

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS**

TESIS PROFESIONAL

**ANÁLISIS SENSORIAL Y FÍSICO DE UN PAN
ADICIONADO CON HARINA DE
CUAJILOTE (*Parmentiera edulis*)**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

LADI BELEN MORALES MORALES

DIRECTOR DE TESIS

MC. JOSÉ ABELARDO CASTILLO ARCHILA

DIRECTOR DE TESIS EXTERNO

DR. MIGUEL ANGEL MARTINEZ MALDONADO



Agradecimiento y dedicatoria

A Dios

Gracias a Dios por haberme dado a unos excelentes padres, y por una gran valentía para seguir en este camino, no fue un proceso fácil, pero agradezco por lo que estoy logrando.

A mis padres

Gracias a mis padres, Sra. Anely Morales López y al Sr. Otilio Morales Gallegos, que nunca me dejaron sola en este caminar, estaré por siempre agradecida por el gran apoyo que tuvieron hacia mí, y todo el esfuerzo que hicieron para que yo estuviera en estos momentos donde estoy ahora, en el último paso.

A mis hermanos

Para ellos, Salma Morales y Erick Morales, porque siempre es bueno tener el conocimiento de platicar con ellos sobre esta meta, que siempre quise cumplir.

A mi novio

Lic. Oscar Rayos, gracias por las enseñanzas, por el gran cariño y el aprecio hacia mí, por nunca dejarme sola, y siempre apoyarme en los momentos más difíciles, gracias por los consejos y el apoyo, sé que siempre contaré contigo.

A mi asesor de tesis

Mc. José Abelardo Castillo Archila gracias por el apoyo, por los consejos, para poder desempeñarme en la tesis con un tema de gran interés, gracias por las enseñanzas en este proceso.

¡Con cariño Ladi!



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACION ESCOLAR



Autorización de Impresión

Lugar y Fecha: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 26 de enero de 2023

C. Ladi Belen Morales Morales

Pasante del Programa Educativo de: Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Análisis sensorial y físico de un pan adicionado con harina de cuajilote (Parmentiera Edulis)

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dra. Adriana Caballero Roque

Mtra. Miriam Izel Manzo Fuentes

Mtro. José Abelardo Castillo Archila

Firmas

Ccp.Expediente



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACION ESCOLAR



Autorización de Impresión

Lugar y Fecha: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 26 de enero de 2023

C. Ladi Belen Morales Morales

Pasante del Programa Educativo de: Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Análisis sensorial y físico de un pan adicionado con harina de cuajilote (Parmentiera Edulis)

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dra. Adriana Caballero Roque

Mtra. Miriam Izel Manzo Fuentes

Mtro. José Abelardo Castillo Archila

Firmas

Contenido

INTRODUCCIÓN	7
JUSTIFICACIÓN	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
OBJETIVOS	11
OBJETIVO GENERAL	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
MARCO TEÓRICO	12
PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN	12
PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAN	13
PROPIEDADES SENSORIALES GENERALES DE LOS PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN	13
ATRIBUTOS DE OLOR	14
ATRIBUTOS DE TEXTURA	15
ATRIBUTOS DE FLAVOR	15
ATRIBUTOS DE COLOR	16
Composición nutricional	16
MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES SENSORIALES Y FÍSICAS DEL PAN.	17
PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PAN	17
TENDENCIAS Y CONSUMO DE PAN	21
<i>PARMENTIERA EDULIS</i>	21
ZONAS DE DISTRIBUCIÓN DEL FRUTO	22
ESTACIONALIDAD	22
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FRUTO	22
USOS GENERALES DEL CUAJILOTE	23
Harinas compuestas y sus aplicaciones en alimentos	24
HIPÓTESIS	27
METODOLOGÍA	28
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	28
DISEÑO DE EXPERIMENTO	28
MUESTRA	28
Instrumentos de medición	29
PAPELETA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL	29
Descripción de las técnicas a utilizar	29
PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CUAJILOTE	29
Análisis de Textura (TPA)	31
MEDICIÓN DE LA FRACTURABILIDAD	32
MEDICIÓN DE LA DUREZA DEL PAN	32

ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	34
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEXTURA (TPA) DEL PAN ADICIONADO CON HARINA DE CUAJILOTE	34
RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN ADICIONADO CON HARINA DE CUAJILOTE	37
CONCLUSIÓN	39
PROPUESTAS	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	46
ANEXO 1: PROCESOS DE LA OBTENCIÓN DE HARINA DE CUAJILOTE	46
ANEXO 2. EVALUACIÓN SENSORIAL	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del proceso de elaboración del pan (Altaga, 2002)	22
Figura 2. Árbol de <i>Parmentiera edullis</i>	23
Figura 3. Fruto <i>Parmentiera edulis</i>	24
Figura 4. Desarrollo del fruto (cuajilote) de <i>Parmentiera edulis</i>	24
Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de harina	33
Figura 6. Observación del de pan experimental (P1 5%, P2 10% y P3 15%).	37
Figura 7. Medición de la dureza del pan con el texturizador TAPLus	39
Figura 8. Resultados del análisis de textura del pan	40
Figura 9. Resultados de prueba sensorial y grado de aceptación del pan	40
Figura 10. Elaboración de harina de cuajilote	46
Figura 13. Elaboración del pan adicionado con harina de cuajilote	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño de experimentos de los tratamientos	30
Tabla 2. Variables dependientes e independientes	30
Tabla 3. Formulación de harina de cuajilote y harina de trigo en %	36
Tabla 4. Mezcla óptima obtenida mediante la optimización de la función de deseabilidad	38
Tabla 5. Papeleta para prueba sensorial	47

INTRODUCCIÓN

El pan es el más popular entre todos los productos derivados de los cereales, no sólo por sus cualidades nutricionales, sino también por sus propiedades sensoriales y de textura (Poinot *et al.*, 2008; Lambert *et al.*, 2009). Así como los numerosos tipos de pan que podemos encontrar en todo el mundo (Povorinos, 2009).

La fabricación del pan es uno de los descubrimientos más importantes de la humanidad; ha representado un papel esencial en el desarrollo del género humano, es una de las principales fuentes de la alimentación de conveniencia variada y constituye un componente dietético saludable (Rabines, 2009). El pan se suele preparar mediante el horneado de una masa elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua. La mezcla en algunas ocasiones suele contener levaduras para que fermente la masa y sea más esponjosa y tierna. El cereal más utilizado para la elaboración del pan es la harina de trigo (Henaó y Aristizábal, 2009).

La industria de alimentos permanentemente se encuentra mejorando en una búsqueda constante de materias primas, ya que las preferencias de los consumidores suelen cambiar respecto al tiempo, uno de los cambios más notables en cuanto a las preferencias de compra es la búsqueda de alimentos saludables y con menos aditivos de origen sintético; y la industria de la panificación no es la excepción. Dado la importancia del pan en la alimentación, es necesario generar investigaciones que permitan obtener nuevos productos panificables a partir de nuevas materias primas o aditivos naturales, que no sólo mitiguen el hambre o los antojos de los consumidores, sino que también contribuyan a mantener un estado de salud óptimo (Ribotta *et al.*, 1999; Solito y Pavesi, 2003).

Las harinas compuestas se usa para indicar todo tipo de productos obtenido por mezcla de distintas harinas con o sin trigo y estas a su vez se pueden mezclar con otras materias primas de alto valor biológico, con la posibilidad de incluir la adición de proteína suplementaria, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), se refería a mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas, y galletas (Vásquez, 2016).

El fruto cuajilote (*Parmentiera edulis*) es originario de México y Centroamérica, es comúnmente conocido como cuajilote, chote, pepinillo o como fruta de puercos o de cochinos (Álvarez-

Olivera et al., 2010); es una baya alargada que mide aproximadamente 15 cm de largo por 6.5 cm de ancho, se caracteriza por tener surcos longitudinales y de color amarillo-verdoso (Andrade-Cetto y Heinrich, 2005) y su peso oscila entre 130 y 200 g (Álvarez-Olivera *et al.*, 2010).

El presente trabajo parte de un proyecto en el cual se diseñaron panes tipo panque con harinas compuestas de trigo y cuajilote, en donde se incorpora la harina de cuajilote en proporciones de 5, 10 y 15 % en la mezcla. A los panes formulados se le evaluaron las propiedades físicas y sensoriales respecto a una fórmula control hecha con solo harina de trigo. Los resultados demuestran que la incorporación de harina de cuajilote en la harina compuesta permite desarrollar panes con buenas características sensoriales y físicas, que sean aceptables en los consumidores.

JUSTIFICACIÓN

El fruto *Parmentiera edulis* D.C, es un fruto nativo del sur-sureste de México, ampliamente distribuido en zonas rurales de estas regiones del país, sin embargo, poco valorado como producto de consumo humano, dada sus características fibrosas, además de la pérdida de la asociación de consumo en la dieta por un desarraigo cultural. Pese a estos puntos negativos, el fruto de cuajilote se emplea en la herbolaria mexicana para combatir diferentes padecimientos como el dolor de riñones, tratar la diabetes mellitus, dolor de cabeza, los cálculos biliares, la sordera y la diarrea, su uso comestible también está documentado (Pérez- Gutiérrez, 2000). Su alto contenido de material de fibra, minerales y carbohidratos nos permite considerarlo como un alimento que puede incorporarse a otros productos alimenticios populares y frecuentemente consumidos, que generen un beneficio tanto en su formulación como en el impacto para la salud de los consumidores, sin que se vean afectados otros parámetros de importancia.

Uno de los alimentos que se enmarca en la descripción anterior son los productos de panificación. El pan es uno de los alimentos básicos que contribuye a satisfacer sus necesidades energéticas de la población mundial. Es una mezcla en proporciones adecuadas de harina, generalmente de trigo, agua potable, levadura y sal comestible. En las últimas décadas se ha planteado el rediseño de estos productos utilizando harinas sin refinar o harinas compuestas con otros pseudocereales, frutos u otros productos vegetales, que incrementan los valores de fibra, proteína, minerales, vitaminas u otras sustancias de valor nutricional. Esta tendencia en la reformulación se debe a que ha disminuido su consumo por atribuírsele un efecto negativo sobre el aumento de peso, y esta premisa es cierta siempre y cuando no exista un balance de su consumo en dietas equilibradas, lo que sí es una causa de la pandemia de obesidad en nuestros tiempos.

Formular un pan con harinas compuestas de trigo y cuajilote permitirá por un lado contribuir a la revalorización de esta especie nativa y por otro el diseño de productos alimenticios con mejores propiedades nutricionales y funcionales, sin que se comprometan otros atributos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La utilización exclusiva de trigo en los productos de panificación plantea ciertos retos en los tiempos actuales. Por una parte, se encuentra el hecho de que al ser un monocultivo el impacto que tiene en la biodiversidad es negativo, además de todo lo que conlleva los sistemas de producción por esta vía. En otros aspectos la dependencia a una sola materia prima pone en riesgo la seguridad alimentaria y vuelve vulnerables a pequeños productores y a todos los actores pequeños en la cadena de valor de este cereal por las variaciones en la producción y en los precios del mercado. Una de las alternativas que ha tomado gran auge en relación a esta problemática, es la sustitución parcial de harina de trigo por otras harinas en formulaciones de productos panificables.

Lo anterior ha permitido que hoy en día se busquen alternativas para la elaboración de panes haciendo uso de harinas compuestas que incrementen ciertos valores nutrimentales, aparezcan atributos funcionales, se potencien las características sensoriales o se mejoren las propiedades reológicas.

En lo que respecta estos últimos dos puntos es importante mencionar que la calidad sensorial del pan se percibe a partir de los sentidos de la vista, olfato, gusto, oído y tacto (Meilgaard *et al.*, 1991) y juega un papel muy importante en la dimensión de la calidad total del producto (Khilberg, 2004; Curic *et al.*, 2008). Desde el punto de vista del consumidor, la calidad sensorial es uno de los factores más importantes para la aceptación de un producto (Dewettinck *et al.*, 2008). A lo largo de la cadena de producción del pan, desde el cultivo del trigo hasta el envasado (si lo hubiera), existen numerosos factores que van a tener una incidencia determinante sobre la calidad sensorial del pan.

En este mismo sentido, las técnicas del análisis sensorial, así como aquellas técnicas analíticas que miden alguna propiedad asociada a algún parámetro sensorial como la textura, se convierten en herramientas cada vez más empleadas tanto en las industrias de panificación como en el ámbito de la investigación para asegurar la calidad del producto final.

Todo lo anterior plantea el reto de formular un pan elaborado con harinas compuestas de trigo y cuajilote, que mejore sus propiedades nutrimentales y nutracéuticas, sin detrimento en las propiedades físicas y sensoriales

OBJETIVOS

Objetivo general

Combinar harina compuesta de trigo y cuajilote (*Parmentiera edulis*) para elaborar un pan tipo panque que sea sensorial y reológicamente aceptable.

Objetivos específicos

- Estandarizar la formulación de un pan elaborado con harinas compuestas.
- Determinar las propiedades físicas de los panes tipo panque elaborado con las harinas compuestas.
- Evaluar las propiedades sensoriales de los panes tipo panque elaborado con las harinas compuestas.

MARCO TEÓRICO

Productos de panificación

Se denomina pan a un producto alimentario elaborado a partir de la cocción de harina, mezclada con agua o leche junto con otros ingredientes. Puede ser elaborado con levadura (pan fermentado) o sin levadura (pan ácimo). Las levaduras a su vez pueden ser naturales o químicas.

El pan en sus múltiples formas, es uno de los alimentos ampliamente utilizados por la humanidad (Calaveras, 2004). Se presume que el lugar de su descubrimiento fue en el oriente medio donde también en la antigüedad se empezó a cultivar el trigo (Alcázar, 2002).

El pan común, se define como el de consumo habitual en el día, dentro de este tipo se incluyen:

Pan bregado, de miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores; pan de flama o de miga blanda, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración; pan especial, es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común.

Dentro de esta última clasificación podemos encontrar: pan integral, es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo; pan de Viena o pan francés, es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche o ambos a la vez; pan de molde o americano, es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes; pan de cereales, es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo: pan de centeno, pan de maíz, etc; pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc; son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida (Tejero, 1992-1995; Matz, 1996; Miralbes, 2000; Callejo, 2002).

Propiedades físicas del pan

Para la determinación de las propiedades del pan se hicieron con base en la Norma IRAM 15858-1.

Volumen del pan: la medición del volumen del pan se hace una hora después de la cocción. Utilizando el aparato medidor de volumen, provisto de un recipiente que contiene el pan. La medición se realiza midiendo el volumen de las semillas de colza o nabo desplazadas por el espacio ocupado por el pan. El volumen específico del pan se calculó como el cociente entre el volumen neto del pan y su peso. Evaluación general

La textura de la miga del pan se clasifica en una escala que comprende los siguientes límites superior e inferior: suave y elástica, áspera y rígida.

Estructura: se verifica que la miga presente alvéolos homogéneos pequeños y de paredes finas a lo que le corresponde la evaluación óptima. El color debe ser blanco crema, el cual brinda la evaluación óptima. (Herrera, 2011).

El pan tiene distintos aspectos físicos que se evalúan de acuerdo al tipo de producto que sea, la textura del pan como propiedad física del mismo es de importancia para su aceptabilidad hacia el consumidor ya que prefiere aquellos alimentos que sean agradables sensorial y físicamente, esta aceptación es determinante en productos como carnes y sus derivados, así como los productos crujientes, entre otros, también es importante en alimentos en los que la textura, apesar de no ser una característica dominante, contribuye a su calidad global; algunos ejemplos se representan en frutas, hortalizas y pan, entre otros (Ibarz *et al.*, 2000).

Para caracterizar los productos obtenidos con las mezclas de harina de trigo, es de gran utilidad estudiar sus propiedades mecánicas y viscoelásticas ya que sus resultados pueden ser útiles para obtener información fundamental acerca de los aspectos básicos de la textura y su relación con la estructura y con atributos sensoriales (Steffe, 1996).

Propiedades sensoriales generales de los productos de panificación

Las propiedades organolépticas son las características físicas de cualquier materia y que podemos percibir con nuestros sentidos: sabor, textura, olor y color. Se utilizan para evaluar materias sin instrumentos científicos, pero con pruebas establecidas y validadas con rigor para obtener resultados confiables, y poder determinar si son óptimas para su finalidad.

Si realizamos una cata deberemos pasar por:

- la fase olfativa: buscando los atributos de olor del pan: nueces, humo, ácido acético, vainilla, regaliz, caramelo, harina, café, ácido láctico, etc.
- la fase gustativa: buscando los atributos de sabor y flavor: dulce, salado, ácido, amargo, tostado, rancio, cartón, pungente, entre otros.
- la fase táctil: buscando la textura: gomosidad, elasticidad, dureza, crujencia, residuo en boca, pastosidad y otros atributos.
- la fase visual: buscando los atributos visuales: color, burbujas, volumen, concavidad y greña.

El empleo de pruebas sensoriales de consumidores ha puesto de manifiesto que la estructura de la miga de pan interviene con un peso del 20% en el juicio de la calidad del pan (Lassoued *et al.*, 2008). La percepción de la miga al tacto o en la boca está muy influenciada por el tamaño y la estructura de los alvéolos: cuando son finos, con paredes delgadas y uniformes en tamaño, la textura es más suave y más elástica que cuando son grandes, irregulares en tamaño y con paredes más gruesas (Lassoued *et al.*, 2008).

Atributos de olor

El olor del pan es uno de los factores determinantes en la aceptación por el consumidor. Aunque han sido identificados un gran número de compuestos volátiles relacionados con el aroma del pan, sólo unos pocos tienen una incidencia determinante en su olor final (Pozo Bayón *et al.*, 2006). Muchos de los compuestos volátiles se originan por la actividad enzimática durante el amasado, por el metabolismo de las levaduras y las bacterias lácticas durante la fermentación de la masa, las reacciones de oxidación de los lípidos y las reacciones térmicas durante la cocción, principalmente reacciones de Maillard y de caramelización (Cayot, 2007). Aunque también las recetas (ingredientes y técnicas de elaboración) pueden contribuir en gran medida al aroma final del pan.

La fermentación de la masa origina componentes aromáticos fundamentalmente en la miga, mientras que el proceso de cocción influye fundamentalmente en el olor de la corteza. El olor tostado del pan depende de la formación en la corteza de compuestos activos de flavor durante

el proceso de cocción. El compuesto con mayor impacto en el olor de la corteza del pan es la 2-Acetyl-1-pirrolina (Grosch y Schieberle, 1997; Thiele 2003). Además, se han identificado otros once compuestos volátiles con importante incidencia en el olor y el flavor de la miga y la corteza del pan (Thiele, 2003).

Se establece una diferenciación entre los panes de trigo y los de centeno porque estos últimos se elaboran con masas ácidas, que contribuyen a un aumento de la concentración de ácido láctico y acético en la miga, lo que caracteriza su acidez (Hellemann *et al.*, 1988). La utilización de masas ácidas permite también la obtención de migas más aromáticas en otros panes mundialmente conocidos como la baguette (Francia), la chapata (Italia) y el pan de masa San Francisco (California) (Hellemann *et al.*, 1988).

Atributos de textura

En los panes leudados (con volumen) la textura es un factor determinante de la calidad sensorial del pan e influyen en gran medida en las decisiones de compra de los consumidores (Heenan *et al.*, 2009). La corta vida útil del pan y la pérdida de frescura de la miga está fundamentalmente asociada con la evolución de dos parámetros de textura: el incremento de firmeza y pérdida de elasticidad (Callejo *et al.*, 1999, Lassoued *et al.*, 2008, Poinot *et al.*, 2008).

La textura de la miga del pan está relacionada con la cantidad de agua añadida a la masa y con el posible empleo de harinas especiales en el proceso, pero los factores más determinantes son la cantidad y la calidad de la proteína (Kihlberg, 2004). Recientemente, algunos estudios (Lassoued *et al.*, 2008) han encontrado muy buenas correlaciones entre las determinaciones instrumentales de la textura del pan y los datos sensoriales obtenidos mediante el empleo de perfiles descriptivos.

La percepción de los atributos de textura por paneles de jueces entrenados se suele realizar en dos etapas diferenciadas: fase táctil, en la que se comprime la miga con el dedo y se evalúan atributos tales como la compacidad y la elasticidad, y una segunda fase en la que se introduce la miga de pan en la boca, y en la que se evalúan humedad, adhesividad y cohesividad.(Lassoued *et al.*, 2008).

Atributos de flavor

El término *flavor* cubre el conjunto de impresiones de un alimento percibidas por vía química por medio de los sentidos en la boca (Heiniö, 2003). El *flavor* incluye por tanto, las percepciones olfativas causadas por las sustancias volátiles percibidas en la cavidad nasal, como las percepciones causadas por las sustancias solubles percibidas en la boca como sabores básicos, como los factores sensoriales químicos (astringencia, picor, calor, frío) que estimulan las terminales nerviosas. El *flavor* es, por tanto, la percepción simultánea del sabor, el aroma y la respuesta del nervio trigeminal.

El *flavor* del pan no puede ser explicado únicamente por sus compuestos volátiles. Atributos tales como dulce, ácido, salado, amargo o *flavor* a mantequilla son utilizados habitualmente en los perfiles descriptivos. Factores tales como el microorganismo empleado para la fermentación, el contenido en cenizas de la harina (relacionado con la tasa de extracción) o la temperatura de fermentación, influyen sobre el *flavor* del pan (Katina 2005). La utilización de masas ácidas interviene de forma decisiva, ya que incrementa el contenido de compuestos fenólicos a la vez que aporta notas ácidas (Heiniö, 2003).

En los panes de centeno origina un *flavor* característico ácido e intenso, además de los aromas procedentes de los compuestos volátiles del grano. En estos panes, las capas más externas del grano (en harinas con alta tasa de extracción) contribuyen a un *flavor* amargo e intenso en el pan debido a su elevado contenido en ácidos fenólicos, mientras que las partes más internas aportan un *flavor* más suave. Los componentes fenólicos influyen significativamente en el *flavor* a centeno (Heiniö, 2003).

Atributos de color

Este atributo es el que nos permite identificar un color de otro, así como el color de la corteza, la intensidad, brillo. El color de la corteza se desarrolla durante la etapa de cocción del pan y está asociado a las reacciones de Maillard. (Salmenkallo-Martila *et al.*, 2004).

Composición nutricional

El pan es un alimento muy valioso desde el punto de vista nutricional ya que suministra ingestas muy apreciables de macronutrientes y micronutrientes. Contiene cantidades importantes de

Hidratos de carbono, ya que el componente principal del pan es el almidón, un carbohidrato complejo que proporciona a nuestro organismo la energía que necesita. Aporta también vitaminas, principalmente hidrosolubles del grupo B. Un consumo de 100 g de pan nos aporta el 5% de las ingestas diarias recomendadas de vitamina B1, niacina y folatos. En cuanto a los minerales, el pan nos aporta principalmente selenio, cinc y hierro y, en menor cantidad, magnesio, potasio, calcio y yodo. (Hernández, 2011).

Métodos de análisis para determinar las propiedades sensoriales y físicas del pan.

Las pruebas analíticas objetivas, usadas en el control de la calidad, están divididas en dos grupos: pruebas discriminativas y pruebas descriptivas. Las pruebas descriptivas son usadas para evaluar si existe una diferencia entre las muestras, mientras que las discriminativas se emplean para determinar la naturaleza de las diferencias. La prueba subjetiva consiste en una prueba emocional basada en una medición de preferencia o aceptación (Nanto *et al.*, 1993).

Las pruebas afectivas miden el nivel de agrado o desagrado de las personas en un producto alimenticio, la escala hedónica que se realizó es a base de una evaluación sensorial que se realizó con 30 personas lo que fueron 50% de mujeres y 50% de hombres, que consistió en responder una papeleta sobre el agrado del pan adicionado con harina de cuajilote en las 3 presentaciones de porcentaje y 1 control.

El análisis de textura TPA, consiste en ayudar a medir, cuantificar parámetros tales como: dureza, gomosidad, masticabilidad, elasticidad, cohesividad entre otros. En el caso del pan adicionado con harina de cuajilote los panes con cierto porcentaje de harina no tuvieron mucha diferencia con el pan control, siendo que manejaba un porcentaje del 70% de cohesividad y dureza.

Proceso de fabricación del pan

Existen tres sistemas generales de elaboración de pan que vienen determinados principalmente por el tipo de levadura utilizado (Tejero, Callejo, *et al.*, 1995-2002) y son los siguientes:

Directo: es el menos frecuente y se caracteriza por utilizar exclusivamente levadura comercial. Requiere un periodo de reposo de la masa de unos 45 minutos antes de la división de la misma.

Mixto: es el sistema más frecuente en la elaboración de pan común. Utiliza simultáneamente masa madre (levadura natural) y levadura comercial. Requiere un reposo previo a la división de

la masa de sólo 10–20 minutos. Es el más recomendable cuando la división de la masa se hace por medio de una máquina divisora volumétrica.

Esponja o «poolish»: es el sistema universalmente empleado en la elaboración de pan francés y sobre todo en la de pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30 – 40% del total de la harina, la totalidad de la levadura (comercial) y tantos litros de agua como kilos de harina. Se deja reposar unas horas, se incorpora el resto de la harina y del agua y a partir de ahí se procede como en el método directo.

Con las particularidades propias de cada sistema de elaboración y de cada tipo de pan, el proceso de elaboración consta de las siguientes etapas (Quaglia *et. al*, 1991-1998).

Amasado: Sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación.

División y pesado: Su objetivo es dar a las piezas el peso justo. Si se trata de piezas grandes se suelen pesar a mano. Si se trata de piezas pequeñas se puede utilizar una divisora hidráulica, pesando a mano un fragmento de masa múltiple del número de piezas que da la divisoria. En las grandes panificadoras donde el rendimiento horario oscila entre las 1000 y 5000 piezas se suele recurrir a las divisorias volumétricas continuas.

Heñido o boleado: Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división.

Reposo: Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente en el propio obrador o mucho mejor en las denominadas cámaras de bolsas, en las que se controla la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma.

Formado: Su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan.

Fermentación: Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO₂ y algunos productos secundarios. En un sentido amplio la fermentación se produce durante todo el tiempo que transcurre desde que se han mezclado todos los ingredientes (amasado) hasta que la masa ya dentro del horno alcanza unos 50 °C en su interior. Se pueden identificar 3 momentos en la etapa

de fermentación que son: la fermentación en masa, que ocurre en el periodo de reposo que se da a la masa desde que finaliza el amasado hasta que la masa se divide en piezas. Un segundo momento es la fermentación intermedia que transcurre desde que la masa se encuentra en las cámaras de bolsas tras el boleado y antes del formado. Y finalmente la fermentación final o fermentación en piezas cuyo periodo de reposo se da a las piezas individuales desde que se practicó el formado hasta que se inicia el horneado del pan.

Corte: es la operación intermedia que se hace después de la fermentación, justo en el momento en que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas. Su objetivo es permitir el desarrollo del pan durante la cocción. Cocción: Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza. La cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde los 220 a los 260 °C, aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100 °C.

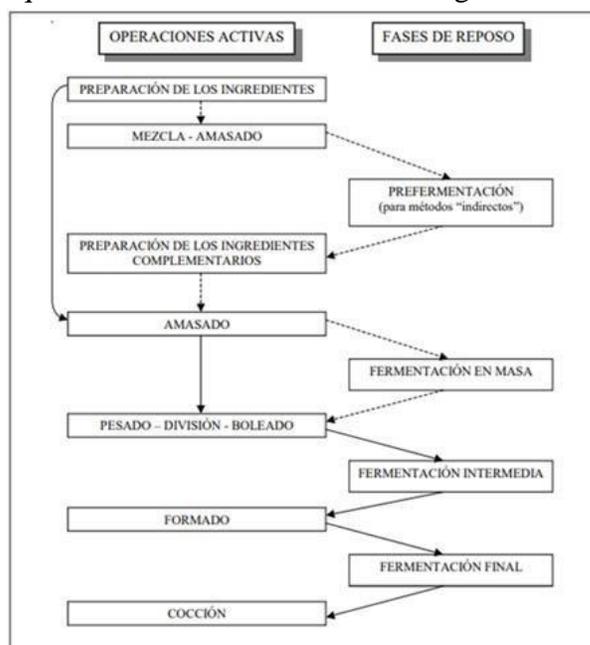


Figura 1. Diagrama del proceso de elaboración del pan (Altaga, 2002)

Las materias primas utilizadas en la elaboración del pan son (Tejero *et. al.*, 1992-2002): harina, agua, sal, levadura y otros componentes. Evidentemente la utilización de las 4 primeras conduce

a la elaboración de pan común, la ausencia de alguna de ellas o la inclusión de algún componente especial conlleva la elaboración de pan especial.

Harina

La denominación harina, sin otro calificativo, designa exclusivamente el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio. Si se trata de otros granos de cereales o de leguminosas hay que indicarlo, por ejemplo: harina de maíz, harina de cebada, etc. Si en la harina aparece no sólo el endospermo, sino todos los componentes del grano se llama harina integral.

Agua

Es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio (Calvel, 1983). La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan.

Sal

Su objetivo principal es dar sabor al pan (Calvel, 1994). Además, es importante porque hace la masa más tenaz, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan (Calvel, 1983).

Levadura

En panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa con el fin de hacerla fermentar de modo que se produzca etanol y CO₂. Este CO₂ queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen. A este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa (Humanes et. al., 1994-1996). Los microorganismos presentes en la levadura son principalmente levaduras que son las responsables de la fermentación alcohólica, pero también se pueden encontrar bacterias que actúan durante la fermentación dando productos secundarios que van a conferir al pan determinadas características organolépticas, en concreto una cierta acidez.

Tendencias y consumo de pan

El pan es un elemento básico en la alimentación de los seres humanos y constituye la columna vertebradora de la dieta mediterránea. Su relación con la salud es importante, ya que contribuye a satisfacer las necesidades energéticas y su consumo moderado con la presencia de ciertos componentes como la fibra dietaria, especialmente cuando el trigo es de grano entero, puede disminuir factores de riesgo de ciertas patologías crónicas no transmisibles. Esta acción preventiva favorable se ha relacionado con la enfermedad cardiovascular, la diabetes, la obesidad, el cáncer de colon y la diverticulosis intestinal, aunque se tiene que ser reservado en cuanto esta lectura.

De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Panificadora (CANAINPA), el consumo per cápita anual de pan es de 33.5 kg, de los cuales entre el 70% y 75% corresponde a pan blanco, y el restante 30% o 25%, respectivamente, a pan dulce, galletas y pasteles.

Hoy en día existen diferentes productos de panificación como lo son: el pan integral, elaborado de harina integral, pan francés, elaborado de masa blanda, pan tostado, pan enriquecido, pan de molde, pan de caja como comúnmente se le conoce, muffins, cup cakes (mini pasteles), y una extensa gama de productos que se pueden elaborar con distintos ingredientes como: cereales, frutos secos, frutos en almíbar, dulces, galletas, rellenos de alguna mermelada, salsa, productos lácteos, carnes etc. (Handtmann, 2018).

PARMENTIERA EDULIS

Parmentiera edulis es el nombre científico de la especie comúnmente conocida como “cuajilote”, su fruto es frecuentemente consumido asado o hervido en zonas rurales de Tabasco y Chiapas, aunque su uso más frecuente es la alimentación de ganado en épocas de sequía. Su nombre proviene del náhuatl: “cuahitl” que significa árbol, y “xilotl” que significa jilote.

El árbol mide alrededor de 4 a 9 m, en algunos casos llega a alcanzar hasta 15 m de altura, su tronco es grueso y leñoso, con numerosas ramas. Cada hoja está dividida en 5 hojuelas de color verde claro, el soporte que las une al tallo tiene alas y en la base de cada hoja se encuentran 2 espinas.



Figura 2. Árbol de *Parmentiera edulis*
Fuente: propia

Zonas de distribución del fruto

Es un árbol originario de México y el norte de América Central, y se desarrolla en un ambiente propio de la selva baja caducifolia, la planta prefiere selva mediana subperennifolia, subcaducifolia y selva baja dónde los climas son cálidos subhúmedos. En nuestro país, se encuentra distribuido desde el sur de Tamaulipas, San Luis Potosí y la Península de Yucatán en la vertiente del Golfo y desde el centro de Sinaloa hasta Chiapas en el Pacífico (Andrade-Cetto y Heinrich, 2005). La distribución de la planta se asienta en los estados de Sinaloa, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Nayarit, Colima, Michoacán, Edo. de México, Morelos, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Chiapas. Campeche (Galvan, 2006).

Estacionalidad

El árbol produce frutos dos veces al año, en primavera y verano, teniendo rendimientos altos de producción de aproximadamente 300 kg por árbol. El sabor de la fruta cruda se asemeja al de caña de azúcar (Pérez, Gutiérrez *et al.*, 1998).

Descripción general del Fruto

El fruto cuajilote (*Parmentiera edulis*), es comúnmente conocido como cuajilote, chote, pepinillo o como fruta de puercos o de cochinos (Álvarez *et. al.*, 2010).

Pertenece a la familia de las Bignoaceae, la fruta es una baya alargada que mide aproximadamente 15 cm de largo por 6.5 cm de ancho, se caracteriza por tener surcos longitudinales y de color amarillo-verdoso (Andrade y Cetto y Heinrich, 2005). Son parecidos a pepinos alargados, de color verde-amarillento, jugoso y de sabor dulce (Teczapic, 2019). La pulpa es de color

blanquecido con numerosas semillas de color negro, son frutos alargados y su sabor se asimila a la caña de azúcar.



Figura 3. Fruto *Parmentiera edulis*
Fuente: propia



Figura 4. Desarrollo del fruto (cuajilote) de *Parmentiera edulis*
Fuente: (Vázquez *et al.*, 2019)

Usos generales del cuajilote

Es un fruto subvalorado y endémico, poco conocido a nivel nacional, y conocido en zonas rurales del sur del país, se sabe que tiene diferentes propiedades que aportan a la salud. El té del fruto, la raíz y la corteza se emplea para combatir el dolor de riñones. Su fruta se utiliza popularmente en el tratamiento de la diabetes mellitus en diversas regiones de los estados del sur, se come el fruto sancochado y se utiliza para padecimientos tan diversos como el dolor de cabeza, los cálculos biliares, la sordera y la diarrea (Pérez- Gutiérrez, 2000). En el año 2000 aislaron e identificaron el componente activo en *Parmentiera edulis* por medio de extractos de cloroformo y hexano sometidos a cromatografía de capa fina para fraccionar los metabolitos

secundarios presentes; de este modo se aisló el componente activo responsable del efecto hipoglucemiante llamado acrilato de lactucina-8-Ometilo que redujo hasta un 57.55% los niveles de glucosa, administrado en ratones diabéticos. (Pérez-Gutiérrez, 2000).

Los frutos son el principal producto, por su pulpa succulenta y agridulce, para alimentación animal y humana. Otros usos en orden decreciente de reportes son: sombra, leña, madera, medicinal, utensilios, cercas vivas, postes y servicios ambientales.

Los frutos, hojas, flores, tallos tiernos y corteza son consumidos por ganado bovino, ovino, caprino, equino y porcino. Ganaderos entrevistados en el municipio de Ébano, San Luis Potosí afirmaron que, debido al sabor dulce de los frutos, son bien aceptados por los bovinos, siendo especialmente buenos para vacas ya que estimulan aumento en la producción de leche (Ascencio, 2008). El producto es deshidratado de forma industrial para convertirlo en un extracto seco. Lo deshidratamos a cierta temperatura y tiempo para que las características y propiedades no se pierdan. Muchos de sus componentes son termo sensibles y se pueden desintegrar”.

Una vez seco, se tritura hasta obtener el extracto seco que ellos utilizan para elaborar gelatinas o té, pan, así como aditivos en algún ingrediente. (Perez, 2016).

Harinas compuestas y sus aplicaciones en alimentos

La definición de harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se refería a mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas, y galletas (Vásquez, 2016). Sin embargo, en la actualidad las harinas compuestas pueden prepararse también a base de otros cereales y de otras fuentes de origen vegetal, y pueden o no contener harina de trigo. Sobre esta base, se describen dos clases de harinas compuestas (Gil et al., 2011).

Las harinas compuestas pueden prepararse también a base de otros cereales que no sea el trigo y de otras fuentes de origen vegetal, y pueden o no contener harina de trigo. Sobre esta base, se describen dos clases de harinas compuestas:

Harina de trigo diluida, en la cual la harina de trigo se sustituye por otras harinas hasta en 40%; y puede contener otros componentes. La adición de una proteína suplementaria es opcional. Las condiciones generales de procesamiento y el producto final obtenido son comparables a productos preparados a base de sólo trigo.

Harinas compuestas: que no contienen trigo, y están hechas de harinas de tubérculos y una proteína suplementaria, generalmente harina de soya, en la proporción de 4 a 1. Estos productos son diferentes en sus características reológicas al compararlas con aquéllas preparadas a base de sólo trigo.

Harinas de frutas: representan una alternativa interesante como producto funcional debido a que son alimentos con porcentaje de fibra dietética elevado, y por lo tanto poseen un índice glucémico (IG) bajo, además, aportan vitaminas y pueden prevenir enfermedades como cáncer de colon, obesidad, padecimientos cardiacos y diabetes mellitus tipo 2 (Ramírez y Pacheco, 2009). Entre algunos ejemplos, se ha obtenido harina de piña, guayaba, guanábana, mango, plátano, algarrobo, entre otras, que traen consigo beneficios relacionados a la salud (Estévez *et al.*, 2014).

Un estudio desarrollado en un producto de panificación con mezcla de harinas de trigo (*Triticum aestivum*) y sorgo (*Sorghum Vulgare L. Moench*), para el consumo humano; apropiado para superar el déficit de harina de trigo que se da en Bolivia. Tiene buena calidad nutricional comparable a los productos de panificación con harina de trigo. Por sus propiedades físicas, sensoriales y

reológicas; su desarrollo y comercialización son una alternativa para el consumidor (Estévez *et al.*, 2014).

En muchos países de Sudamérica, existe un agudo y creciente desbalance entre la producción de trigo y la demanda del grano para abastecer las necesidades internas de producción de harina de trigo para uso en panificación. Las principales causas son la falta de tierras adecuadas para el cultivo del cereal, los rendimientos relativamente bajos comparados con otros que ofrecen mayor rentabilidad, lo cual sólo se ha podido compensar mediante la importación del cereal en grandes

cantidades y a precios que van en aumento, lo que ha generado costosas salidas de divisas del país. Para ayudar a resolver esta situación se han llevado a cabo investigaciones para la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de otros cultivos como yuca, arroz, maíz, sorgo, millo, etc. Desde el punto de vista técnico, se ha demostrado que se puede producir pan con características comparables a las del pan de trigo, utilizando formulaciones en las que la harina de trigo se ha sustituido entre 5-15% con harinas de yuca (Defloor, 1995).

En Brasil se puso en marcha un proyecto de panificación con harina de yuca, el cual fue presentado ante el Gobierno brasilero en 2001, para obligar la adición de harina de yuca a la harina de trigo en panificación. La investigación demostró que la tecnología necesaria para la producción de panes con 20% de harina de yuca está disponible y que es posible producir un pan con idénticas cualidades al elaborado con trigo, lo cual demanda cambios en la tecnología de elaboración del pan, tales como el uso de proporciones diferentes de agua y grasas o la modificación del tiempo de amasado (Rebelo, 2002).

En las harinas compuestas trigo-sorgo el trigo fue sustituido en proporciones de: 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. Al incrementar la cantidad de sorgo mejoró el valor nutricional en la mayoría de las variables estudiadas. La harina con 10-15% de sorgo presenta buenos valores nutricionales. El contenido de los nutrientes se comparó con los reportados en tablas extranjeras de uso frecuente. Los panes mostraron contenidos (grasa, energía y otros valores) más elevados que los de trigo, excepto en proteína bruta. El estudio de las propiedades reológicas (volumen, farinogramas y extenso gramas) de las mezclas determinó las proporciones más adecuadas para la panificación (Estévez *et al.*, 2014).

HIPÓTESIS

La adición de harina de cuajilote a harinas de trigo para la producción de un panqué permitirá obtener panes con propiedades sensoriales y de textura aceptables tanto como un pan de trigo convencional.

METODOLOGÍA

Diseño de investigación

El presente trabajo es de cohorte experimental porque se manipula la formulación realizando mezclas entre las harinas de trigo y cuajilote para elaboración del panque; y de tipo cuantitativo porque se realizan evaluaciones numéricas de los parámetros físicos de textura y de los atributos sensoriales que si bien son términos no numéricos se convertirán a un número para facilitar su interpretación y presentación.

Diseño de experimento

Para el diseño experimental se utilizó un diseño de un solo factor con 3 niveles y un control, que consiste en un 0% de harina de cuajilote (Tabla 1). Todas las evaluaciones se realizaron por triplicado. Las concentraciones de harina de cuajilote utilizadas en las mezclas de harinas compuestas de trigo en los tratamientos fueron: 5%, 10% y 15%. A los 3 tratamientos y al control se les evaluaron en la parte sensorial, color, olor, textura, porosidad, suavidad, adaptabilidad en general y en el caso de parte física se le realizó el análisis de textura, cohesividad, dureza y elasticidad.

Tabla 1. Diseño de experimentos de los tratamientos

Tratamiento	% de harina de cuajilote	% de harina de trigo
C	0	100
P1(5%)	5	95
P2 (10%)	10	90
P3 (15%)	15	85

Muestra

Se utilizaron frutos de *Parmentiera edullis* recolectados en el municipio de Raudales Malpaso, Chiapas. Se seleccionaron los frutos maduros, libres de golpes o daños biológicos, sin presencia

evidente de crecimiento de hongos que pudieran afectar la elaboración de la harina y posteriormente del pan. En el caso de la harina de trigo se utilizó una harina de marca comercial.

Variables

Tabla 2. Variables dependientes e independientes

Dependientes	Independientes
Propiedades Físicas	% de harina de trigo
Propiedades sensoriales	% de harina de cuajilote

Instrumentos de medición

Papeleta para la evaluación sensorial

Para el análisis sensorial se utilizó un formato para realizar la evaluación sensorial de la caracterización del pan tipo panque y harina de cuajilote a diferentes concentraciones, y un sistema de control (harina de cuajilote). Se evaluaron los siguientes atributos: pruebas efectivas, escala hedónica, sabor, color, aroma, apariencia general, textura, dureza y esponjosidad especificado los criterios de evaluación: me gusta mucho, me gusta poco, me disgusta poco y me disgusta mucho. **Anexo 1.**

Descripción de las técnicas a utilizar

Proceso de obtención de la harina de cuajilote

En la elaboración de harina de cuajilote se utilizaron 15 kg de fruto. Posteriormente se lavó con agua y jabón, para la desinfección se usó 10ml de cloro, de acuerdo a la NOM-251-SSA1-2009. Se empezó con el proceso de deshidratación cortando los frutos en pequeñas rodajas para facilitar el proceso. Posteriormente las frutas fueron colocadas en charolas metálicas para transferirlas en un horno de aire caliente (marca Felisa modelo 292A) a $60^{\circ} \pm 5^{\circ}$ C por aproximadamente 48h (Aguirre *et al*, 2017). Finalmente se procedió con la molienda de las

rodajas de cuajilote en una licuadora (marca Oster modelo BPST02-B00-2016). El polvo obtenido se tamiza en una maya de 2.97 micras (marca DAVISIA) y se guardó en bolsas de polietileno etiquetadas por cada harina en un lugar fresco y libre de plagas hasta su análisis.

Proceso de elaboración de la harina de cuajilote y del pan

Para la elaboración de la harina y pan se siguió según el procedimiento descrito a continuación:

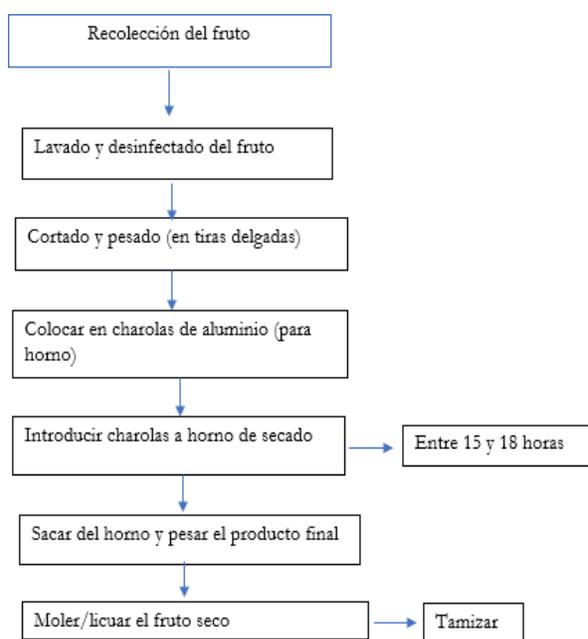


Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de harina

Amasado. - Sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación.

División y pesado. - Su objetivo es dar a las piezas el peso justo. Si se trata de piezas grandes se suelen pesar a mano. Si se trata de piezas pequeñas se puede utilizar una divisora hidráulica, pesando a mano un fragmento de masa múltiple del número de piezas que da la divisoria.

Heñido o boleado. - Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división.

Reposo. - Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado.

Formado. - Su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan.

Fermentación. - Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO₂ y algunos productos secundarios.

Corte. - Operación intermedia que se hace después de la fermentación, justo en el momento en que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas. Su objetivo es permitir el desarrollo del pan durante la cocción

Cocción. - Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan.

Análisis de las propiedades sensoriales

La evaluación sensorial se realizó sobre: sabor, olor, textura, suavidad porosidad y aceptabilidad general, mediante una encuesta de degustación (Anexo 2), realizando las pruebas de degustación para evaluar el nivel de agrado o desagrado, en un panel no entrenado de 30 personas (15 mujeres y 15 hombres) entre 18 y 55 años de edad; donde a cada participante se le presentó las nueve muestras de pan individualizadas y se les solicitó que las califiquen de acuerdo con la siguiente escala hedónica: 1: Me gusta mucho, 2: Ni me gusta ni me disgusta, 3: No me gusta. Esta Prueba consistió en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentarse una escala hedónica o de satisfacción, va desde Me gusta mucho hasta No me gusta, las escalas pueden ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta (Hernández, 2005).

Análisis de Textura (TPA)

Se hizo un corte de aproximadamente 5 cm por cada muestra, incluyendo la muestra control, según los datos obtenidos los porcentajes 5% y 10% son similares, en cuanto a cohesividad y dureza. De otra parte, se puede observar que la elasticidad está directamente relacionada con el tiempo de mezclado- amasado al que se expone la masa. En donde a un mayor tiempo de mezclado-amasado se presenta una mayor elasticidad. Así mismo se observa una relación entre el tiempo de horneado con respecto a la dureza presentada en el pan de agua. A mayor tiempo mayor dureza. por lo que el análisis de dureza, elasticidad, cohesividad, resortividad y masticabilidad, se hizo en un texturómetro TAPLus, se utilizó una sonda plana de 50 mm de diámetro, a una velocidad de compresión de 60 mm/min y una compresión del 75% de altura inicial de la muestra, con una salida de datos utilizando el Software: Nexygen plus.

Medición de la fracturabilidad

La fracturabilidad se determinó usando una modificación al método propuesto por Collar (2007). Para ello se tomó un trozo de 5cm de la parte central de cada porcentaje de pan, se colocó con la corteza hacia arriba y se obtuvo el análisis del perfil de textura (TPA) usando un texturómetro TAPlus en modo automático. La fuerza de la primera rotura significativa que pudo identificarse como un punto de inflexión, se consideró como la fracturabilidad de la corteza (Durán et al., 2001). Las pruebas fueron hechas por triplicado.

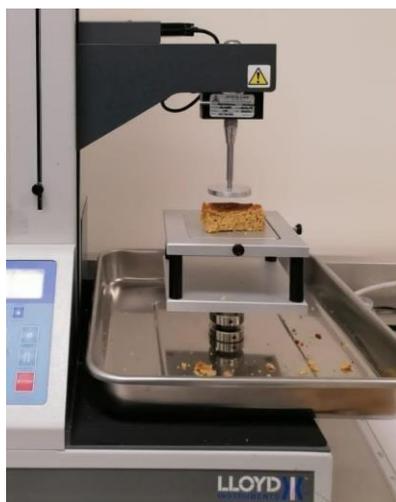


Figura 7. Medición de la dureza del pan con el texturizador TAPlus

Medición de la dureza del pan

La dureza se determinó por medio de una adaptación del método 74-10A de la AACC (2000). El procedimiento fue el siguiente: se cortó una rebanada central de cada porcentaje de pan aproximadamente de 5 cm de espesor, se eliminó la corteza y se colocó cada parte de pan con la cara plana de frente al émbolo del texturómetro (TAPlus Lloyd Instruments, Largo, FL). La determinación de la dureza se hizo mediante la compresión del 50 % con una velocidad de 60 mm/min con el texturómetro y una compresión del 75% de la altura inicial de las muestras. La medición se realizó por triplicado.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó un análisis anova de un solo factor con un porcentaje de confianza del 95% y una prueba de tukey para comparar medias de los tratamientos y encontrar diferencias entre conjuntos de datos. El programa en donde se corrió el análisis fue el programa estadístico de spps. Para la elaboración de gráficas se utilizó el programa Excel 10 de la compañía Microsoft, versión 2021.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la experimentación del pan adicionado con harina de cuajilote. Sin embargo, el análisis físico y sensorial permitió conocer la composición del pan adicionado con harina de cuajilote, su grado de aceptación y sus características físicas que nos condujo a la elección de la mejor formulación con las características deseadas en un pan (color, sabor, olor y textura).



Figura 6. Observación del de pan experimental (P1 5%, P2 10% y P3 15%).

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEXTURA (TPA) DEL PAN ADICIONADO CON HARINA DE CUAJILOTE

En los siguientes resultados podemos observar el grado de diferentes análisis de textura del pan, en las 3 concentraciones y 1 control, por lo que la mayor variabilidad es en los tratamientos del Control y 5%, ya que su porcentaje en el grado de dureza, cohesividad y masticabilidad es similar, por lo que podemos decir que el tratamiento que mayor aceptabilidad tendría esta entre un 5% de la adición de la harina de cuajilote.

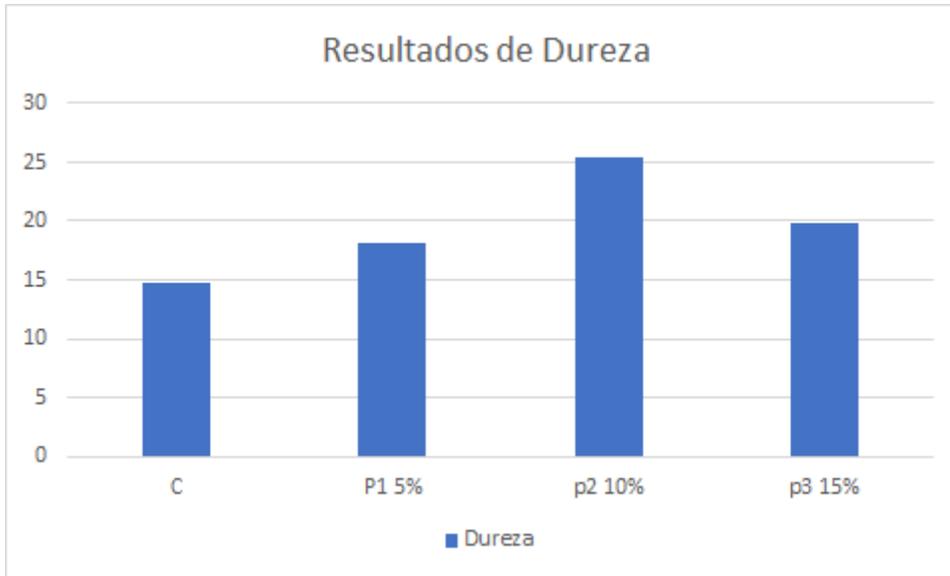


Figura 8. Medición de análisis de dureza del pan

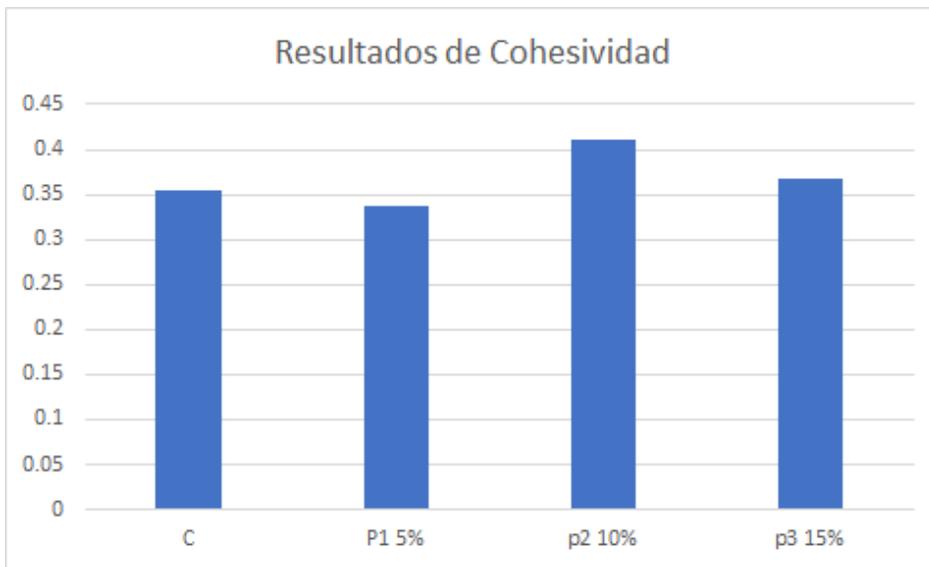


Figura 9. Medición de análisis de cohesividad del pan

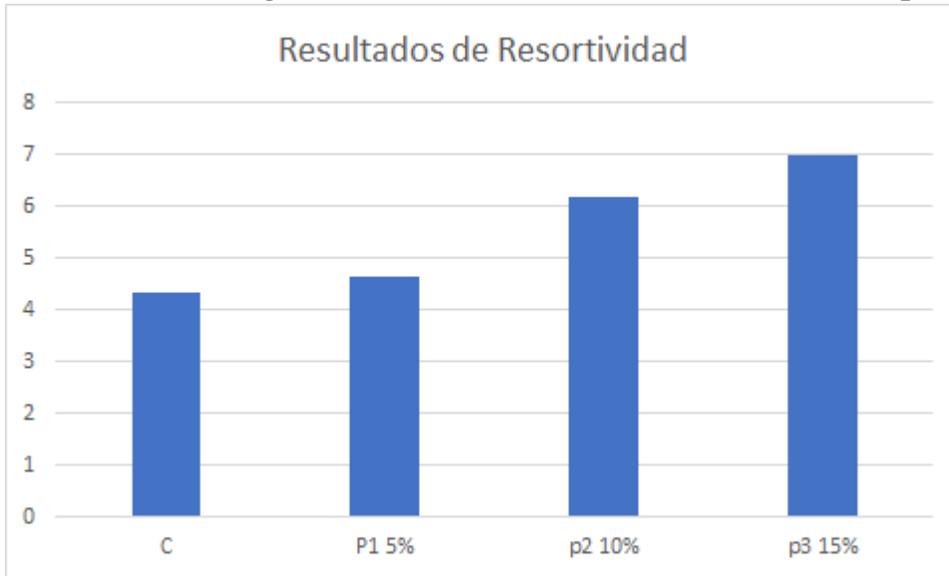


Figura 10. Medición de análisis de resortividad del pan

cada tabla debe ir acompañada de la interpretación de los resultados

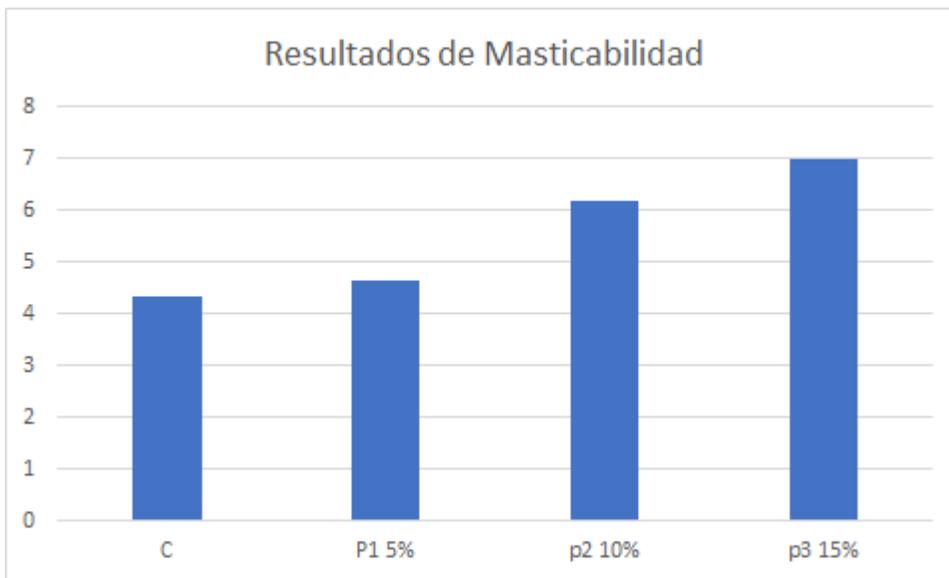


Figura 11. Medición de análisis de masticabilidad del pan

Los tratamientos en concentraciones 10% y 15%, manejan un grado de similitud en la cohesividad y resortividad del pan, por lo que un tratamiento con 10% sería lo ideal para manejar un estándar del porcentaje de harina y aceptación.

RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN ADICIONADO CON HARINA DE CUAJILOTE

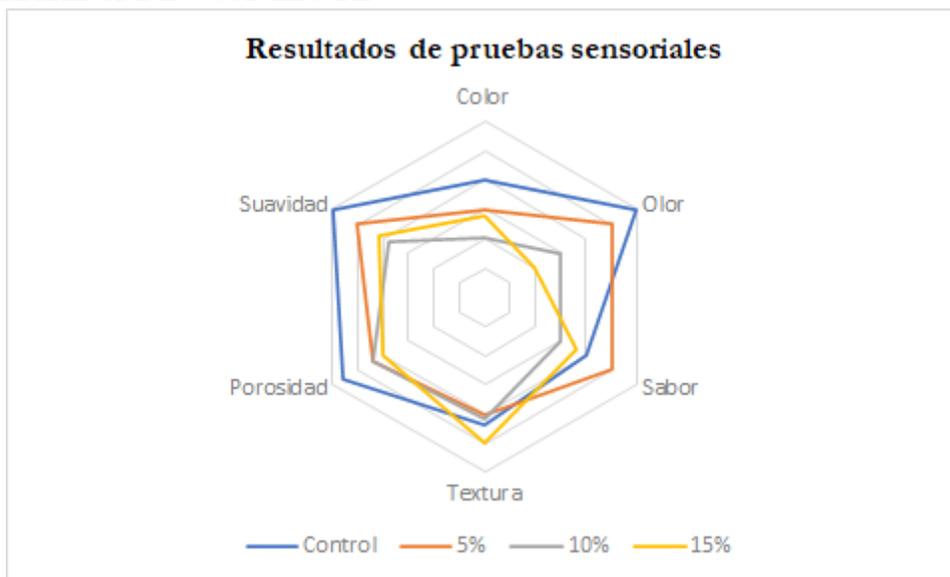


Figura 12. Resultados de prueba sensorial y grado de aceptación del pan

En este estudio se realizó una evaluación sensorial determinando el grado de aceptación de la apariencia general del pan con la adición de la harina de cuajilote. Con respecto a la evaluación se presentó una boleta con los respectivos criterios de escalas (me gusta, no me gusta ni me disgusta, no me gusta), con la finalidad de evaluar la aceptabilidad del pan que prefirieron los consumidores.

Dentro de los resultados en la figura 12, se puede observar la comparación de las diferentes formulaciones del pan, P1, P2 y P3, por lo que fueron las que obtuvieron el mejor grado de aceptación en cuanto a los atributos (color, textura, suavidad, porosidad, olor y sabor), en cuanto a la escala verbal del tratamiento control y 5% obtuvo una buena aceptación, lo que se debe a que al añadir un 5% de harina de cuajilote está en el estándar de agrado para aceptación del producto panificable; el cual lleva a cercarse a los tratamiento , P2 y P3 de las características con mayor porcentaje de harina de cuajilote lo cual los tratamientos P2 y P3, manejan el mismo estándar de aceptación en cuestión de los atributos de textura y suavidad.

Por lo tanto, los resultados se deben prácticamente a la incorporación de otro alimento obteniendo un cambio en los atributos y apariencias generales del pan como el sabor, color, olor, textura, suavidad y porosidad que en los consumidores no son casi aceptados al consumir. Sin

embargo, el pan de trigo adicionado con harina de cuajilote genera cierto desagrado o agrado según la concentración de harina de cuajilote que llegue a incorporar sabores dulces que no son propios de un pan.

La mezcla óptima (**Tabla 4**), según la función fue la de 5% (10.45), 10% (20.9) y 15% (31.35) de harina de cuajilote, mientras que el 27.9% fue de harina de trigo.

Tabla 4. Mezcla óptima obtenida mediante la optimización de la función de deseabilidad

PORCENTAJE DE COMPONENTES %			
Mezcla óptima	Harina de cuajilote	Harina de trigo	% Total
Mantequilla 18.5 %	5% (10.45)	27.9%	100%
Azúcar 18.5%	10% (20.9)		
Leche 11.5%	15% (31.35)		
Huevo 24.5%			
Levadura 1.09%			

Por otro lado, el uso del cuajilote como materia prima, alternativa para complementar la harina de trigo para la elaboración del pan funcional.

Se realizaron análisis y pruebas utilizadas del pan para la discusión.

Los panes elaborados a base de harina de cuajilote analizadas en este estudio se elaboraron con todo el fruto (incluyendo cáscara y semillas). (AG). (Piñeiro-Corrales et al., 2013).

Las pruebas sensorialmente, salieron satisfactorias ya que como tal es un producto endémico, que trata de ser aceptado en la industria como un tipo de snack. Físicamente aceptado por la textura.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se realizó y al mismo tiempo se logró la caracterización del panque adicionado con harina de cuajilote y las evaluaciones físicas, y sensoriales. Se concluye que los tres tipos de pan en diferente porcentaje pueden utilizarse como un alimento funcional con efecto benéfico para la salud.

La ingesta del proyecto presente “análisis sensorial y físico de un pan adicionado con harina de cuajilote” puede lograr consumirse como un tipo snack, o bien, utilizarse en la elaboración de nuevos productos (galletas, adicionado en Yogurt, entre otros).

Como siguiente se puede continuar con la elaboración y análisis de mezclas de harina de cuajilote, para la obtención de panes, en diferentes grados de maduración para obtener mayores beneficios tanto nutricionales como funcionales.

PROPUESTAS

Elaborar otros tipos de productos, para la mezcla de harina de cuajilote.

Evaluar la calidad de la harina por medio de tres métodos, evaluación del contenido de fibra en animales, peso corporal y crecimiento.

Evaluar la factibilidad económica del proyecto para la realización del panqué u otros productos a nivel industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, Mónica Tatiana. 2019. Beneficios nutricionales del pan. [En línea] 2019. [Citado el: 2 de septiembre de 2020.] Disponible en: <https://sigra.com/2017/10/25/beneficios-nutricionales-del-pan/>.

Alvarado, SONIA, López, TANIA, Hernandes, DEYSI. 2014. La fibra y sus beneficios a la salud. Scielo. ISSN 0798-0752. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522014000100011

ARRIETA, Daniela, TORRES, Mauricio. Repositorio digital. DESARROLLO DE UN PRODUCTO ALIMENTARIO PANIFICABLE TIPO PAN BLANDO A PARTIR DE Asociación de Licenciados en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Galicia (ALTAGA). pp. 307-313. ISSN 1135-8122. Vol. 3, No. 5. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/724/72430508.pdf>

CENAPRECE secretaria de salud. 2011. Diabetes guía para pacientes. [En línea] 27 de junio del 2011. [Citado el 3 de septiembre del 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/89511c773b1e7cf72e405d7057bdf1ef.pdf>

Copyright © 2021 Aname Instrumentación Científica. Análisis de textura .2015. Disponible en: <https://www.analisisdetextura.com/index.php/es/tecnica-analisis-de-textura/preguntas-frecuentes-textura>

Cortés, M. (2002) La harina de trigo. [en línea]. España. [citado el 23 de julio del 2003]. <http://www.molineriaypanaderia.com/técnica/harina/hariENG.html>.

DEFLOOR, I., Factors governing the breadmaking potential of cassava (Manihot Esculenta Crantz) flour., Bélgica,K.U.Leuven, 1995.

DIABEMED. 2012. Reducir el consumo de pan y elegir el adecuado mejora la salud. [En línea] El universal.2019. Que tan malo es comer pan. [En línea] 11 de septiembre del 2019. [Citado el 3 de septiembre del 2020] Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx>

Elías, Dr. Luis G. Concepto y Tecnologías para la Elaboración del uso de harinas. [En línea] INCAP. [Citado el: 20 de octubre de 2020.] <http://bvssan.incap.int/local/file/PPNT006.pdf>.

Elías, Dr. Luiz G. Concepto y Tecnologías para la Elaboración del uso de harinas. [En línea] INCAP. [Citado el: 20 de octubre de 2020.] <http://bvssan.incap.int/local/file/PPNT006.pdf>

Estévez, A. M., Figuerola, F., Bernuy, E., & Sáenz, C. (2014). Concentrado de fibra dietética de vainas de algarrobo chileno (*Prosopischilensis* (Mol.) Stuntz): Purificación y caracterización. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 20 (8), 629-635.

<file:///F:/UNICACH/Informacion%20y%20tesis%20cuajilote/tesis%20final%20MAYRAM ENDEZ.pdf>

FOOD TECH. 2017. El pan nuestro y nutrimental de cada día. Disponible en:

<https://foodtechnologysummit.com/el-pan-nuestro-y-nutrimental-de-cada-dia/#:~:text=Entre%20los%20productos%20de%20panificaci%C3%B3n,indica%20un%20an>

Galván, Pedro. 2006. Caracterización parcial del fruto *Parmentiera Edulis*. [En línea] 2006. [Citado el: 3 de agosto del 2020]. Disponible en: <file:///F:/UNICACH/Informacion%20y%20tesis%20cuajilote/4.pdf>.

García, José, Islas, Carlos. 2018. Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Universidad de Colima. (1-138). ISBN: 978-607-8549-32-0, Disponible en: http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arboreos-y-arbustivos-tropicales_462.pdf

HARINA DE TRIGO, YUCA Y QUINUA, 2018, Universidad de sucre, mayo 2018, (1- 101). Disponible en: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/646/1/T664%20M491.pdf>
MORROU, María, GONZALEZ,

HENAO, S., ARISTIZABAL, G. 2009. Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. *Ingeniería e Investigación*; 29 (1):39-46.

HERNANDEZ, E. 2005. Evaluación Sensorial. Universidad Abierta a distancia UNAD-Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Bogotá. D.C. Primera Edición/ISBN. (<http://www.pymeslacteas.com.ar/userfiles/image/4902Evaluacion%20sensorial.PDF>, consultado el 18 de enero, 2013).

<https://www.eumed.net/rev/tectzapic/2019/01/parmentiera-aculeata-nutrimientos.html>

IBARZ, A., G. Barbosa, S. Garza y V. Gimeno; Métodos experimentales en la Ingeniería Alimentaria , Editorial Acribia S.AZaragoza, España p 263-265 (2000).

Juárez-Martínez, Y.Y. ; Villanueva González , G. ; Veana Hernández, F.; Aguilar Zárate, P. (mayo de 2019). Estudio Exploratorio del contenido de nutrimentos de Parmentiera Aculeata. Revista Teczapic, Vol. 5 No. 2, pág. 25-28. En línea:

Llona, A. 2006. El índice glucémico, una controversia actual. Pontificia Universidad Católica de Santiago de Chile. Facultad de Medicina. Departamento de Diabetes, Nutrición y Metabolismo.

LOZANO, M. Bueno, Sánchez, M. Bueno, AZNAR, L.A. Dialnet. Pan, cereales integrales y salud. 2019, Boletín de la Sociedad de Pediatría de Aragón, La Rioja y Soria, VOL. 49 - N.º 2, enero 2019, (49-53). Disponible en: <file:///C:/Users/Daisy/Downloads/DialnetPanCerealesIntegralesYSalud-7104562.pdf>

Mesas, J. M.; Alegre, M. T.2002. EL PAN Y SU PROCESO DE ELABORACIÓN. Copyright Mizael. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado. 2010, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. 2011, (1-18), ISSN: 2218-4384. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Maria_Leon_Marrou/publication/49611085_valor_nutritivo_de_pan_con_sustitucion_parcial_de_harina_de_trigo_Triticum_aestivum_por_arracacha_Arracacia_xanthorrhiza_Bancroft_fortificado/links/02bfe50e7320b5240c000000.p

Niembro-Rocas A, Vázquez-Torres M, Sánchez-Sánchez O (2010). Árboles de Veracruz, 100 especies para la reforestación estratégica. México.

NTX. 2016. Pan, alimento básico en la dieta de los mexicanos. [En línea] 14 de agosto de 2016. [Citado el: 2 de septiembre de 2020.] Disponible en: <https://www.informador.mx/Suplementos/Pan-alimento-basico-en-la-dieta-de-los-mexicanos-20160814-0083.html>.

Payehuanca, Mamani, Irma, Matos, Chamorro, Alfredo. (2011). La formación de la masa, la fermentación y los métodos de proceso en la elaboración del pan. [en line]. <http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Panificacion.pdf>

Pérez, G. R.; C.Pérez, C.; Zavala, M.A.; Pérez, S.Hernández, H.; y Lagunes, F. 2000. Actividad hipoglucemiante de *Bouvardia terniflora*, *Brickellia veronicaefolia*, *Parmentiera edulis* 71, 391 – Pp. 55-60. ISSN 0212-1611. Disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3721.pdf>

RABINES, J. 2009. Estudio sobre la situación de importación de harina de trigo en el Perú. Dirección general de competitividad agraria. Publicaciones gestión - N° 3.

REBELO, A., Mandioca a salvação da lavoura., São Paulo, Anita Garibaldi, 2002.

Ribotta, P.; Morcillo, M. y León, A. (1999). Efecto de distintos oxidantes sobre la calidad de panes elaborados por el método tradicional argentino. *Agriscientia*, 16, septiembre, p.p. 3-10.

Sanchez, VIRIDIANA, Fernandez, HELIA, Franco, ALICIA, Hernandez, GULLERMO, Solis, ROSARIO. 2015. EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIUROLÍTICO DEL FRUTO DE PARMENTIERA ACULEATA EN RATA WISTAR. *Botanical Sciences*. pp 293 – 298. DOI:

STEFFE, J.; *Rheological methods in food process engineering*, 2 nd Edition. 294-310, Freeman Press, Michigan, USA (1996).

TORRES, Elizabeth. cuajilote. 2014. Disponible en línea: <https://www.naturalista.mx/photos/932607>

UAT. 2019. Elaboración, caracterización y evaluación tecnológica y biológica de harinas a base de frutos de cuajilote (*Parmentiera edulis*). Agosto del 2019. [Citado el 3 de agosto del 2020]. Disponible en:

Vázquez, Francisco. 2016. Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturas del pan. [citado el

Vega, OSCAR, Marco, RUBEN, Ricio, CECILIA. 2015. *Revista EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia*. 2016. (pp. 87-100). ISSN 1794-1237. Volumen 12 / Edición N.24. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n24/n24a06.pdf>

10.17129. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v93n2/v93n2a11.pdf>
12 de diciembre de 2012. [Citado el: 9 de septiembre de 2020.] Disponible en:

<http://diabemed.com.mx/reducir-el-consumo-de-pan-y-elegir-el-adecuado-mejora-la-salud/#:~:text=Pan%20y%20peso&text=Exist%20estudios%20que%20concluyen%20que,inflamaci%C3%B3n%20adici%C3%B3n%20da%C3%B1o%20intestinal...>

3 de septiembre de 2020]. Disponible en: file:///C:/Users/usuario/

Downloads /81349041018.pdf.

[en línea]. Disponible en:

<https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6099/7154>

ANEXOS

ANEXO 1: PROCESOS DE LA OBTENCIÓN DE HARINA DE CUAJILOTE



Figura 13. Elaboración de harina de cuajilote
Fuente : Propia



Figura 14. Elaboración del pan adicionado con harina de cuajilote
Fuente: propia

ANEXO 2. EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre:

Edad:

Producto: **PAN HECHO A BASE DE HARINA DE CUAJILOTE**

Instrucciones

Usted recibió una serie de distintas concentraciones de pan hecho a base de harina de cuajilote, donde las muestras están marcadas como: control, 5%, 10% y 15%. Deguste cuidadosamente y en el mismo orden que se entregaron, neutralice con agua para poder diferenciar cada uno de los sabores. Así mismo marque con una x la que mejor le apetezca.

Tabla 5. Papeleta para prueba sensorial

	T 1 2		G56 9			K6 31			V457			
Atributo	Me gusta	No me gusta ni me disgusta	No me gusta									
Color												
Textura												
Suavidad												
Porosidad												
Olor												
Sabor												