



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE**

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TÉSIS PROFESIONAL**

***NOMBRE DEL PROYECTO***

**“EFECTO DEL EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA  
(*Citrus aurantium*) EN UNA GELATINA A BASE DE NOPAL  
(*Opuntia ficus indica*)”**

**PRESENTA**

**VILLEGAS ESCUDERO BIANCA BERENICE**

**Nº CONTROL: 152Z0050**

**CENTRO DE INVESTIGACION DE ALIMENTOS Y AMBIENTAL  
(CIAA)**

**DIRECTOR**

**M.B. Alejandro Cruz Hernandez**

**CO-DIRECTOR**

**DR. Leandro Chaires Martinez**

**XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER. MAYO 202**

## AGRADECIMIENTOS

Lleno de regocijo, de amor y de esperanza dedico este proyecto

### **A Mis padres**

Reyna Escudero Hdz y Rafael Villegas M.

**Mi hermano** Eduardo Villegas E. **E hija** Isabella E. Villegas

Quienes han sido mis pilares para seguir adelante, gracias por los consejos y palabras de aliento me han ayudado a crecer como persona y a luchar por lo que quiero, Gracias por enseñarme los valores que me han llevado a alcanzar una gran meta. Los amo muchísimo

### **A mis maestros, asesor y jefe de carrera**

Que me han motivado para seguir a delante sin importar los obstáculos que se han presentado en el camino y sobre todo por tenerme mucha paciencia y dedicación.

Es para mí una gran satisfacción dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo, me lo he ganado. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a su aporte, su amor, su inmensidad, bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco

**GRACIAS, GRACIAS, GRACIAS**

BIANCA BERENICE VILLEGAS ESCUDERO

## INDICE

INTRODUCCION.....	8
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO.....	9
1.1.-Gelatina .....	9
1.2.-El nopal .....	9
1.2.1.-La composición química del nopal .....	10
1.3.- Naranja (Citrus sinensis).....	12
1.3.1.- Aceite esencial .....	13
1.4.- Compuestos antioxidantes.....	13
1.4.1.-Compuesto fenólico .....	14
1.4.2.-Flavonoides. ....	14
1.5.-Antecedentes .....	14
CAPITULO II.-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2.1.-JUSTIFICACIÓN .....	16
2.2.-Hipótesis.....	17
2.3. Objetivo general: .....	17
2.3.1 Objetivos específicos:.....	17
CAPITULO III.- METODOLOGIA .....	18
3.1.- Obtención de la muestra.....	18
3.2.-Diseño experimental.....	18
3.3.-Elaboración de las formulaciones .....	19
3.4.-Determinacion de parámetros fisicoquímicos.....	19
3.5.-Determinacion de color .....	20
3.6.-Determinacion de textura .....	20
3.7.-Determinacion de análisis sensorial de la gelatina.....	20
3.8.- Determinacion de la actividad antioxidante de las formulaciones del nopal .....	21
CAPITULO IV.- RESULTADOS.....	23
4.1.-Elaboración de Formulaciones .....	23
4.2.-Determinacion de Ph.....	23
4.3.-Determinacion de acidez .....	24

4.4.-Color.....	25
4.5.-Actividad antioxidante .....	26
4.6.-Análisis sensorial .....	27
4.7.-Relación DPPH/Aceptación .....	30
CONCLUSIONES.....	31
Recomendaciones .....	32
BIBLIOGRAFIA .....	33

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- El nopal ( <i>Opuntia ficus indica</i> ) _____	10
Figura 2.-Nopal y extracto de aceite de naranja _____	18
Figura 3.- Diseño de análisis sensorial _____	21
Figura 4.-Formulaciones de la elaboración de la gelatina. (C=Control, F=Formulación) _	23
Figura 5.-Actividad antioxidante de las formulaciones de gelatina _____	27
Figura 6.-Telaraña Radar _____	28
Figura 7.- Relación entre aceptación y actividad antioxidante_____	30

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.-Composición química del nopal _____	10
Tabla 2.- Aminoácidos del nopal _____	11
Tabla 3.- Minerales del nopal _____	11
Tabla 4.- Composición Química de la naranja _____	12
Tabla 5.- Diseño experimental _____	19
Tabla 6.-Determinacion de pH _____	24
Tabla 7.-Análisis de varianza _____	24
Tabla 8.- Acidez _____	25
Tabla 9.-Color _____	26
Tabla 10.-Análisis sensorial _____	27
Tabla 11.-Comentarios de las formulaciones _____	29



## INTRODUCCION

La industria genera alimentos funcionales cuya apariencia es similar al de un alimento convencional, se consume como parte de una dieta normal y presenta propiedades fisiológicas beneficiosas que reducen el riesgo de contraer enfermedades (Mazza, 1998). Por ejemplo, La gelatina es un postre que se elabora de diferentes sabores, y composición de acuerdo a la NMX-F-041-1983, para la dieta diaria de personas en general, además, se considera un alimento de fácil digestión y preparación, agradable sabor, y bajo costo, por lo que comúnmente se integra en la dieta de personas convalecientes (NMX-F-041-1983). Por otro lado, existen plantas con aportaciones benéficas a la salud, el nopal (*Opuntia spp.*) es una especie básica en el consumo de los mexicanos, ya que en torno a este producto giran innumerables actividades económicas del campo y la industria. Además, el nopal puede ser considerado como un alimento funcional, es decir, que mejora la salud de quien lo consume (Valencia-Sandoval et al., 2010). Debido a que son una fuente importante de fibra, hidrocoloides (mucílagos), pigmentos (betalaínas y carotenoides), Ca y K, y vitamina C; compuestos muy apreciados para una dieta saludable y como ingredientes para diseñar nuevos alimentos (Sáenz, 2006). Se ha demostrado en extractos de nopal actividad antioxidante mediante métodos (ABTS y DPPH) y actividad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermis* (Dhaouadi et al., 2013), contra células cancerígenas de colon humano (HT-29 Y Caco2) (Antunes-Ricardo et al., 2014). Además, existe otro compuesto importante para la creación de nuevos productos. El aceite esencial de naranja contiene como principales componentes de los extractos: benzaldehído, terpineno, limoneno, linalol, canfor, acetato de benzilo, nerol, acetato de linalilo y acetato de geranilo (Grosse et al, 2000) y se ha demostrado que presentan actividad antimicrobiana, anticancerígena (Perez et al., 20174). Por lo antes descrito, el objetivo de esta investigación es realizar un producto funcional, con capacidad antioxidante, dándole un valor agregado a al nopal y al aceite de la naranja.



# CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

## 1.1.-Gelatina

La gelatina es un alimento de fácil digestión y preparación, agradable sabor y bajo costo, por lo que se integra a dieta de personas (Bermúdez et al., 2016). La gelatina es un biopolímero muy estudiado debido al amplio rango de aplicaciones que posee en la industria como espesante, ligante de agua (impidiendo el fenómeno de sinéresis), emulsificante, estabilizante, espumante, adhesivo

## 1.2.-El nopal

El nopal es una cetácea originaria del continente americano, los cladodios también conocidos como pencas o palas son hojas aplanadas gruesas con abundante tejido carnoso, su forma y color de la penca dependerá en gran medida de la edad de la planta (Guzmán Loayza Deysi., 2007).

El nopal (*Opuntia ficus indica*-Figura 1) es conocido como “planta de tuna” (Velasquez, 1998), y por muchos años la medicina y los productos provenientes de plantas medicinales han estado basados en el conocimiento tradicional obtenido de diferentes grupos étnicos, a través de los años se ha demostrado la importancia terapéutica del nopal, en especial los hipoglucemiantes en estudios *in vitro* (Háud Marroquín, 2010).



Figura 1.- El nopal (*Opuntia ficus indica*)

Tanto son los beneficios reconocidos del nopal como fuente de energía que han llevado a usarlo como alimento en muchas ocasiones para el sustento de sus habitantes (Quiguango, 2011), pero también se usa para la elaboración de fitofármacos debido a que el nopal lo han usado para curar diarrea, reumas, como analgésico, y antiinflamatorio (Háuad-Marroquín, 2010)

### 1.2.1.-La composición química del nopal

Los cladodios son muy ricos en pectina, minerales y mucilago, poseen un alto contenido de ácido málico relacionado al metabolismo CAM (Metabolismo del ácido crasuláceo) (Stinzing-Florian, 2006); Son ricos en azúcares, pro-vitamina A, C, pero son pobres en nitrógeno (Sudzuki, 1999) y son una importante fuente de fibra dietética (Guzmán Loayza Deysi., 2007). El mucilago contiene aproximadamente 30.000 diferentes azúcares en diferentes proporciones (Celis, 2009). Se demuestra (Tabla 1) el alto contenido de fibra y cenizas (Carbajal, 2013),

Tabla 1.-Composición química del nopal

Concepto	g/100 g
Agua	88-95
Carbohidratos	3 a 7
Ceniza	1 a 2
Fibra	1 a 2
Proteínas	0.5 a 1
Lípidos	0.5 a 1
Ácido ascorbico	0.5 a 1 0.2

De acuerdo a la Tabla 2 la presencia total de aminoácidos es muy alta en comparación con los valores que presentan otras frutas, solo comparable a valores cercanos en cítricos y en la uva (Saenz, 2006).

Tabla 2.- Aminoácidos del nopal

<b>Componente</b>	<b>Pulpa (mg/100g)</b>
Ácido ascórbico	12 A 81
Niacina	Trazas
Riboflavina	Trazas
Tiamina	Trazas
Carotenoides	0.29 A 2.37

Como se detalla en la Tabla 3, los cladodios de nopal son ricos en calcio, magnesio, potasio, fosforo, sodio y hierro, aunque este último lo contiene en bajas concentraciones, aportan minerales esenciales para el buen funcionamiento del cuerpo humano.

Tabla 3.- Minerales del nopal

<b>Componente</b>	<b>Peso seco (g/100g)</b>
Cálcio	5.6
Magnesio	0.2
Potasio	2.3
Fósforo	0.1
Sodio	0.4

### 1.3.- Naranja (*Citrus sinensis*)

De acuerdo a Jackson (s.f) citado por Víctor (2009), el naranjo es un cultivar del género *Citrus* de la familia de los rutáceos que tiene sus orígenes en China, pero que posteriormente fue adecuado al Mediterráneo de Europa y traído a América en el siglo XVIII, adaptándose principalmente en las regiones de la Florida y California.

De acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2013) una porción de naranja fresca presenta la siguiente composición nutricional:

Tabla 4.- Composición Química de la naranja

<b>Componente</b>	<b>Contenido por cada 100 g de naranja</b>
Grasa total (g)	0.3
Carbohidratos Totales (g)	11.9
Proteína (g)	1
Vitamina A uI	230
Calcio (mg)	40
Vitamina B9 (mcg)	39

De las frutas cítricas, la naranja recibe múltiples aplicaciones industriales, se destacan la obtención de productos tales como: jugos, néctares, concentrados, pulpas congeladas, mermeladas, jaleas, vino, vinagre, así mismo, Escalante (2012), indica que los desechos generados del procesamiento de la naranja tienen múltiples aplicaciones, como por ejemplo en la complementación exitosa de alimentos para humanos y animales, incluyendo peces, cerdos, rumiantes, en la producción de biopolímeros para la industria alimentaria como la pectina; Contenido de 100 g Calorías 49 Kcal. % Valor Diario\* Grasa Total 0,30 g. 0,00% Carbohidratos Totales 11,90 g. 4,00% Proteína 1,00 g. 2,00% Vitamina A 230 UI Vitamina C 48,5 mg Calcio 40 m g Hierro 0,1mg Vitamina B9 39 mcg Magnesio 10 mg obtención de aceites esenciales para uso en perfumería, otro de los aprovechamientos importantes de

esta fruta cítrica es la extracción del aceite de sus semillas, el cual ha sido ampliamente comercializado en aplicaciones dermocosméticas por sus propiedades suavizantes que le generan un valor agregado importante

### **1.3.1.- Aceite esencial**

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales y minerales y son ampliamente conocidos por sus actividades biológicas. El aceite de naranja posee propiedades terapéuticas como antiespasmódico, antiinflamatorio, antiséptico y a nivel del sistema nervioso y circulatorio (Grainger., 2001; Brito et al., 2010). El limoneno es su componente mayoritario y presenta una notable actividad antibacteriana (Inouye et al., 2001).

La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales se encuentra relacionada con la composición química. Los frutos cítricos cuentan con un promedio de 40 compuestos, los cuales se ven influenciados por métodos específicos de cultivo, extracción y separación; los aceites esenciales de cítricos se encuentran principalmente en la cáscara de la fruta, su extracción es económicamente sostenible, ya que la cáscara constituye una pérdida para la industria de jugos de frutas; en consecuencia, el interés de estos como agentes antimicrobianos y conservantes en los alimentos abre una posible alternativa para sustituir los conservantes convencionales (Yañez et al., 2013; Argote, 2016)

### **1.4.- Compuestos antioxidantes**

Un antioxidante es toda sustancia que reduce el daño oxidativo que se encuentra dentro de un organismo vivo (Loor, 2012). Los antioxidantes protegen a las células y a los tejidos por medios enzimáticos y no enzimáticos (Martínez-Damian, 2013), esta capacidad antioxidante es un efecto muy benéfico para la salud inhibiendo la oxidación causada por radicales libres los cuales son inestables y altamente reactivos siendo el 2% del oxígeno consumido por un ser vivo. (Tesoriere, 2005)

#### **1.4.1.-Compuesto fenólico**

Los compuestos fenólicos llamados también polifenoles son elementos bioactivos presentes en los vegetales en condiciones de desarrollo normal o de estrés, son derivados del metabolismo del ácido siquímico y/o de un poliacetato y formados a través de una serie de reacciones de condensación entre el ácido hidroxicinámico y residuos de malonato es decir se derivan de dos vías anabólicas: la vía del ácido siquímico que una vez iniciado produce aminoácidos aromáticos (fenilalanina y tirosina) precursor del ácido cinámico, y la vía del acetato en la cual el ácido beta policetometilénicos originan cuerpos fenólicos a través de reacciones de ciclación (Olivia, 2009)

#### **1.4.2.-Flavonoides.**

La palabra flavonoide proviene de flavos que significa entre amarillo y rojo y se refiere a un grupo aromático, heterocíclico que contiene oxígeno, estos constituyen los colores amarillos, rojos, azules, de las plantas y frutas (Jiménez., 2009). Los flavonoides tienen bajo peso molecular, constan con esqueleto común de 15 carbonos distribuidos como (C6-C3-C6) (Olivia, 2009), con dos anillos aromáticos que se unen por una cadena de 3 carbonos, que pueden o no formar un tercer anillo (Reyes S. C., 2013)

#### **1.5.-Antecedentes**

La incorporación de sustancias bioactivas provenientes de fuentes como plantas ha aumentado, esto es debido a la problemática de mejorar los productos alimenticios y por supuesto la salud del consumidor.

## **CAPITULO II.-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los alimentos, además de sus funciones plásticas y energéticas, tienen la facultad de proteger estructuras ante la formación de radicales libres. Este proceso, que constituye la oxidación celular que deriva de la aparición de estos radicales, va ligado tanto al envejecimiento fisiológico en general como a una serie de enfermedades (cardiovasculares, degenerativas, Alzheimer, Parkinson, así como distintos tipos de cáncer). Los antioxidantes presentes en los alimentos pueden ayudar a prevenir algunos de estos procesos. Sin embargo, en la actualidad las prácticas de la mala alimentación acarrearán una serie de problemas donde el cuerpo humano sufre una alteración drástica, esto dirige a diversas alteraciones en el organismo y enfermedades como la diabetes, hipertensión, del corazón. Las enfermedades son unos de los principales enemigos del hombre, por tal motivo es necesario la búsqueda de productos innovadores con propiedades benéficas para mitigar las enfermedades usando el nopal y extracto de aceite esencial de naranja para la creación de una gelatina.

## **2.1.-JUSTIFICACIÓN**

Debido a que las enfermedades atacan el bienestar físico, social y económico de muchas personas en el mundo, una de las enfermedades más crónicas es la diabetes, la cual padecen cientos de personas, aunado a ella las diferentes complicaciones que va desde la ceguera, enfermedades cardiovasculares, hasta la pérdida de extremidades y por si fuera poco la muerte, siendo la segunda causa de muerte en México con 94,029 defunciones por año. Es por ello que es necesario buscar agentes bioactivos que provengan de productos naturales, por lo que el estudio de un producto elaborado con nopal y extracto de aceite esencial de naranja para aprovechar su potencial de agentes antioxidantes, y de esta manera de fácil acceso al consumo humano. Por lo anterior, es de suma importancia la creación de un alimento con propiedades benéficas y de fácil consumo.

El aceite esencial de naranja es un antidepresivo, sedante, los aromaterapeutas creen que este aroma ayuda a mejorar la comunicación y es muy efectivo en contra de la celulitis, porque ayuda a activar la circulación, es por ello, que resulta una alternativa en el cuidado de la salud, más aun, incorporarlo a un producto al alcance de todo consumidor.



## **2.2.-Hipótesis**

El uso de aceite esencial en mayor concentración para la elaboración de gelatinas, favorecerá la actividad antioxidante y no afectará la estructura del producto.

## **2.3. Objetivo general:**

- Elaborar una gelatina a base de nopal (*Opuntia ficus indica*) y extracto de aceite esencial de naranja (*Citrus aurantiu*) con actividad antioxidante.

### **2.3.1 Objetivos específicos:**

- Obtención de la materia prima; nopal (*Opuntia ficus indica*) y extracto de aceite esencial de naranja (*Citrus aurantiu*)
- Elaboración de Formulación de la gelatina con nopal (*Opuntia ficus indica*) y extracto de aceite esencial de naranja (*Citrus aurantiu*)
- Determinación de la actividad antioxidante de la gelatina
- Análisis sensorial

## CAPITULO III.- METODOLOGIA

### 3.1.- Obtención de la muestra

Las muestras de nopal fueron recolectadas en el mercado municipal de Alamo Temapache, los ejemplares fueron almacenados en una bolsa tipo ziploc, mientras que las muestras del extracto de aceite esencial de naranja en un frasco tipo ámbar. Ambas muestras (Figura 2) fueron llevadas al Centro de Investigación de Alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Alamo Temapache.



Figura 2.-Nopal y extracto de aceite de naranja

### 3.2.-Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental por bloques, donde se compararon entre todas las formulaciones y el control. Las formulaciones (Tabla 5) F1 hasta F6 tienen diferentes concentraciones de extracto de aceite esencial (2.5 a 0.2 ml) mientras que el nopal, azúcar, gretetina y agua, permanecen constantes. Para el caso del control, este no tiene extracto de aceite esencial.

Tabla 5.- Diseño experimental

<b>Componente</b>	<b>Control</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
NOPALES (g)	200	200	200	200	200	200	200
ACEITE ESENCIAL (mL)	SN	2.5	2	1.5	1	0.5	0.2
AZUCAR (g)	5	5	5	5	5	5	5
AGUA (ml)	300	300	300	300	300	300	300
GRENETINA (g)	7	7	7	7	7	7	7

### **3.3.-Elaboración de las formulaciones**

Los nopales fueron lavados con hipoclorito de sodio al 2% y se enjuagaron con agua estéril, posteriormente fueron cortados en rodajas de 1 cm de ancho aproximadamente. Se pesaron en porciones de 200 g para cada formulación y fueron molidos en una licuadora comercial durante 3 min.

Los componentes de cada formulación fueron pesados por individual (Tabla 5) y se colocaron en un matraz de 1000 ml para homogenizarlos, la mezcla se colocó en una charola de acero inoxidable y se llevó a ebullición durante 5 min aproximadamente, se le adicionó el extracto de aceite esencial, se homogenizó durante 30 s y finalmente se le agregó la gretina. Las formulaciones se colocaron en charolas de plástico y fueron almacenadas en refrigeración a 4°C.

### **3.4.-Determinación de parámetros fisicoquímicos**

Para la determinación de análisis fisicoquímicos, las muestras de las gelatinas fueron sometidas a 30 °C durante 30 min aproximadamente, (con el fin de que volvieran líquidas),

y se tomaron 10 g de cada muestra para la lectura de pH con ayuda de un pH-Metro (WPA).

Para el caso de la acidez, se determinó mediante el método de titulación, donde, a cada matraz Erlenmeyer se le adicionaron 10 g de las formulaciones, más 30 mL de agua destilada y 3 a 5 gotas de fenolftaleína al 1% disuelto en Etanol, y se le adiciono NaOH al 0.2N en forma de gota con ayuda de una Buretra grado A. Posteriormente se tomaron las lecturas de los mL gastados al vire de color verde tierno a un rosado. y para expresar las lecturas en %, fueron sometidas a la siguiente ecuación

$$\%acidex = \frac{mL \text{ gastados} * N * 0.090 * 100}{V}$$

### **3.5.-Determinacion de color**

Se tomaron 10 g de cada formulación y fueron untados en una caja Petri de 10 cm, en la superficie de la muestra se le colocó plástico adherente y fueron leídas con ayuda de un colorímetro (PRECISE COLORIMETER-HP200), previamente calibrado.

### **3.6.-Determinacion de textura**

A cada formulación se le determinaron las características texturales con ayuda de un texturometro (QTS-TEXTURE ANALYSER), y se colocaron en la placa base del texturometro en su envase, para tomar las lecturas se usó una geometría circular de 2cm de diámetro de plástico, y las determinaciones fueron de fuerza de fractura Adhesividad y gomosidad.

### **3.7.-Determinacion de análisis sensorial de la gelatina**

Las formulaciones de la gelatina de nopal y extracto de aceite de naranja, se analizaron mediante un análisis sensorial aplicando un método afectivo con escala hedónica pictográfica de cinco puntos, donde; 5: me gusta mucho; 4: me gusta moderadamente; 3: no me gusta ni me disgusta; 2: me disgusta moderadamente; 1: me disgusta mucho.

En este análisis se midieron como atributos el color, olor, sabor y apariencia (Figura 3). La prueba se llevó a cabo con 20 jueces no entrenados con edades entre 20 y 40 años. Estas formulaciones fueron presentadas a los jueces en vasos desechables codificados con números aleatorios antes mencionados, se distribuyeron de manera aleatoria para disminuir el error sistemático y otros tipos de errores que pueden influir en la respuesta del jurado. Entre las formulaciones, cada juez debía ingerir agua purificada de marca comercial para enjuagar su paladar, con la finalidad de seleccionar la formulación con mayor agrado.

Edad: _____	Fecha: _____	
Indique su nivel de agrado marcando con el numero que corresponda a su puntaje en la escala de preferencia.		
<b>Nivel de agrado</b>	<b>Puntaje</b>	
Me gusta mucho	5	
Me gusta moderadamente	4	
No me gusta, ni me disgusta	3	
Me disgusta moderadamente	2	
Me disgusta mucho	1	

Atributo	C	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Color							
Olor							
Sabor							
Consistencia							

Figura 3.- Diseño de análisis sensorial

### 3.8.- Determinacion de la actividad antioxidante de las formulaciones del nopal

Para la determinación de la actividad antioxidante en las formulaciones las muestras fueron sometidas a temperatura de 50°C hasta su derretimiento, posteriormente se filtró con papel filtro Whatman #1 y se analizaron directamente.

La cuantificación de la actividad antioxidante por ABTS (ácido 2,2'-azino-bis [3-etilbenzotiazolin]-6-sulfónico), se realizó por el método descrito por Re *et al.*, (1999), con algunas modificaciones de Li *et al.* (2008). Se preparó ABTS 7 mM en persulfato de potasio 2.45 mM, con agua desionizada, la cual se dejó reposar 16 h en oscuridad a temperatura ambiente, posteriormente se diluyó con metanol hasta obtener una absorbancia de  $0.7 \pm 0.05$  leyendo a 740 nm. A 900  $\mu$ L de muestra se le adicionaron 100  $\mu$ L del reactivo ABTS, y se leyeron a 740 nm durante 5 min, tomando lectura cada minuto.

El % de actividad se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% = [(AO - AF)] * 100 \quad \text{(Ecuación1)}$$

Donde AO y AF son los valores de absorbancia del blanco (solución de DPPH en alcohol) y la muestra (solución de DPPH más antioxidante disueltos en alcohol) respectivamente.

## CAPITULO IV.- RESULTADOS

### 4.1.-Elaboración de Formulaciones

Se realizaron las formulaciones de acuerdo al diseño experimental (Figura 4), se puede observar un cambio de color con respecto al control, que va de un color verde opaco a un verde fuerte, sin embargo, la concentración de extracto de nopal fue constante, por lo que pudiera ser un efecto del extracto de aceite esencial de naranja.

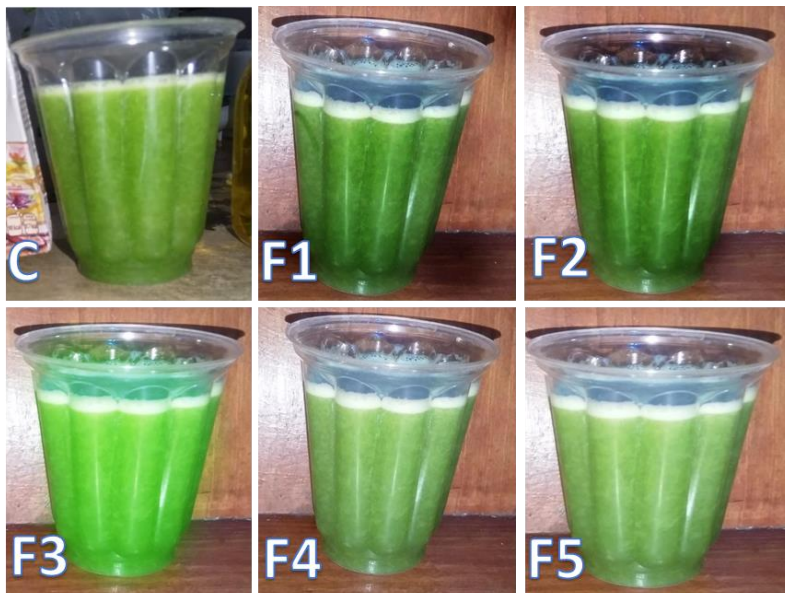


Figura 4.-Formulaciones de la elaboración de la gelatina. (C=Control, F=Formulación)

### 4.2.-Determinación de Ph

Para efectos de pH se observa en la Tabla 6 la comparación entre formulaciones y el tratamiento. Se realizó un análisis de varianza de un solo factor (Tabla 7) entre formulaciones, se puede observar que existen diferencias significativas con una  $p=4440.64$ , esto mediante la prueba de Tukey, con una confiabilidad del 95%. Sin embargo, el control tiene un pH de 4.48, y en las demás formulaciones el pH va de 4.18 a 4.03, este efecto pudiera deberse a que el control no tiene aceite esencial, en comparación de las demás formulaciones, siendo que el pH de aceite de naranja es de 3.09 aproximadamente y hace que baje el pH del producto final. En el 2015, Alexander analizo sus formulaciones de gelatinas con pulpa de maracuyá, y el pH esta oscilo de 3.5 a 3, lo que quiere decir es que al utilizar un extracto acido, el producto tiende a bajar su pH.

Tabla 6.-Determinacion de pH

<b>Formulaciones</b>	<b>pH</b>
Control	4.48±0.015 <sup>a</sup>
F1	4.18±0.01 <sup>b</sup>
F2	4.06±0.02 <sup>c</sup>
F3	4.12±0.015 <sup>c</sup>
F4	4.13±0.005 <sup>c</sup>
F5	4.03±0.005 <sup>f</sup>

Se muestran las medias ± la desviación estándar. Letras iguales significan diferencias significativas, letras diferentes significan que no existen diferencias mediante Tukey ( $p=0.5$ )

Tabla 7.-Análisis de varianza

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
FORMULACIONES	5	0.382894	0.076579	444.65	0.000
Error	12	0.002067	0.000172		
Total	17	0.384961			

#### 4.3.-Determinacion de acidez



De acuerdo a los resultados (Tabla 8), las formulaciones F2, F4 y F5 no presentaron diferencias significativas, sin embargo, F1, F3 y el Control presentaron diferencias significativas, esto mediante una prueba de Tukey ( $p=0.5$  de confiabilidad).

Tabla 8.- Acidez

<b>FORMULACIONES</b>	<b>% ACIDEZ</b>
CONTROL	36.333±0.005 <sup>c</sup>
F1	25.800±0.020 <sup>d</sup>
F2	48.600±0.031 <sup>a</sup>
F3	43.200±0 <sup>b</sup>
F4	45.333±0.005 <sup>ab</sup>
F5	47.900±0.102 <sup>a</sup>

Letras iguales significan que no existen diferencias significativas, letras diferentes significa que existen diferencias significativas

#### 4.4.-Color

Se empleó como modelo de color el sistema CIEL\*a\*b\*L, con el parámetro de observador estándar CIE de 10 grados y el iluminante de referencia D65 (estándar luz de día) empleado frecuentemente y el apropiado para muestras sin referencia previa. En la Tabla 8, se presentan los valores promedios y la desviación estándar de los diferentes parámetros del color por lote de las formulaciones

En cuanto a luminosidad ( $L^*$ ), existe una diferencia en la F1, en comparación a las formulaciones restantes (Tabla 9), esto puede ser al alto contenido de aceite esencial, por otra parte, en  $b^*$  (el color amarillo (valores positivos) o azul (valores negativos)) los valores varían de 12.460 a 31.833, siendo este estadísticamente diferente (F5), se pudiera deber a los altos valores de desviación estándar, y en  $a^*$  (color rojo (valores positivos) o verde (valores negativos) )no hay diferencias significativas, los datos fueron arrojado mediante una comparación de Tukey ( $p=0.5$ )

Los alimentos, tanto en su forma natural como procesada, presentan un color característico y bien definido mediante el cual el consumidor los identifica. El color a menudo se utiliza para determinar el contenido de pigmentos de un producto, que a su vez es un índice de calidad, como lo es en el caso del salmón o del vino (González y Vicente, 2007). Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante el manejo y procesamiento y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos (Badui, 2006)

Tabla 9.-Color

Color	CONTROL	F1	F2	F3	F4	F5
<b>L*</b>	41.740±3.423 <sup>b</sup>	52.747±0.506 <sup>a</sup>	42.633±4.826 <sup>b</sup>	41.243±0.845 <sup>b</sup>	40.173±0.924 <sup>b</sup>	26.923±1.725 <sup>c</sup>
<b>b*</b>	12.460±1.169 <sup>b</sup>	4.023±1.095 <sup>b</sup>	9.343±3.396 <sup>b</sup>	7.613±4.080 <sup>b</sup>	9.467±3.205 <sup>b</sup>	31.833±4.091 <sup>a</sup>
<b>a*</b>	29.950±1.002 <sup>a</sup>	25.900±5.554 <sup>a</sup>	25.373±5.437 <sup>a</sup>	32.580±7.35 <sup>a</sup>	30.933±3.155 <sup>a</sup>	20.800±8.87 <sup>a</sup>

#### 4.5.-Actividad antioxidante

Se prepararon las formulaciones de las gelatinas, y se compararon vs control (Figura 5), se puede apreciar que la formulación 1 (F1) dio mayor % de actividad antioxidante con 70% seguido de F2 y F3 con 65 y 50 respectivamente, en comparación de F4 y F5 con 25 y 22 % de Actividad antioxidante. Sin embargo, las formulaciones están por arriba del control. La alta actividad antioxidante en F1 pudiera deberse a que en esta formulación se utilizó más extracto de aceite esencial de naranja.

Actualmente se han estado realizando estudios para la generación de productos con propiedades a la salud, por ejemplo, en el 2015 Benavent realizó formulaciones de gelatinas con extractos de sandía, demostrando entre sus formulaciones (10-20 % de actividad mediante DPPH), estos resultados son bajos a los repostados, estos se debe a que los extractos

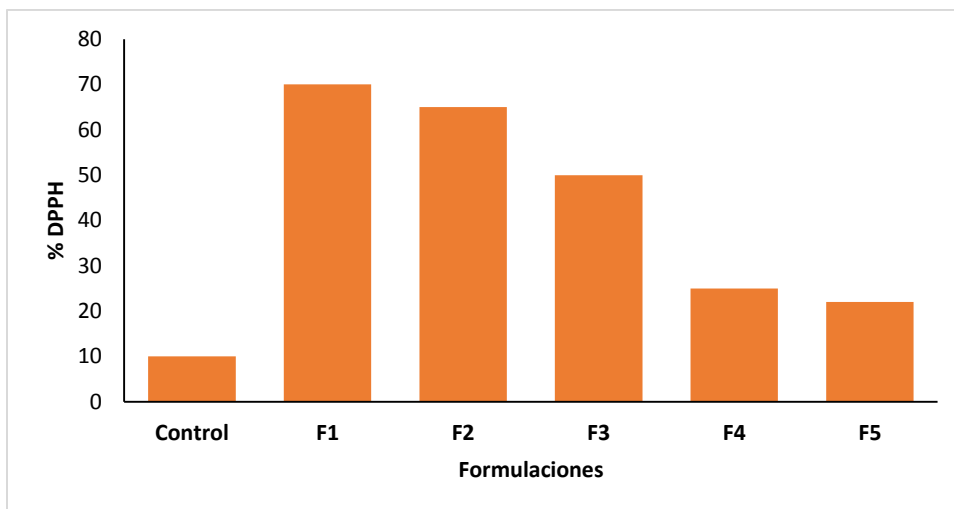


Figura 5.-Actividad antioxidante de las formulaciones de gelatina

#### 4.6.-Análisis sensorial

Los atributos evaluados en el análisis sensorial (Tabla 10), revelaron que el color en F3 tiene mayor grado de aceptación, mientras que el Control, F1, F2, y F5 tienen el mismo grado de aceptación. Por otro lado, en cuanto al olor, el control fue el menos aceptado por los panelistas y el resto permaneció en el mismo grado de aceptación con 4 puntos.

El sabor es un punto crítico en la aceptación de la población, en este caso la F3, F4 y F5 fueron los más aceptados. Y en la consistencia el mejor aceptado fue el F3, seguido de F4, F5 y el control.

Tabla 10.-Análisis sensorial

ATRIBUTO	Control	F1	F2	F3	F4	F5
Color	4	4	4	5	3	4
Olor	3	4	4	4	4	4
Sabor	2	3	3	4	4	4
Consistencia	4	3	3	5	4	4

Los resultados obtenidos en este trabajo se consideran confiables de acuerdo a lo descrito por Palacio et al. 2012, ya que, aunque se conoce que existen aspectos que influyen en la evaluación sensorial, a los jueces que evaluarán el atributo más importante para ellos, ya que esto influye directamente en la elección del producto.

Los resultados se presentan (Figura 6), mediante un gráfico de Telaraña de Bernstein (Radar) que incluye la comparación de los diferentes atributos entre las formulaciones con una escala de cinco puntos. De acuerdo al gráfico de la telaraña se determinó que la F3 es la mejor, esto por los atributos elegidos por los panelistas. Y como segunda formulación es la F5.

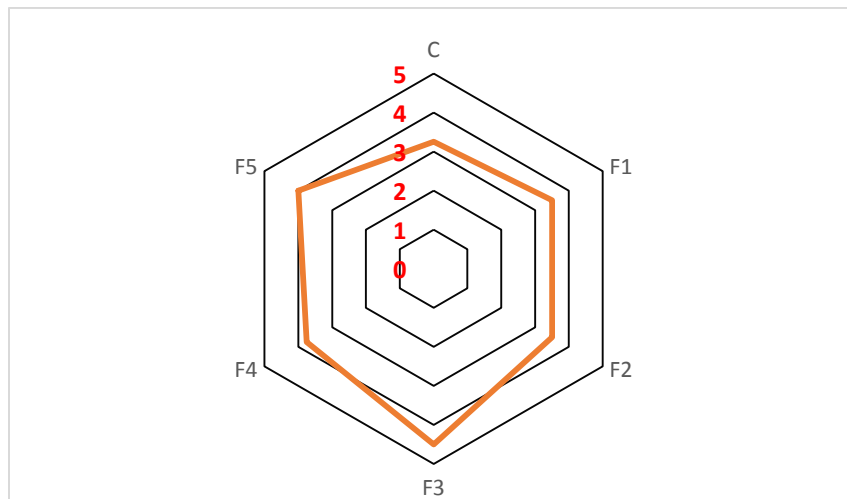


Figura 6.-Telaraña Radar

A demás de las evaluaciones, se le solicito a los panelistas realizar comentarios del producto y al azar se tomaron para realizar la Tabla 11,

Tabla 11.-Comentarios de las formulaciones

Formulaciones	Comentarios
<b>Control</b>	Su sabor no es muy agradable ya que se siente más el sumo (aceite esencial) y su olor es al de la naranja, es muy dulce y no tan agradable, su color es verde fuerte y su consistencia es firme.
F1	Contiene más un poco sabor de naranja y tiene más sabor a nopal, su aroma es muy bajo a la naranja, se siente muy dulce y el color de la gelatina es verde claro, la gredetina cuajo bien y contiene una consistencia agradable
F2	Su sabor es bajo a naranja, pero se siente mucho el sabor el sumo (aceite esencial) y el aroma es fuerte, no se siente muy dulce ni tan simple su color es verde claro y tiene una buena consistencia
F3	El sabor es mas a naranja y su aroma es agradable, el endulzante natural es exacto y al agregar más gredetina hizo su consistencia más firme
F4	El sabor a naranja es agradable es, pero aún se detecta el sabor a nopal ya no se siente el sabor a zumo (aceite esencial) el endulzante natural es exacto, ya que no se siente muy dulce, su consistencia es más firme, su color es verde claro.
F5	Su sabor es más agradable ya que sabe a naranja y su aroma es al de la naranja, el punto que queríamos lograr, apropiado ya que no hace perder el sabor a naranja y no se siente muy dulce, su consistencia es firme al de una gelatina y su color es llamativo ya que es verde claro.

Gaytán-Andrade et al., (2019), desarrollaron y evaluaron sensorialmente formulaciones de una gelatina a base de fruto rojo (*Stenocereus queretaroensis*) en diferentes concentraciones, y demostraron una aceptación de 85% por parte de los consumidores

(panelistas no entrenados). Por otra parte, Chacón-Garza et al., (2020) elaboraron una gelatina a base de tuna (*Opuntia ficus-indica*), y según los panelistas (no entrenados) aceptaron las mezclas de nopal con tuna roja con un 80%, similar a lo reportado en este trabajo, según datos sensoriales, al adicionar base nopal no interfiere estadísticamente en el sabor, esto mismo se vio reflejado en el trabajo descrito por Chacón-García en el 2020.

#### 4.7.-Relación DPPH/Aceptación

Se realizó una correlación de la actividad antioxidante con respecto a la aceptación de las formulaciones (Figura 8). Se puede observar una mayor correlación en la F1 con 100 %, y F2 con 80%, sin embargo, en las formulaciones restantes no se correlacionan, puesto que la aceptación es mayor al contenido de actividad antioxidante. En la F3 la actividad antioxidante es del 50% y para productos benéficos es aceptable.

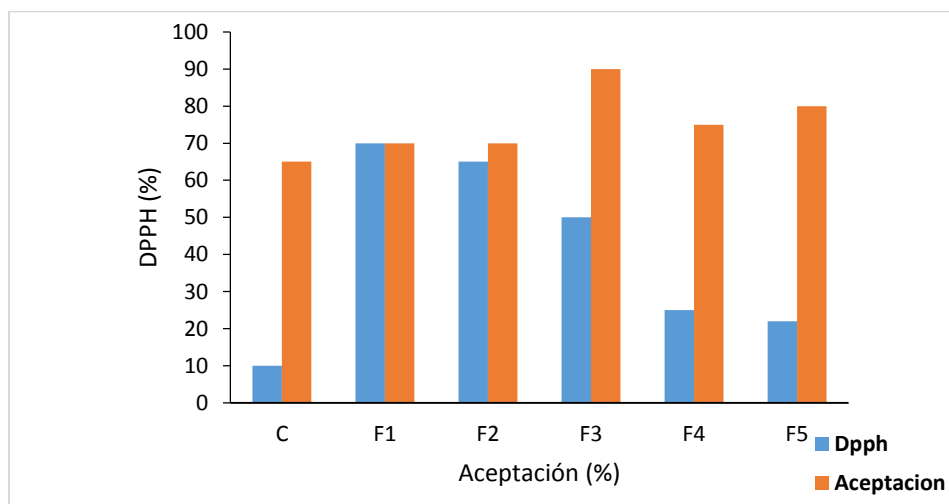


Figura 7.- Relación entre aceptación y actividad antioxidante

## **CONCLUSIONES**

Se desarrolló una gelatina con la F3 cuando esta contenía 1.5 mL de aceite esencial, cumpliendo las características deseadas por los panelistas con una aceptación del 90% en la evaluación sensorial, con 50% de actividad antioxidante, por lo tanto, se considera un producto que pudiera llegar a ser incluida en la dieta de la población, ya que gracias a sus características antioxidantes aportaría efectos benéficos.

## **Recomendaciones**

- ❖ Determinación de azúcares totales y reductores
  
- ❖ Análisis químico proximal de la gelatina
  
- ❖ Análisis de vida de anaquel
  
- ❖ Análisis microbiológicos



## BIBLIOGRAFIA

Antunes-Ricardo, M., Moreno-García, BE, Gutiérrez-Urbe, JA et al. Inducción de la apoptosis en células de cáncer de colon tratadas con glucósidos de isorhamnetina de *Opuntia Ficus - indica* Pads. *Plant Foods Hum Nutr* 69, 331–336 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0438-5>

Argote, F. Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. (2017). *Rev. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 15(2): 52- 60.

Brito C, Leite J, Barreto P, Conte A, Teixeira-Silva F. Anxiolytic-like effect of sweet orange aroma in Wistar rats. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2010;34:605-9.

Carbajal, C. (2013). Efecto del tamaño del cladodio en la actividad antioxidante del Nopal (*Opuntia ficus indica*) en tejidos de ratas diabéticas inducidas con Estreptozotocina. (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Queretano, Facultad de Química, Queretano, México.

Celis, E. F. (2009). Potencial nutraceutico del nopal. (Tesis de maestría), Universidad de Queretano, Facultad de Química, Queretano, México.

Dhaouadi, K., Raboudi, F., Funez-Gomez, L. et al. Jarabe de extracto polifenólico de higo de Berbería (*Opuntia ficus-indica*): análisis RP-HPLC-ESI-MS y determinación de potenciales antioxidantes, antimicrobianos y citotóxicos de células cancerosas. *Anal de alimentos. Methods* 6, 45–53 (2013). <https://doi.org/10.1007/s12161-012-9410-x>

Escalante, M. Santos, I. Rojas, L. Lárez, C. (2012). Aprovechamiento de desechos orgánicos: Extracción y caracterización del aceite de semillas de naranja colectadas en expendios ambulantes de jugos. Mérida, Ve. Universidad de los Andes. *Revista científica Avances en química*. Vol. 7. p 181-186.

González, A. L. (2013). Nutraceuticals for older people: facts, fictions and gaps in knowledge, Department of Food Science and Technology, CEBASCSIC, Murcia,

Grainger N, Wichtl M. Herbal drugs and phytopharmaceuticals. 2a edición. Londres: CRC Press; 2001. p. 91-2, 104-5.

Grosse R et al (2000). Extracción del Aceite Esencial de Naranja Cajera citrus. Acta Científica Venezolana 51(2), 200-208.

Guzmán Loayza, Deysi, & Chávez, Jorge. (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. Revista de la Sociedad Química del Perú, 73(1), 41-45. Recuperado en 29 de abril de 2021, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2007000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000100005&lng=es&tlng=es).

Háuaad-Marroquín, L. A. (2010). Utilización del nopal y otras cactáceas. Salud Pública y Nutrición, 180-184. ISSN 1870- 0160

Inouye S, Takizawa T, Yamaguchi H. Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. J Antimicrob Chemother. 2001;47:565-73

Loor, R. M. (2012). Determinación de la capacidad antioxidante de la nuez de Macademia mediante el método DPPH, Obtención de su aceite aplicando la técnica Soxhlet y sus aplicaciones. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil, Ecuador.

López Bermúdez, L.S., Medina de la Cruz F.R., Ornelas Romo R., Moreno Icedo J.D. (2016). Elaboración de gelatina enriquecida con sustituto de leche a base de amaranto. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol. 1, No. 2 (2016) 577-581

Martínez-Damian, M. C.-Á.-L.-P.-R. (2013). Actividad enzimática y capacidad antioxidante en menta (*Mentha piperita L.*) almacenada bajo refrigeración. Agronomía Mesoamericana, 24(1) pp: 57-69.

Mazza G. 1998. Alimentos Funcionales. Aspectos Bioquímicos y de Procesado. Acribia, S. A. España. 402 p.

Olivia, R. P. (septiembre de 2009). Universidad de Salamanca, Facultad de farmacia, Departamento de bioquímica y biología molecular. Estudio estructural y

determinación de propiedades antioxidativas de extractos etanólicos de *Thymus*. Trabajo para optar el título de grado. México.

Pérez A, J Villarreal, Y Pérez, A Ramírez, M Rangel ( 2017). Actividad antimicrobiana de aceites esenciales de naranja dulce (*Citrus sinensis*) y limón criollo (*Citrus aurantifolia*) como control en el añublo bacterial de la panícula del arroz. *Ciencia y tecnología alimentaria*. Vol. 15, n2. Pp 28-44

Reyes, S. C. (2013). Capacidad antioxidante in vitro de los flavonoides totales, *Revista Farmaciencia*, Vol 1, Ciudad de Huachamuco. Universidad Central de Trujillo.

Saézn H. C. 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. In: Esparza F. G., R. D. Váldez C., y G. Méndez S. (eds). *El Nopal. Tópicos de Actualidad*. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp: 211-221

Saenz, C. H. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. Obtenido de *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO* N° 162. Roma.: <http://www.fao.org/3/aa0534s.pdf>  
Spain pp:27-33.

Sudzuki, F. (1999). Anatomía y Morfología. En *Agroecología, cultivos y usos del nopal* (págs. 29-36). Roma: Barbera.

Tenorio López, Fermín Alejandro, del Valle Mondragón, Leonardo, & Pastelín Hernández, Gustavo. (2006). Los flavonoides y el sistema cardiovascular: ¿Pueden ser una alternativa terapéutica? *Archivos de cardiología de México*, 76(Supl. 4), 33-45. Recuperado en 29 de abril de 2021

USDA (Departamento de agricultura de Estados Unidos). 2013. Datos nutricionales de la naranja fresca (en línea). Ecuador. Consultado, 27 de enero del 2021. Formato (HTML). Disponible en: <http://nutritiondata.self.com/facts/fruits-and-fruit-juices/1967/2>

Valencia-Sandoval Karina, Brambila-Paz, José de J., Mora-Flores José (2010). Nopal evaluation as functional food by means of real option *Agrociencia*, pp.955-963

Velásquez, E. (1998). *El nopal y su historia*. México: Clío.

Víctor, M. (2009). Evaluación de la estabilidad del vino de naranja (*Citrus sinensis*) usando un agente y una enzima clarificaste. Tesis. Ingeniería agroindustrial. Ho. p 1.

Yañez R., Xiomara, Granados C., Clemente y Durán L., Marlene. (2013). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Myrcianthes leucoxylla* de Pamplona (Colombia). *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Volumen 11 N° 1. Pp: 48 -54.

Yaselga Quiguango., W. K. (2011). Utilización de la penca del nopal (*Opuntia ficus indica*) para la elaboración de jugos. (Tesis de grado), Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuaria y Ambientales, Ibarra, Ecuador.

Benevent., M. D., Carmen, Castello G. M., Ortola., O., M. D. (2011). Caracterización De Gelatinas De Sandía Formuladas Con Edulcorantes No Cariogénicos. Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD). Tesis de grado

Chacon-Garza, L.E.; Hernandez-Cervantes, D.; Ventura-Sobrevilla, J.M. Y Aguirre-Joya, J.A..Sensory Analysis Of Jelly From Prickly Pear Cactus Fruit (*Opuntia Ficus Indica*). Riiit. Rev. Int. Investig. Innov. Tecnol. [Online]. 2020, Vol.8, N.44, Pp.1-11. Epub 05-Feb-2021. Issn 2007-9753.

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos Gaytán-Andrade, et al. /Vol.4 (2019) 576 Desarrollo y Evaluación Sensorial De Un Postre de Gelatina Funcional Del Fruto Rojo de *Stenocereus queretaroensis* (F.A.C. Weber) Buxbaum. Gaytán-Andrade J.J. a\*, Solís Salas L.M. a , López López L.I. a , Cobos Puc L.Ea , Silva Belmares S.Y. a . a Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Investigación en Alimentos, Posgrado en Ciencia y Tecnología en Alimentos, Grupo de investigación en Compuestos Bioactivos, et al. /Vol.4 (2019)