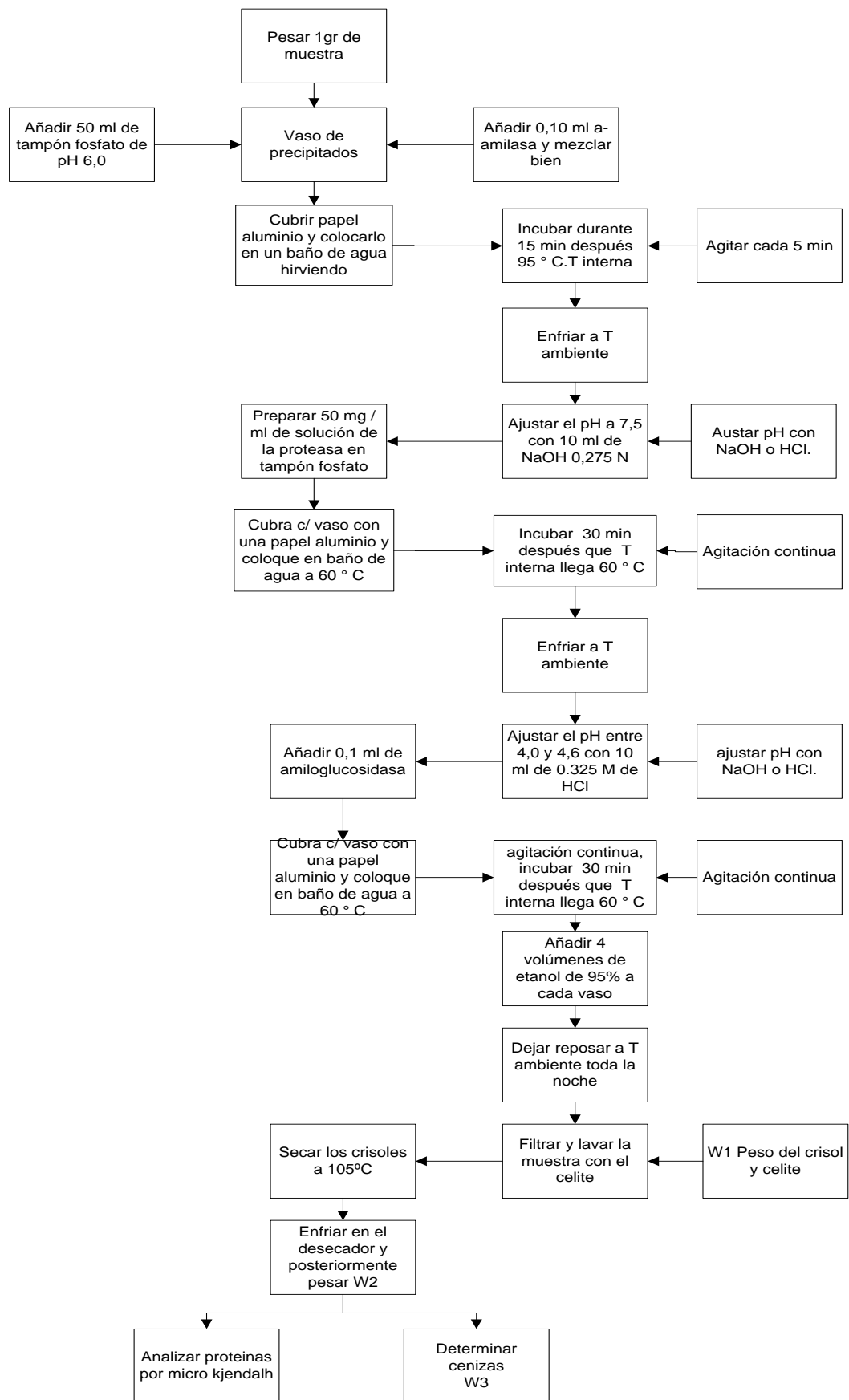
Por favor pruebe las siguientes muestras de izquierda a derecha y **escriba el número de la muestra** en la siguiente escala de acuerdo a su preferencia. Por favor enjuáguese la boca con el agua que se le ofrece después entre cada degustación.

MUESTRAS: **101** **502**

CONCEPTO	APARIENCIA		OLOR		COLOR		SABOR		TEXTURA	
Me gusta mucho										
Me gusta										
Ni me gusta ni me disgusta										
Me disgusta										
Me disgusta mucho										

Comentario: _____

Anexo 2 Determinación de fibra dietética



Anexo 3 ANOVA

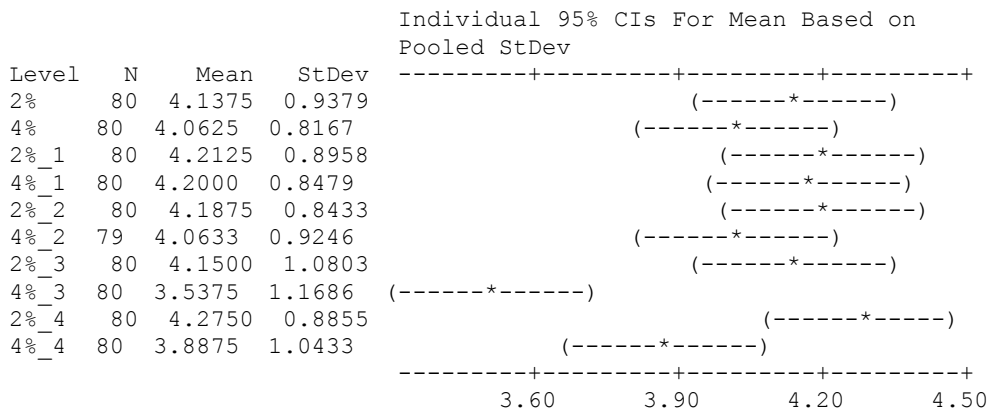
09/07/2013 12:02:10

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: 2%, 4%, 2%_1, 4%_1, 2%_2, 2%_2, 2%_3, 4%_3, 4%_4, 4%_4

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	9	33.675	3.742	4.14	0.000
Error	789	713.259	0.904		
Total	798	746.934			

S = 0.9508 R-Sq = 4.51% R-Sq(adj) = 3.42%

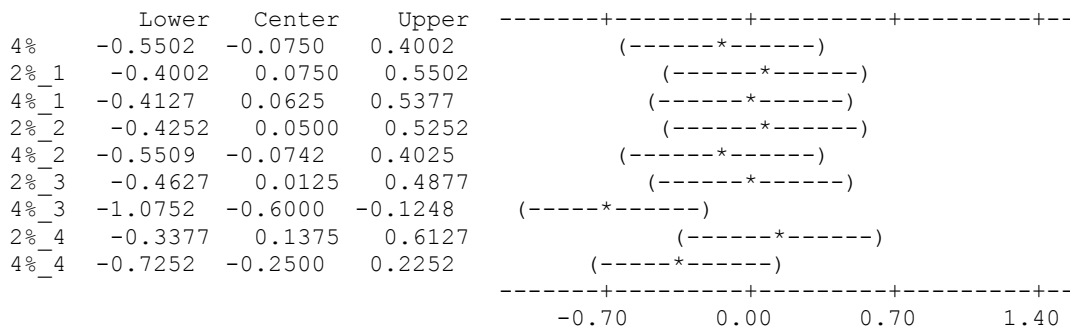


Pooled StDev = 0.9508

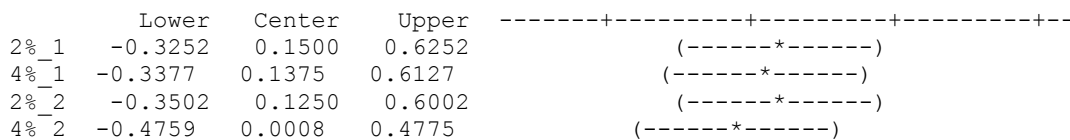
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 99.84%

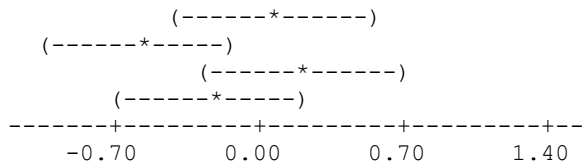
2% subtracted from:



4% subtracted from:

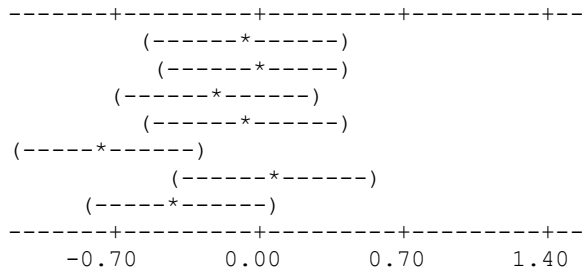


2%_3	-0.3877	0.0875	0.5627
4%_3	-1.0002	-0.5250	-0.0498
2%_4	-0.2627	0.2125	0.6877
4%_4	-0.6502	-0.1750	0.3002



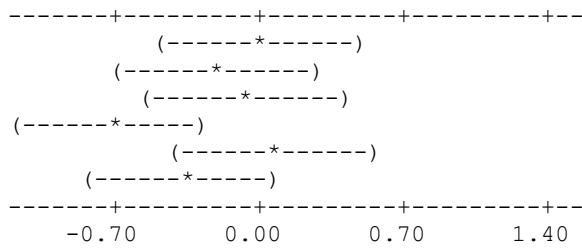
2%_1 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
4%_1	-0.4877	-0.0125	0.4627
2%_2	-0.5002	-0.0250	0.4502
4%_2	-0.6259	-0.1492	0.3275
2%_3	-0.5377	-0.0625	0.4127
4%_3	-1.1502	-0.6750	-0.1998
2%_4	-0.4127	0.0625	0.5377
4%_4	-0.8002	-0.3250	0.1502



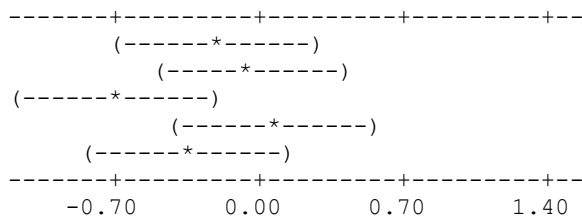
4%_1 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
2%_2	-0.4877	-0.0125	0.4627
4%_2	-0.6134	-0.1367	0.3400
2%_3	-0.5252	-0.0500	0.4252
4%_3	-1.1377	-0.6625	-0.1873
2%_4	-0.4002	0.0750	0.5502
4%_4	-0.7877	-0.3125	0.1627



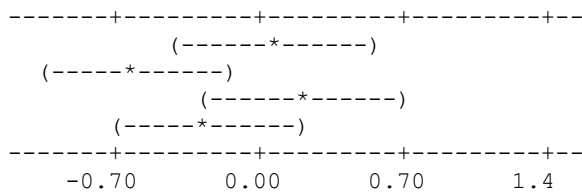
2%_2 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
4%_2	-0.6009	-0.1242	0.3525
2%_3	-0.5127	-0.0375	0.4377
4%_3	-1.1252	-0.6500	-0.1748
2%_4	-0.3877	0.0875	0.5627
4%_4	-0.7752	-0.3000	0.1752



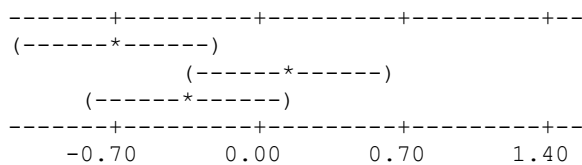
4%_2 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
2%_3	-0.3900	0.0867	0.5634
4%_3	-1.0025	-0.5258	-0.0491
2%_4	-0.2650	0.2117	0.6884
4%_4	-0.6525	-0.1758	0.3009

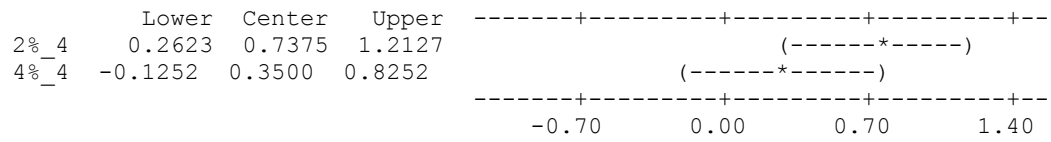


2%_3 subtracted from:

	Lower	Center	Upper
4%_3	-1.0877	-0.6125	-0.1373
2%_4	-0.3502	0.1250	0.6002
4%_4	-0.7377	-0.2625	0.2127



4%_3 subtracted from:



2%_4 subtracted from:

