



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTA:

YESSICA MONTSERRAT GOMÉZ ROBLES

ASESORA:

DELFINA MARGARITA CHAN UC

TÍTULO

**“ELABORACION DE PASTAS ALIMENTICIAS CON POTENCIAL
FUNCIONAL APARTIR DE LA HARINA DE RAMON (*BROSIMUM
ALICASTRUM SWARTZ*) Y MACAL (*XANTHOSOMA
SAGITTIFOLIUM*).”**

ENERO 2023





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTA:

YESSICA MONTSERRAT GOMÉZ ROBLES

ASESORA:

DELFINA MARGARITA CHAN UC

TÍTULO

**“ELABORACION DE PASTAS ALIMENTICIAS CON POTENCIAL
FUNCIONAL APARTIR DE LA HARINA DE RAMON (*BROSIMUM
ALICASTRUM SWARTZ*) Y MACAL (*XANTHOSOMA
SAGITTIFOLIUM*).”**

ENERO 2023





Chiná, Campeche, **20/enero/2023**
OFICIO No. DIR/065/2023

ASUNTO: Aprobación

**C. YESSICA MONTSERRAT GÓMEZ ROBLES
PRESENTE**

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo de la Titulación Integral por Tesis denominada **“ELABORACIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS CON POTENCIAL FUNCIONAL APARTIR DE LA HARINA DE RAMON (*Brosimum alicastrum Swartz*) Y MACAL (*Xanthosoma sagittifolium*)”**, es aprobado como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniera en Industrias Alimentarias.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Aprender Produciendo

**MARCO GABRIEL ROSADO ÁVILA
DIRECTOR**



C.c.p. Ricardo Antonio Chiquini Medina.-Subdirector Académico
Minutario

MGRA/RACM/IIRG



COMITÉ REVISOR

Este trabajo fue revisado y aprobado por este comité y presentado por la C. Yessica Montserrat Gómez Robles, como requisito parcial para obtener el título de: Ingeniera en Industrias Alimentarias, el día 20 del mes de enero del año 2023 en Chiná, Campeche.

DELFINA MARGARITA CHAN UC
Presidente



NORMA LAURA RODRÍGUEZ ÁVILA
Secretaria



HÉCTOR OCTAVIO GUERRERO TURRIZA
Vocal



KARINA VERDEL ARANDA
Vocal Suplente



I. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios principalmente por estar conmigo a lo largo de mi carrera, por darme sabiduría, por darme vigor en los momentos más débiles, por ofrecerme una vida llena de conocimiento, destreza y felicidad. Por guiarme para alcanzar mis metas trazadas sin desfallecer. Porque su palabra dice “Den gracias a Dios en toda situación, porque esta es su voluntad para con ustedes en Cristo Jesús 1 tesalonicenses 5:18

A mis padres, los cuales se han esforzado trabajando para que tuviera una mejor educación, por apoyarme en todo momento, por haberme inculcado valores, por darme la comprensión y sobre todo cariño, por amarme y preocuparse por mí, por la disciplina que me enseñaron para hacer las cosas lo mejor posible, por esos consejos que me han ayudado tanto y sobre todo gracias por ser mis papás.

A mi abuelito Hidalgo que hoy en día ya no se encuentra conmigo, pero que siempre me cuidó, me brindó su amor y cariño en todo momento, por alentarme a salir a delante y no dejarme caer en los momentos más difíciles, a mi mamá Mago por siempre estar para mí, soy afortunada de tenerla en mi vida y espero se sienta orgullosa de mí, como yo estoy de ella, gracias por ser una parte fundamental en mi vida.

De igual manera a mi tía Susana y mi tía Marcelina que me instruyeron que no es necesario mantener una relación de padres para que pueda existir la atención, disciplina, enseñanza y respeto, que puede haber un cariño verdadero sin pedir nada a cambio. Me enseñaron que no hay que tener miedo a que mis anhelos se vuelvan realidad, pero que siempre al tomar decisiones lo piense dos veces. A mis tíos quienes siempre estuvieron apoyándome de diversas formas a pesar de que tan cerca o lejos estén.

A mi familia en general que de una u otra manera me ayudaron cuando los necesitaba, me brindaron su conocimiento y tiempo para enseñarme a realizar las

cosas.

Agradezco A mi amigo, Oscar Adrián Martínez por brindarme su amistad, antes que nada, por reír conmigo, gracias por haber estado ahí para celebrar cada uno de nuestros logros, gracias por estar siempre disponible, incluso hasta hoy en día, por haber sido la persona indicada en el momento justo, durante 5 años formamos una de las amistades más sólidas y ahora que entramos al mundo real; estoy convencida que seguiremos así.

A la maestra Delfina Margarita Chan Uc, que desde el inicio de la carrera nos brindó su conocimiento y experiencia, gracias por contribuir en gran parte a la realización de este trabajo, por facilitarnos siempre los medios suficientes para llevar a cabo las actividades a lo largo del desarrollo del proyecto, por su apoyo, confianza y amistad.

Agradezco de todo corazón el conocimiento brindado por todos y cada uno de mis maestros a lo largo de todos estos años que contribuyeron a mi preparación. De todos me llevo un recuerdo y sé que lo aprendido jamás lo olvidaré.

II. RESUMEN

Una de las tecnologías de transformación de la semilla de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz.) es la obtención de la harina, la cual, por su aporte nutrimental, puede ser una buena opción para la elaboración de pastas alimenticias. Dicho alimento se consume mundialmente y se puede incluir en la dieta de la población con facilidad, ya que se caracteriza por su gran aceptación, palatabilidad y cualidades nutricionales como carbohidratos complejos, proteínas y vitaminas. En el presente trabajo, se desarrolló una pasta alimenticia con potencial funcional enriquecido con la harina de ramón (*Brosimum alicastrum swartz*) y macal (*Xanthosoma sagittifolium*), para lo cual se realizaron tres tratamientos con diferentes porcentajes de harina de trigo como base (*Triticum durum*), harina de ramón y harina de macal: (HT 50%-HR 30%-HM 20%), (HT 50%-HR 35%-HM 15%), (HT 50%-HR 25%-HM 25%). Se evaluó la calidad de cocción y las características nutricionales, microbiológicas, así como la aceptabilidad sensorial. El resultado en el porcentaje de absorción de agua de la pasta fue menor al realizar la combinación de las tres harinas comparándola con la pasta elaborada con 100% de harina de trigo. Respecto a la pérdida por cocción, se puede decir que, la pasta elaborada con el tratamiento 2 fue la que presentó las mejores características reológicas al formar la pasta tipo fusilli. Se determinó que la pasta posee un mayor valor proteico (14.35 %) en comparación con una pasta elaborada con harina 100% de trigo. Los análisis microbiológicos (mesófilos aerobios y coliformes totales) cumplieron con los criterios que marca la norma (NOM-247-SSA1-2008). De acuerdo con el análisis sensorial también el tratamiento 2 fue el de mayor preferencia, por lo que se concluye que es idónea la elaboración de la pasta adicionada con harina de ramón y macal con potencial funcional.

Palabras clave: alimento, harina de trigo, macal, semilla de ramón

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general:	3
2.2 Objetivo específico:	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Ramón (<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz)	4
3.2. Información general	4
3.3. Descripción de la especie	5
3.4. Frutos y semillas	6
3.5. Hábitat	6
3.6. Usos y propiedades	6
3.7. Fenología del Ramón en Yucatán	7
3.8. Composición nutricional de las semillas	7
3.9. Macal (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	10
3.10. Taxonomía y nomenclatura	10
3.11. Producción del macal	11
3.12. Conocimiento existente del macal	11
3.13. Usos	12
3.14. Composición nutricional del macal (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	13
3.15. Harina de trigo	15
3.16. Composición nutrimental de la harina de trigo	15
3.17. Pastas	17
3.18. Tipos de pastas	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1. Recolección de la semilla del ramón	19

4.2.	Trasformación de la semilla en harina	20
4.3.	Recolección del macal (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	21
4.4.	Transformación del macal (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) en harina.	21
4.5.	Tamizado de la harina de macal	22
4.6.	Determinación de humedad de harina de ramón 50 y 24 horas:	22
4.7.	Formulaciones para la elaboración del producto (pasta alimenticia)	23
4.8.	Elaboración de la pasta	23
4.9.	Pruebas de cocción de la pasta alimenticia:	24
4.9.1.	Tiempo de cocción	24
4.9.2.	Absorción del agua de cocción:	24
4.9.3.	Pérdidas por cocción:	24
4.9.4.	Porcentaje de hinchamiento	24
4.10.	Análisis proximales	25
4.10.1.	Humedad (NOM-116-SSA1-1994).	25
4.10.2.	Cenizas (AOAC, apartado 923.03)	26
4.10.3.	Grasa (NOM-086-SSA1-1994, apéndice 1 normativo C)	26
4.10.4.	Proteínas (NOM-F-68-S-1980)	27
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1.	Análisis granulométrico de las harinas	29
5.1.1.	Harina de ramón	29
5.1.2.	Harina de macal	30
5.2.	Análisis proximales en la harina de ramón	31
5.3.	Análisis microbiológicos en la harina de ramón	33
5.5.	Análisis microbiológicos en la harina de macal	35
5.6.	Pruebas de cocción de la pasta alimenticia	36
5.6.1.	Tiempo de cocción	36
5.6.2.	Absorción de agua	37
5.6.3.	Hinchamiento	37
5.6.4.	Pérdida por cocción	37
5.7.	Análisis proximales de las pastas	37

5.8. Análisis microbiológicos de la pasta	39
5.9. Análisis sensorial de la pasta alimenticia	40
6. CONCLUSIONES.....	42
7. RECOMENDACIONES	44
8. BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	53

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Nombres del Brosimum alicastrum Swartz dependiendo de cada Estado de la República.	5
Cuadro 2. Composición nutricional de la semilla de ramón en distintos Estados	8
Cuadro 3. Contenido de aminoácidos en la harina de ramón	9
Cuadro 4 Contenido de vitaminas y minerales en la harina de ramón (100 g).....	9
Cuadro 5. Características físicas de tubérculo de la familia Xanthosoma	12
Cuadro 6. Composición química de harina de tubérculos de la familia xanthosoma.	13
Cuadro 7 Minerales encontrados en la harina de tubérculos de la familia Xanthosoma.....	14
Cuadro 8. Aminoácidos esenciales de la harina de tubérculos de la familia xanthosoma	14
Cuadro 9. Principales componentes de la harina de trigo	16
Cuadro 10. Componentes que se encuentran por cada 100 g de harina de trigo..	16
Cuadro 11. Cantidad de minerales encontrados por cada 100 g de harina de trigo	17
Cuadro 12. Cantidad de vitaminas que se encuentran por cada 100 g de harina de trigo.	17
Cuadro 13. Análisis granulométrico de la harina de ramón secados a 24 y 50hrs.	29
Cuadro 14. Análisis granulométrico en 2 repeticiones de la harina de macal	30
Cuadro 15. Determinación de humedad de la harina de ramón a 24 hrs y 50 hrs.	31
Cuadro 16. Determinación de ceniza en la harina de ramón a 24 hrs y 50 hrs.	32
Cuadro 17. Determinación de grasa en la harina de ramón	32
Cuadro 18. Determinación de proteínas en la harina de ramón.....	33
Cuadro 19. Análisis de mesófilos aerobios y coliformes totales en la harina de ramón.	33
Cuadro 20. Determinación de humedad de la harina de macal.	34
Cuadro 21. Determinación de cenizas en la harina de macal.	34

Cuadro 22. Determinación de grasa en la harina de macal	34
Cuadro 23. Determinación de proteína en la harina de macal	35
Cuadro 24 .Recuento de mesófilos aerobios y coliformes totales en la harina de trigo y macal.	35
Cuadro 25. Características de cocción en las pastas formuladas.....	36
Cuadro 26. Porcentaje de humedad de los tratamientos	37
Cuadro 27. Determinación de cenizas de los tratamientos	38
Cuadro 28. Determinación de porcentaje de grasa en los tratamientos	39
Cuadro 29. Porcentaje proteico tratamiento 2.....	39
Cuadro 30. Análisis de mesófilos aerobios del tratamiento 2.....	40
Grafica 1 valores observados y esperados de los tratamientos 2 y 3.....	41

1. INTRODUCCIÓN

El árbol de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz), de acuerdo con la Academia de Ciencia de Estados Unidos, se encuentra registrado como una de plantas silvestres que prometen buenas perspectivas con valor agregado, ya que cada elemento que lo compone puede darse un uso práctico (Meiners, Sanchez-Garduño y De Blois, 2009). Sus hojas se pueden utilizar para realizar infusiones, la semilla sirve como un sustituto del café y elaboración de harina ya que posee un alto valor en proteína, fibra dietética, calcio, potasio y aminoácidos esenciales como el triptófano; con una producción de entre 7-8 toneladas de semillas por cada 125 árboles/hectárea, las cuales pueden ser una opción para el desarrollo de nuevos alimentos para consumo humano como las pastas alimenticias (Larque, 2013).

De acuerdo con la FAO (2012) el macal (*Xanthosoma sagittifolium*) está considerado en el puesto número tres de cultivos de tubérculos más importantes de todo el mundo.

Se puede definir a las pastas alimenticias, a todos aquellos productos que son producidos por un secado de una masa preparada a partir de sémola o harina de trigo, agua potable u otros ingredientes opcionales, donde por medio de extrusión pueden recibir variedades de formas (DOF, 1980).

La pasta es aceptada a nivel mundial ya que se ha acoplado a los hábitos alimenticios de la mayoría de las poblaciones por ser económica, versátil y tiene una preparación muy fácil al igual que su almacenamiento; se producen a partir de diferentes materias primas, siendo lo importante que se mantengan sus características ya sea reológicas, económicas y sobre todo sensoriales; desde el criterio nutricional se le reconoce como un alimento rico en carbohidratos complejos, con un porcentaje bajo de grasa y con calidad proteica (Granito M; Ascanio V., 2009)

Las pastas pueden ser elaboradas con diferentes tipos de harinas, pudiéndose utilizar la harina de macal la cual es un tubérculo es originario de América tropical, al igual en América central y del sur, donde la especie se ha ido domesticando poco

a poco (Trust, Edible Aroid Consevation Strategies, 2010) para consumo humano. Por lo que se pueden considerar como una fuente alternativa para poder solucionar el problema de hambre que día con día se presentan (Palomino, C.; Molina P.; Pérez, E., 2010).

La tendencia en la alimentación refleja el interés de los consumidores por alimentos que aporten un valor nutritivo, así como varios beneficios al cuerpo humano (Alvidrez, A.; Gonzales, B.; Jimenez, Z., 2002). En la actualidad, existe una gran variedad de alimentos nutritivos, siendo las pastas las más destacadas por que se pueden enriquecer con harinas funcionales para así poder agregarles un contenido de proteínas y fibra más altos (Sosa, 2015). Por lo que el objetivo de este trabajo fue desarrollar y caracterizar el proceso de elaboración de pastas alimenticias con potencial funcional enriquecido con la harina de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Desarrollar y caracterizar el proceso de elaboración de pastas alimenticias con potencial funcional a partir de la harina de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) y macal (*Xanthosoma sagittifolium*).

2.2 Objetivo específico:

- Estandarizar la formulación y el proceso de elaboración de pastas alimenticias con potencial funcional a partir de la harina de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) y macal (*Xanthosoma sagittifolium*).
- Caracterizar los productos mediante los análisis proximales (Humedad, lípidos, proteínas y cenizas).
- Caracterizar los productos mediante los análisis microbiológicos (coliformes totales y mesófilos aerobios).
- Caracterizar el producto terminado mediante el análisis sensorial (afectivo o hedónico).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz)

De acuerdo con Peters y Pardo (1982), el árbol del ramón era considerado por los mayas como un medio de alimentación, ya que cultivaban y recolectaban sus frutos y semillas. Este árbol tiene una característica particular ya que permanece verde durante sequías, siendo la única fuente existencial para consumo pecuario. En años recientes está siendo impulsado como una alternativa en la industria alimentaria, para poder aminorar la importación de algunos granos del país. El ramón posee un potencial que no se ha apreciado al máximo, por lo que la Academia de Ciencias de Estados Unidos lo añadió a la lista de especies subexplotadas ya que se le puede dar un valor agregado (Ruiz, 2013).

El ramón es un árbol perdurable, es muy conocido por casi toda la Península de Yucatán, la comisión nacional forestal (CONAFOR) lo ha determinado como clase de árbol prioritaria para la conservación.

3.2. Información general

El *Brosimum alicastrum* Swartz es originario de América tropical. Lo podemos encontrar desde el sur de México a través de América central, Colombia, Perú y Venezuela y en el caribe. Proviene de la familia moraceae y su especie es *Brosimum alicastrum* Swartz.

A este árbol se le conoce de diferentes maneras en todo México, y en distintas lenguas como se puede apreciar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Nombres comunes del *Brosimum alicastrum* Swartz dependiendo de cada Estado de la República Mexicana.

Nombre	Territorio
Apomo	Sinaloa
Ax	Tabasco Y Veracruz
Capomo	Coloma, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa Veracruz.
Huje Y Huji	Michoacán
Juna Diego, Nazareno Y Samaritano	Oaxaca
Moho, Moju, Osh, Ahs Y Talcoite	Chiapas
Mojote	Colima
Ojoche	Veracruz
Ramón	Oaxaca, Campeche, Yucatán, Quintana Roo
Oshté, Ojosh Y Oxitle	San Luis Potosí
Ojite	Veracruz, Tamaulipas Y Oaxaca

Fuente: (Meiners, M.C.; Sanchez, G., 2009)

3.3. Descripción de la especie

Este árbol llega a crecer hasta los 45 metros de alto y 1 metro de diámetro. El tronco

de este es derecho con raíces grandes, las ramas y hojas se extienden desde su tronco principal hasta la corana. En los árboles jóvenes la corteza superior tiende a ser lisa, mientras que en un árbol adulto es áspera con una textura gruesa de color gris, mientras tanto la corteza inferior tiene un color beige, siendo fibrosa con un líquido tipo lechoso que tiene un sabor dulce. Sus hojas son de un color verde oscuro, su cara superior brilla y la inferior tiene un tono gris y sus bordes forman un ángulo agudo. Las flores solo tienen un tipo de órgano sexual ya sea estambres o pistilo, pero no pueden tener ambos, cuando la inflorescencia tiene un color verde quiere decir que hay mayor contenido de flores masculinas y solo hay una femenina, estas producen polen y su madera en el centro tiene un color amarillento (CONABIO, 1972).

3.4. Frutos y semillas

Su fruto es de 2 a 2.5 cm, es carnoso y comestible, cuando no está maduro están de color verde amarillento y se vuelven anaranjados al madurar, su sabor es dulce al igual que su aroma. Cuenta con una semilla que tiene de diámetro 1.5 a 2 cm, en su interior están envueltas directamente por la pulpa y con los cotiledones que son sus primeras hojas las cuales son dulces (Meiners, M.C.; Sanchez, G., 2009).

3.5. Hábitat

Crece sobre los terrenos fértiles que están formados por carbonato de sodio, junto con otros minerales que ayudan a su desarrollo, se acoplan a lugares con un tiempo corto de insolación, este da sus flores a una temperatura de 21-35° C, cada año o dos y se pierde su follaje en ambientes secos. Por lo regular se adapta en superficies pedregosas y hondas, este llega a regenerarse en lugares de bosques cubiertos (Vazquez, 2019).

3.6. Usos y propiedades

Vázquez (2019), menciona que cada una de las partes que componen al ramón tienen usos diversos, sus hojas y frutos son aceptables al paladar de animales como el cerdo por lo que es empleado como alimento. Existen regiones donde es el único

forraje disponible, cuando la situación es muy inestable en otros tipos de forrajes. Una hoja ayuda a una buena digestibilidad por su contenido de nutrientes, teniendo un 15% de proteína, 25% en fibra, un 4% de grasa y un contenido alto de lignina. Las semillas y hojas poseen una cualidad alimenticia por el elevado contenido de aminoácidos.

Tanto los frutos como las semillas son utilizadas para consumo humano, realizando a partir de las semillas algunos subproductos que tienen una buena aceptación, ya que en los tiempos pasados los mayas la incluyeron en su dieta diaria por su contenido de grasa y proteína. Las semillas se consumen hervidas o tostadas y pueden secarse al sol para elaborar harina, con lo que se pueden elaborar múltiples productos como panes, tortilla o hasta bebidas. En la industria chiclera es utilizada la savia que sale de la corteza del árbol, como un sustituto de la leche (Torres, 2013).

3.7. Fenología del Ramón en Yucatán

En la Península de Yucatán este árbol es sempervirente ya que durante el año se preserva el follaje. En la región Sur la especie comienza a florecer desde noviembre, mientras que en la región norte y central inicia a florecer a principio de año, y dependiendo de la especie puede dar sus flores fuera de los tiempos establecidos. Los frutos se localizan durante todo el año, en el territorio sur abundan más en enero y febrero, y de abril a junio se buscan más en la zona central y norte. En el caso de los frutos maduros en Mérida hay desde abril a junio, y en el sureste se han visto los frutos en los meses de septiembre, enero y febrero (Morales, O.E.; Herrera, T.G., 2009).

3.8. Composición nutricional de las semillas

De acuerdo con Larqué Saavedra (2014), para obtener la harina de ramón, la semilla tiene que perder mínimo el 80 % de agua y se muele a través de un molino para que tenga el mismo tamaño de partículas. Así mismo otra forma puede ser hervirla a 98° C por una hora, luego con en una estufa de convección a una

temperatura de 75° C se pone a secar para después pasarlo a un molino aminorando el tamaño de su partícula a 35 mesh (Arévalo, A.; Bresaani, R., 2013).

La composición nutrimental de la semilla depende del Estado donde crece el árbol, como se observa en la tabla 2. La harina de semilla de ramón se caracteriza por el contenido de proteína (11.4-13.4 %), minerales (4.8-4.1 %), un mínimo contenido de grasa (0.6-1.3 %), la humedad varía de 6.5-13.3%, los carbohidratos se encuentran de 81.8-85.1% y su aporte en calorías es de 3.4 a 4.1 kcal/g de harina. (Carter, 2015).

Cuadro 2. Composición nutricional de la semilla de ramón en distintos Estados

Referencia	IMPI (1976)	Larqué Saavedra (2014)	Zamorano (2013)
Lugar	Veracruz	Yucatán	Honduras
Calorías	-	312	281
Humedad	12.17	13.3	7.7
Proteínas	10.22	13.0	8.8
Grasa	2.02	1.3	1.4
Ceniza	4.21	3.9	4.0
Carbohidratos	83.55	81.8	85.9
Fibra cruda	8.90	-	-

Los resultados por cada 100 g de harina (Martínez, R.N.; Larqué, S.A., 2013).

La harina de ramón, a través del perfil de aminoácidos revela el alto contenido de proteínas que proporciona (Carter, 2015), la harina contiene triptófano y lisina, los cuales son aminoácidos esenciales y están limitados en las dietas (Peters, C.;

Pardo, T.E., 1982).

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos en la harina de ramón

Aminoácidos	Contenido	Aminoácidos	Contenido
	(100 g de harina)		(100 g de harina)
Ácido aspártico	0.951	Valina	0.834
Triptófano	0.234	Fenilalanina	0.407
Ácido glutámico	5.206	Glicina	0.541
Leucina	0.935	Treonina	0.335
Prolina	0.429	Alanina	0.392
Arginina	0.793	Isoleucina	0.488
Serina	0.577	Tirosina	0.634

Fuente: (USDA, 2016).

La harina presenta un bajo contenido de grasa (0.6 a 1.3 g), y los ácidos grasos primordiales son el ácido linoleico en un 55.1%, palmítico un 27.2%, linolénico 9.9%, esteárico 6.3% y eicosanoico 3.4% (Tokpunar, 2010). La harina aporta muchos micronutrientes como se puede ver en la tabla 4, por cada 100 g (USDA, 2016; Carter, 2015; Larque, 2013).

Cuadro 4 Contenido de vitaminas y minerales en la harina de ramón (100 g).

Vitamina	Contenido	Minerales	Contenido
Riboflavina (mg)	0.14	Calcio (mg)	94.00
Ácido Pantoténico (mg)	1.87	Cobre (mg)	2.45

Niacina (mg)	2.10	Hierro (mg)	4.60
Tiamina (mg)	0.03	Magnesio (mg)	115.00
Vitamina A (mg)*	73.93	Manganeso (mg)	0.30
Vitamina B6 (mg)	0.68	Fósforo (mg)	178.00
Vitamina C (mg)	46.60	Potasio (mg)	2011.00
Ácido fólico (µg)	26.87	Sodio (mg)	53.00
		Zinc (mg)	1.91

Fuente: (USDA, 2016; Flaster, 2007).

Tristemente en varios lugares no son conocidas las propiedades que posee la harina de ramón, por lo que en algunos municipios el árbol de ramón solo es empleado para el consumo pecuario (Hernández, V.; Munguía, A.; Monforte, G., 2015).

3.9. Macal (*Xanthosoma sagittifolium*)

El macal tiene su origen en América tropical, en centro América y en América del Sur (Trust, 2010). Al macal lo registran como planta invasora en varios lugares como Florida, Puerto Rico y Costa Rica. Se piensa que el macal se plantó por primera vez en una región oriental, y se propagó a través de un cultivo comercial de hormigas que estaban importando (Doku, 1966).

3.10. Taxonomía y nomenclatura

La *Xanthosoma* pertenece a la familia comestible araceae (Opara, 2003), tiene varias especies que son diversas y cuenta con una amplia división geográfica, que abarca regiones tropicales, subtropicales de Oceanía, Asia y África, lo cual genera que tenga diferentes nombres (CABI, 2013). La *Xanthosoma* y la colocasia casi siempre son confundidas ya que son de la misma familia y se dan en los mismos lugares, a esto se le suma el parecido de su morfología de cada una ya que son

casi iguales, lo que hace que la mayoría de las personas las confundan (Vaneker, K.; Slaats, E., 2013).

3.11. Producción del macal

El macal se ha cultivado en gran manera en África occidental, se extendió junto con plantaciones de cacao a través de un cinturón forestal (Doku, 1966; Karikari, 1979). El macal se adapta a diversas habitas, así mismo tiene unas buenas cualidades de conservación. Se ha vuelto un valioso producto agrícola, ya que lo consideran como un cultivo de raíz básico (Karikari, 1979). Ávila (2013), menciona que en México se produce en algunas zonas tropicales ya sea cerca de ríos o arroyos y hasta en lagunas.

Actualmente el macal se encuentra en el puesto número tres, ya que la yuca y ñame están en el primer y segundo lugar de producción sin embargo, desde el 2009 se ha presentado una radical disminución (Acheampong, P.; Oseiadu, J.; Amengo, E.; Sagoe, R., 2015).

3.12. Conocimiento existente del macal

En la actualidad existen diferentes variedades del tubérculo *Xanthosoma*, se diferencian de acuerdo a su color los cuales pueden ser rojas, amarillas o blancas de dependiendo a la región donde esté (Doku, 1966) (Onokpise, O.U.; Wutoh, J.; Ndzana, X.; Tambong, J.; Meboka, M.; Sama, A.; Bruns, M., 1999). Los pueblerinos también pueden diferenciarlos de acuerdo a sus cualidades de cocción, la textura de cocimiento y el tiempo.

En el cuadro 5, se puede observar los resultados de cuatro tubérculos que fueron seleccionados aleatoriamente para realizarle una inspección física, observándose la longitud, diámetro de centro, punta y peso del tubérculo, peso de la pulpa, humedad de la pulpa y peso seco de la pulpa. Las diferencias se deben a la edad y lugar de cosecha de los tubérculos.

Cuadro 5. Características físicas de tubérculo de la familia Xanthosoma

Características físicas	TUBERCULO				Media y DS
	1	2	3	4	
Longitud (cm)	37	39	35	37	37 ± 1,6
Diámetro centro (cm)	39	41,5	30,5	35	37,7 ± 4,2
Diámetro punta (cm)	18	18,5	12,5	17,3	16,5 ± 2,7
Peso fresco tubérculo (kg)	2,55	3,60	2,57	2,90	2,24 ± 1,04
Peso fresco pulpa (kg)	2,30	3,04	2,12	2,48	2,48 ± 0,39
Humedad de pulpa * (%)	66,45	70,78	66,42	67,88	67,88 ± 2,04
Peso seco pulpa * (%)	0,94	0,92	0,77	0,86	0,87 ± 0,07

Fuente: (Virginia, M.L.; Verónica, H.J.; Carranco, M.; Carrillo C. M.; Casas, R.R., 2018)

3.13. Usos

Uno de los beneficios que tiene el macal es que todas sus partes son comestibles, desde su raíz hasta su hoja (Vaneker K.; Slaats E., 2013; CABI, 2013). Debido a que el macal tiene una amplia distribución de cultivo en diferentes culturas y zonas, tienen como beneficio un alto consumo, es utilizado principalmente para hacer alimentos, como forraje y también por sus propiedades medicinales.

Cuando se utiliza para la elaboración de alimentos, la planta debe pasar por un proceso de cocción ya que crudo presenta un sabor agrio (Ramanatha, R.; Matthews, P.; Eyzaguirre, P.; Hunter, D., 2010), puede hacerse horneado, frito o asado y también se puede combinar con otros ingredientes.

3.14. Composición nutricional del macal (*Xanthosoma sagittifolium*)

El macal tiene un valor nutricional más alto que otras raíces y tubérculos, debido a las proteínas y minerales que ayudan a la digestibilidad, (Chukwu, G.; Ekwe, K. ; Anyaeche, S., 2008).

En el cuadro 6, se destaca el alto contenido de carbohidratos constituidos principalmente por almidón (65-78%), lo cual puede ser una alternativa como fuente de energía en la elaboración de alimentos. Así mismo la humedad, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas están dentro de lo reportado por otros autores oscilando entre 6,9-10,4%, 1,2-8,5%; 0,11-0,88% y 1,2-4,2% respectivamente. El contenido de extracto etéreo es muy bajo en tubérculos y autores refieren que es la grasa de la membrana celular que puede estar entre 0,11 y 0,88%. En el caso de la fibra, cuenta con varias propiedades funcionales como facilitar funciones alimenticias.

Cuadro 6. Composición química de harina de tubérculos de la familia xanthosoma.

Componente	Contenido (mg/100g)
Humedad	6,87
Proteína	5,52
Extracto etéreo	1,16
Ceniza	3,23
Fibra	11,25

Fuente: (Virginia, M.L.; Verónica, H.J.; Carranco, M.; Carrillo C. M.; Casas, R.R., 2018).

En el cuadro 7, se pueden observar los minerales encontrados en la pulpa de los tubérculos los cuales fueron K, Mg, Ca y Fe, siendo estos elementos fundamentales para la regulación cardíaca, presión arterial y función de los músculos.

Cuadro 7 Minerales encontrados en la harina de tubérculos de la familia Xanthosoma

Minerales	Contenido (mg/100g)
Cobre	>9
Zinc	7,34
Hierro	15,64
Calcio	78,4
Sodio	9,25
Potasio	1743,17
Magnesio	90,23

Fuente: (Virginia, M.L.; Verónica, H.J.; Carranco, M.; Carrillo C. M.; Casas, R.R., 2018).

En el cuadro 8, se encuentran los aminoácidos contenidos en la harina de los tubérculos de dicha familia, se puede apreciar que en general los valores son altos, en azufrados (metionina-cisteína) y aromáticos (fenil-alanina-tirosina).

Cuadro 8. Aminoácidos esenciales de la harina de tubérculos de la familia xanthosoma

Aminoácidos	Contenido (g/100g)
Triptófano	0,5
Valina	1,3
Isoleucina	1,3
Treonina	0,9

Fenilalanina	1,9
Leucina	1,9
Lisina	1,6
Metionina	1,7

Fuente: (Virginia, M.L.; Verónica, H.J.; Carranco, M.; Carrillo C. M.; Casas, R.R., 2018).

3.15. Harina de trigo

La harina de trigo es considerada uno de los alimentos más remotos que el hombre ha venido consumiendo a lo largo de los años. Producto que se genera a través del endospermo del trigo, mediante la molienda de este, pasando por un tamizado. Se le considera un producto importante ya que se deriva de la molienda del trigo maduro. Tiene características que son apropiadas para la elaboración de diversas masas, ya que si se llega a mezclar con determinada cantidad de agua se llega a tener una masa consistente. y resistente, para que se le dé la forma deseada (Morato, 2009).

La harina de trigo tiene un nutriente especial que es el gluten, lo que la hace capaz de elaborar a través de ella varios alimentos, ya que está conformado por proteínas como glutenina, que dan la resistencia y firmeza, y están las gliadinas que dan la elasticidad. Existen harinas blandas y harinas duras, a pesar de ello la cantidad de gluten será el responsable de la dureza de la harina, por lo regular la harina blanda se utiliza para hacer pan ya que tiene la ventaja de absorber más agua, en cambio la harina dura la utilizan para alimentos que no tengan que absorber agua (Fuchs, 2020).

3.16. Composición nutrimental de la harina de trigo

Es importante conocer los componentes nutrimentales que contiene la harina de trigo (almidón, proteína, lípidos, fibra vitaminas y minerales) así como sus propiedades para determinar los productos que se pueden elaborar partir de ella.

La harina de trigo es el principal ingrediente para la elaboración de pan, sus componentes son: almidón (70 – 75 %), agua (14 %) y proteínas (10 - 12 %), además de polisacáridos no del almidón (2 - 3%) particularmente arabinoxilanos y lípidos (2%), como se ve en el cuadro número 9. También se puede observar la composición en 100 gr de harina en nutrientes, minerales y vitaminas.

Cuadro 9. Principales componentes de la harina de trigo

Componente	Porcentaje (%)
Almidón	70-75
Proteína	10-12
Polisacáridos no del almidón	2-3
Lípidos	2

Fuente: (Veraverbeke, W.S. ; Delcour, J.A., 2002)

Cuadro 10. Componentes que se encuentran por cada 100 g de harina de trigo

Composición	Cantidad (gr)	CDR (%)
Calorías	341	17.8%
Carbohidratos	70.6	22.7%
Proteínas	9.86	20.6%
Fibra	4.28	14.3%
Grasas	1.2	2.3%

Fuente: (Vegaffinity , s.f.)

Cuadro 11. Cantidad de minerales encontrados por cada 100 g de harina de trigo

Minerales	Cantidad (mg)	CDR (%)
Sodio	2	0.1%
Calcio	17	1.4%
Hierro	1	12.5%
Magnesio	0	0%
Fósforo	108	15.4%
Potasio	146	7.3%

Fuente: (Vegaffinity , s.f.)

Cuadro 12. Cantidad de vitaminas que se encuentran por cada 100 g de harina de trigo.

Vitaminas	Cantidad (mg)	CDR (%)
Vitamina A	0	0%
Vitamina B1	0.11	9.2%
Vitamina B2	0.03	2.3%
Vitamina B3	2.33	0%
Vitamina B12	0	0%
Vitamina C	0	0%

Fuente: (Vegaffinity , s.f.)

3.17. Pastas

Se puede definir a las pastas alimenticias, a todos aquellos productos que son

producidos por un secado de una masa preparada a partir de sémola o harina de trigo, agua potable u otros ingredientes opcionales, donde por medio de extrusión pueden recibir variedades de formas (DOF, 1980).

La pasta es un alimento sencillo pudiéndose elaborar con técnicas industriales o artesanales. El efecto de utilizar cualquier tipo de técnica da como resultado un producto simple, con pocos ingredientes, pero con un gran sabor. Es un producto que se caracteriza por ser tradicional y por tener una buena aceptación gracias a su sabor, y propiedades nutritivas (Petitot, M.; Abecassis, J.; Micard, V., 2009). Hay muchas razones por las que se puede comprobar la aceptabilidad de las pastas, sobresalen, por su perfil nutricional, por el simple hecho de ser ricas en carbohidratos complejos, y ser una fuente de proteínas y vitaminas.

Además, las pastas son bien valoradas en el consumo, ya que estas se venden ya sea en malos o buenos momentos económicos. Si hablamos de las pastas secas, estas se puede considerar un alimento no perecedero, debido a la técnica de secado que se ha realizado en su elaboración, lo que permite que tenga una vida de anaquel más larga, siempre y cuando se conserve adecuadamente (Marchylo, B.A. ; Dexter, J.E., 2001).

La producción de pastas en general está cerca de los 12 millones de toneladas anuales. En los lugares como Italia, se produce más de 3.160.00 toneladas, siendo el país número uno en la elaboración de pastas, en segundo lugar con un 26% está E.U con una cantidad de 2.000.000 toneladas siendo el 16% de producción total de todo el mundo. Chile, E.U y Brasil son los principales exportadores de pastas, siendo Italia el país donde más se consume la pasta (Lezcano, 2009).

3.18. Tipos de pastas

Existen diversas formas para elaborar una pasta, pueden ser espaguetis, coditos, fusilli, entre otros tipos, ya sean cortas o largas, las pastas no han evolucionado a lo largo del tiempo. La elaboración de la pasta sigue siendo la misma, ya que los ingredientes son la harina de trigo, agua, e insumos adicionales tales como el huevo,

verduras, hierbas, entre otros (Marchylo, B.A. ; Dexter, J.E., 2001). También se pueden clasificar en laminadas y extruidas.

Para la elaboración de éstas va a depender que tipo de trigo y proceso se utiliza, ya que podemos encontrar dos grupos, los cuales son los noodles y las pastas como tal, los primeros son por lo regular elaborados a partir de trigo de pan, donde se utiliza un proceso de laminado y cortado; mientras que las pastas se realizan por extrusión usando sémola de trigo *durum*. Cada una tiene diferencias desde su materia prima hasta su procedimiento, lo cual hace que los dos productos resulten con diferentes características como textura y apariencia, ya que las pastas poseen una textura con mayor densidad y resistentes con un color característico, mientras que los noodles son blandos y tienen una elasticidad determinada, al igual que su color blanco (Assefaw, E.; Sarkar, A.; Carson, G., 2006).

El DOF(1980) establece que de acuerdo al contenido de agua, las pastas se pueden dividir en secas y frescas, las primera se distinguen por pasar por un secado durante el proceso, ya que su contenido de agua no debe ser mayor a 12.5%, para poder tener un producto libre de contaminates. Por el contrario las pastas frescas pueden tener un limite de 35%, de igual forma existen pastas frescas elaboradas con rellenos de verdura, carne o dependiendo lo que agregue el consumidor.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Recolección de la semilla del ramón

La recolección del fruto se trabajó de dos formas de acuerdo a las técnicas de recolección de Morales, O.E.; Herrera, T.G., (2009), éstas se obtuvieron de localidades del Estado de Campeche.

- a) Desde la copa del árbol
- b) Desde el piso.

Cabe mencionar que de acuerdo a la investigación preliminar que se realizó los frutos llegan a desprenderse con facilidad una vez que llegan a su madurez fisiológica.

- a) Para bajar los frutos se utilizó un gancho recolector de fruta, agarrando las ramas, para después sacudirlo y lograr que el fruto se desprendiera. Para que al momento que se desprendieran los frutos no cayeran al suelo se colocaron lonas abajo del árbol para que ahí se acumularan y cuando se diera el desprendimiento de los frutos se evitara que cayeran por todos lados.
- b) Esta se realizó observando y seleccionando los frutos que se encontraban en buen estado, ya que los frutos se encontraban el suelo se habían desprendido por el estado de madurez. Los frutos se colocaron en un solo lugar con la finalidad de realizarle una limpieza para así evitar contaminaciones.

Para trasladar los frutos se utilizaron costales de rafia y a cada uno se le colocó una etiqueta que contenía la información referente al lugar y hora de recolección entre otros datos.

4.2. Transformación de la semilla en harina

a) Selección, lavado y desinfección.

Una vez que las semillas se encontraban en el Taller de Frutas y Hortalizas del Tecnológico de China, se sacaron de los costales y extendieron. Las semillas recolectadas fueron separadas de acuerdo a su consistencia, eliminando las suaves o germinadas.

Las semillas seleccionadas se lavaron con una solución de yodoformo para su desinfección, con una dosis de 50-80 ppm durante 60 segundos.

Una vez lavadas y desinfectadas las semillas se procedió a eliminar el exceso de agua para lo cual se requirió el uso de charolas de acero inoxidable con orificios. Posteriormente se extendieron en las charolas, colocándolas al sol durante 60

minutos.

b) Secado

Pasados los 60 minutos al sol, las semillas se llevaron a la estufa de secado ECOSHEL durante 24 y 50 horas a una temperatura de 60°C para evaluar el mejor tiempo de secado, se colocaron en las rejillas de forma dispersa para obtener un secado uniforme.

c) Molienda:

Se realizó una molienda con un molino multifuncional de ultra alta velocidad marca Shangzu, durante 4 minutos.

d) Tamizado de la harina de ramón

Se utilizó una tamizadora de marca ENDECOTTS donde se emplearon cuatro tamices con diferente luz de mallas, una de 1000 mm, 500 mm, 250 mm y 125 mm. En el tamiz superior se colocaron 50 gr de la harina, se puso en marcha el equipo por 30 minutos, la harina que retenía cada tamiz se colocó en bolsas para posteriormente pesarlas y conocer el porcentaje de retención.

4.3. Recolección del macal (*Xanthosoma sagittifolium*)

Se recolectaron 10 kilos de macal en el municipio de Candelaria, en el poblado Naranjo, obteniéndolo directo del subsuelo y se transportó en vía terrestre hasta el Taller de Frutas y Hortalizas del instituto tecnológico de Chiná.

4.4. Transformación del macal (*Xanthosoma sagittifolium*) en harina.

a) Selección, lavado y desinfección.

Inicialmente se realizó una selección de macal en la cual se eliminaron las que tenían una textura suave. En el lavado se eliminaron impurezas, cáscaras o cualquier tipo de materia extraña al tubérculo, se utilizó una solución de hipoclorito de sodio donde se remojaron media hora, limpiando el peridermo con un cepillo y

volviéndolas a enjuagar con dicha solución.

b) Secado

Los tubérculos limpios fueron rebanados con ayuda de un cortador de verduras marca SIGMA, y se llevó a la estufa de secado ECOSHEL, a una temperatura de 60°C por 4 horas.

c) Molienda

A los tubérculos rebanados y secos, se le realizó una molienda con un molino multifuncional de ultra alta velocidad marca SHANGZU, durante 3 minutos.

4.5. Tamizado de la harina de macal

Se empleó la misma técnica que para la harina del ramón. Con una tamizadora de marca ENDECOTTS empleando cuatro tamices de diferentes luces de mallas, una de 1000 mm, 500 mm, 250 mm y 125 mm. En el tamiz superior se colocaron 50 gr de harina, se puso en marcha el equipo por 30 minutos, la harina que retenía cada tamiz se colocó en bolsas para posteriormente pesarlas y conocer el porcentaje de retención.

4.6. Determinación de humedad de harina de ramón 50 y 24 horas:

Este análisis se realizó de acuerdo como se establece en la norma (NOM-116-SSA1-1994) para conocer el tiempo de secado idóneo. Se coloraron los crisoles a peso contante y se colocaron 3gr de harina por aproximadamente 3 horas (hasta peso constante) a 110° C y se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula 1.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{CM - CMS}{PM} \times 100$$

Formula 1. determinación del porcentaje de humedad

Donde:

CM: Peso del crisol más muestra

CMS: Peso del crisol con muestra seca

PM: Peso de la muestra

4.7. Formulaciones para la elaboración del producto (pasta alimenticia)

Se realizaron combinaciones de las harinas de trigo (HT), ramón(HR) y macal (HM) con diferentes porcentajes, utilizando como base el 50% de harina de trigo (HT) y variando las cantidades de harina de ramón (HR) a 30,35 y 25% y la harina de macal (HM) a 20,15 y 25%, hasta obtener una masa que permitiera la elaboración de la pasta con las características adecuadas.

4.8. Elaboración de la pasta

La pasta se elaboró de acuerdo a las formulaciones que se establecieron, realizándose una muestra control con 100% de harina de trigo (HT).

a) Pesado:

Se utilizó una balanza analítica, para pesar todos los ingredientes: la harina de trigo, ramón y macal.

b) Homogenización de ingredientes:

Esta se realizó de manera manual, se mezclaron las tres harinas, se colocaron en la mesa de trabajo, se hizo como un tipo volcán con la harina y se le agregaron los ingredientes líquidos (agua, aceite y huevo), se amasó hasta verificar que la masa tenía una consistencia característica y se dejó que reposara en la nevera durante 20 minutos.

c) Extruido:

La masa se colocó en una prensa marca KitchenAid gourmet para pastas, utilizando un disco para pasta tipo fusilli, hasta que se terminó la masa, cabe mencionar que

para este equipo la masa se tuvo que introducir una porción del tamaño a una nuez.

d) Secado

Las pastas fueron secadas de acuerdo a la técnica de (Granito, M.; Perez, S. ; Valero, Y., 2014) durante 1hr. a temperatura ambiente, después se pasaron a un horno de convección marca Echoshel durante 24 hr. a una temperatura de 30° C, hasta alcanzar una humedad del 12% que establece las normas (NOM. F-23-S-1980). (DOF, 1980)

4.9. Pruebas de cocción de la pasta alimenticia:

Para establecer la calidad de la pasta se determinó de acuerdo a la técnica propuesta por (Abecassis, J.; Faure, J.; Feillt, P., 1984) y (Matsuo, R.; Bradley, J.; Irvine, G., 1972) empleando los siguientes términos.

4.9.1. Tiempo de cocción

Se colocaron 20 gramos de pasta en 200 ml de agua hirviendo. Cada dos minutos se tomó un trozo de la pasta y se colocó entre una cuchara y se comprimía. El tiempo de óptimo de cocción se tomaba cuando al comprimir la pasta ésta se volvía de un color café claro.

4.9.2. Absorción del agua de cocción:

Para determinar la absorción, se pesó la pasta cocida, se escurrió y se volvió a pesar, previamente a esto se anotó la cantidad de pasta a utilizar.

4.9.3. Pérdidas por cocción:

En una estufa de secado a una temperatura de 100° C se colocaron en crisoles el agua resultante de la cocción hasta su total sequedad, se pesó y eso nos dio el resultado de los sólidos extraídos.

4.9.4. Porcentaje de hinchamiento

Este se determinó de acuerdo a la fórmula 2:

$$\% \text{ de hinchamiento} = \frac{\text{PPC} - \text{PPS}}{\text{PPS}} \times 100$$

Donde:

PPC: peso de la pasta cocida

PPS: peso de la pasta seca

4.10. Análisis proximales

Los análisis proximales se realizaron de acuerdo a las NOMS, A.O.A.C y modificaciones hechas por Pereira (1998).

4.10.1. Humedad (NOM-116-SSA1-1994).

Este método se basa en la medición de la pérdida de peso debido a la evaporación de agua a la temperatura de ebullición o cerca de ella. La pérdida de peso del alimento debido a la evaporación del agua, se mide analíticamente reportándose como humedad (Pereira, 1998).

La humedad se determinó mediante la (NOM-116-SSA1-1994) por triplicado.

Se llevaron a peso constante los crisoles a 200°C por 2 horas; 2gr de la muestra molida y homogenizada, se colocaron en el crisol a peso constante y se llevaron a la estufa de secado a 110°C por 4 horas. Pasado el tiempo, se enfrió en un desecador y se pesó, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{CM} - \text{CMS}}{\text{PM}} \times 100$$

PM

En donde:

CM: Peso del crisol con muestra

CMS: Peso del crisol con muestra seca

PM: Peso de la muestra

4.10.2. Cenizas (AOAC, apartado 923.03).

Las cenizas se determinaron mediante a la técnica AOAC 923.03. por triplicado.

2gr de la muestra seca finamente molida y homogenizada, se colocaron en el crisol con la muestra en una parrilla y se calcinó lentamente para evitar proyecciones, hasta que no hubo desprendimiento de humos. Se completó la calcinación en una mufla controlada a 550°-600°C durante 2 horas. Se comprobó que las cenizas sean de color blanco. Se enfrió en un desecador y se pesó, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{P1 - P2}{PM} \times 100$$

En donde:

P1: Peso del crisol con cenizas en g

P2: Peso del crisol vacío a peso constante en g

PM: Peso de la muestra en g

4.10.3. Grasa (NOM-086-SSA1-1994, apéndice 1 normativo C)

El método de Soxhlet utiliza un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter que se encuentra en el alimento. El éter de petróleo es el mejor agente de extracción directa de la grasa del material seco. El éter dietílico es más eficiente pero también extrae sustancias no grasas.

Este método es aplicado para la determinación de ácidos grasos de todos los alimentos sólidos, excepto los derivados lácteos. (Pereira,1994 y Secretaría de salud,1990).

Objetivo y campo de aplicación

- Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones nutrimentales que deben observar:
- Los alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición.
- Los alimentos envasados y a base de cereales para lactantes y niños con adición de nutrimentos.

4.10.4. Proteínas (NOM-F-68-S-1980)

Este método se basa en la descomposición de los componentes de nitrógeno orgánico por ebullición con ácido sulfúrico. El hidrógeno y carbono de la materia orgánica se oxidan hasta agua y bióxido de carbono.

El ácido sulfúrico se transforma en dióxido de azufre, el cual reduce el material a nitrógeno o amoníaco. Este amoníaco se libera después por la adición de hidróxido de sodio, y se destila recibiendo en una solución al 4% de ácido bórico. Se titula el nitrógeno amoniacal con una solución valorada de ácido, cuya normalidad dependerá de la cantidad de nitrógeno que contenga la muestra. En este método de Kjeldahl-Gunning se usa el sulfato de cobre como catalizador y el sulfato de sodio para aumentar la temperatura de la mezcla y acelerar la digestión. (Pereira, 1994 y Secretaría de salud,1990).

4.11. Análisis microbiológicos

4.11.1. Mesófilos aerobios

Se realizó de acuerdo la técnica escrita por (Anderson, R. P.; Vicente, C. P., 2000) a partir de las disoluciones decimales, por triplicado, se depositaron con pipetas

estériles, 1 ml de cada disolución en cada una de las placas de Petri estériles, añadiendo aproximadamente 15 ml de medio de cultivo, se mezcló perfectamente sobre la mesa de trabajo, haciendo movimientos circulares, se dejó solidificar, para después llevarlas a la incubadora a una temperatura de 36°C por 24 horas. Transcurrido el tiempo de incubación, se contaron las colonias, el número total de colonias contadas, multiplicando por el factor de disolución en las placas, da como resultado el total de gérmenes por mililitro de muestra analizada.

4.11.2. Coliformes totales

Se colocaron en cajas Petri por duplicado 1 ml de la muestra líquida de la dilución primaria, utilizando para tal propósito una pipeta estéril. Se repitió el procedimiento tres veces debido a las diluciones decimales, utilizando una pipeta estéril diferente para cada dilución.

Se vertió de 10a 15 ml del medio RVBA fundido y se mantuvo a $45 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en baño de agua. Se mezcló cuidadosamente el inóculo con el medio con seis movimientos de derecha a izquierda, seis movimientos en el sentido de las manecillas del reloj, seis movimientos en el sentido contrario al de las manecillas del reloj y seis de atrás para adelante, sobre una superficie lisa y nivelada. Se espera que solidificara la mezcla, dejando las cajas Petri reposar sobre una superficie horizontal fría.

Se preparó una caja testigo con 15 ml de medio para verificar la esterilidad, una vez solidificado la caja Petri se vertió aproximadamente 4 ml del medio RVBA a $45 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en la superficie del medio inoculado. Se dejó que solidificara invirtiendo las placas y se colocaron en la incubadora a 35°C, durante 24 ± 2 horas. Después del periodo especificado para la incubación, se contaron las colonias con el contador de colonias. Se seleccionaron las placas que contenían entre 15 y 150 colonias.

4.12. Determinación de análisis sensorial

Con la formulación estandarizada de los productos terminados, se realizó el análisis sensorial utilizando pruebas hedónicas o afectivas, las cuales se refieren al grado de preferencia y aceptabilidad de un producto. La preferencia se refiere a la elección

entre varios productos sobre la base del gusto o disgusto. Se basa en la elección de una persona entre un conjunto de alternativas, refiriéndose a una prueba pareada. Se tomaron en cuenta a 50 jueces no entrenados, utilizando para el análisis de datos el método estadístico Chi cuadrada comparando un grupo de frecuencias observadas equiparándolas con un grupo de frecuencias esperadas (hipotetizadas) (Domínguez, 2007).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis granulométricos de las harinas

5.1.1. Harina de ramón

De acuerdo con la norma NMX-F-007-1982, en su apartado del apéndice A.2 se establece que para realizar harinas que son destinadas para elaborar pastas debe tenerse como mínimo el 70% de retención en dos tamices.

En el cuadro 13, se puede observar que la harina con tiempo de secado de 24 horas en la repetición 1 y 2 en las mallas 1000, 500 y 250 μm no retiene mucha harina ya que su porcentaje, se encuentra en el límite mínimo, mientras que en el tamiz de 125 μm hay un porcentaje alto de retención del 70.66%, en la segunda repetición, el tamiz de 125 μm obtuvo el 60.48%.

Cuadro 13. Análisis granulométrico de la harina de ramón secados a 24 y 50hrs.

Tpo. De secado de la semilla	Repeticiones	Cant. De harina	Tamaño de micra (μm)							
			1000	%	500	%	250	%	125	%
24 hr	1	50 g	2.58	5.16	2.60	5.2	18.15	36.3	35.33	70.66
	2		2.48	4.96	2.79	5.58	25.18	50.36	30.24	60.48

50 hr	1	5.57	11.14	13.34	26.68	22.46	44.92	18.16	36.32
	2	5.89	11.78	14.55	29.1	18.16	29.32	22.74	45.48

También se puede observar que el secado a 50 horas, en las repeticiones 1 y 2 en la malla de 1000 μm , el porcentaje de retención es similar. En el tamiz de 500 μm en las dos repeticiones se obtuvo un porcentaje debajo del límite, mientras que en el de 250 μm en la primera se obtuvieron 44.92 % y en la segunda 29.32%, en la malla de 125 μm se obtuvo en la primera repetición un 36.32% y en la segunda un 45.48%. El porcentaje de retención total de la repetición 1 entre la malla de 250 y 125 μm fue de 81.24% y el de la segunda fue de 79.9%.

5.1.2. Harina de macal

En el cuadro 14, se puede observar que en las repeticiones 1 y 2 en la malla de 1000 μm , el porcentaje de retención es casi similar, ya que presenta una diferencia del 0.02, en el tamiz de 500 μm en las dos repeticiones se obtuvo un porcentaje debajo del límite establecido por la norma, mientras tanto en el de 250 μm en la primera repetición se obtuvo 46.6 % y en la segunda 45.4%, en la malla de 125 μm se obtuvo en la primera repetición un 34.4% y en la segunda un 29.36%. la retención total de la repetición 1 entre la malla de 250 y 125 μm fue de 81% y el de la segunda fue de 74.76%, estando dentro del límite de la norma.

Cuadro 14. Análisis granulométrico en 2 repeticiones de la harina de macal

Repeticiones	Cant. De harina	Tamaño de micra (μm)							
		1000	%	500	%	250	%	125	%
1	50 g	4.50	9.0	14.50	29.00	23.40	46.6	17.20	34.4

2	4.70	9.4	15.64	31.28	22.70	45.4	14.68	29.36
---	------	-----	-------	-------	-------	------	-------	-------

5.2. Análisis proximales en la harina de ramón

Cómo se puede ver en el cuadro 15, se obtuvo un porcentaje de humedad más alto en el tiempo de secado de la semilla a 24 hrs, esta presenta una variación del 0.278%. mientras que la harina con el tiempo de secado de la semilla 50 hrs presenta 0.003%. Sin embargo, las dos temperaturas de secado se encuentran entre los rangos de porcentaje de humedad establecidos por la norma NOM-147-SSA1-1996, NOM-187-SSA1/SCFI-2002 y NOM-247-SSA1-2008, resultados similares fueron obtenidos por (Martinez-Ruiz, N.; Larque-Saavedra, A., 2013) con 12.7% y 13.3%. Se observó que, en el proceso de molienda para producción de harina, la humedad óptima no debe ser superior al 15 % para evitar la contaminación por microorganismos.

Cuadro 15. Determinación de humedad de la harina de ramón a 24 hrs y 50 hrs.

Tiempo de secado de la semilla	Porcentaje de humedad (%)
24hr	9.4771
	10.2236
50 hr	8.1559
	8.0755

En el cuadro 16, se observa que el tiempo de secado no interfirió ya que los resultados son similares a los resultados por Martinez-Ruiz, N.R.; Hierro-Ochoa, J.C.; Larque-Saavedra, A. (2019) lo cuales obtubieron un porcentaje del 3.4% de

materia organica, obteniéndose harinas de buena calidad.

Cuadro 16. Determinación de ceniza en la harina de ramón a 24 hrs y 50 hrs.

Tiempo de secado de la semilla	Porcentaje de cenizas (%)
24hr	3.5
	3.4
50 hr	3.5
	3.5

Como se puede observar en el cuadro 17, el porcentaje de grasa que contiene dicha harina es del 0.24%, comparándola con Martinez-Ruiz, N.R.; Hierro-Ochoa, J.C.; Larque-Saavedra, A. (2019) tiene una diferencia del 0.5% lo cual indica que la harina tiene un porcentaje más bajo, que la de dichos autores.

Cuadro 17. Determinación de grasa en la harina de ramón

Repeticiones	% de grasa
R1	0.24
R2	0.24
R3	0.04

Como se observa en el cuadro 18, el porcentaje de proteína cruda de la harina de ramón tuvo un porcentaje más alto (13.57%) al obtenido por Martinez-Ruiz, N.R.; Hierro-Ochoa, J.C.; Larque-Saavedra, A. (2019) el cual es de 11.1%.

Cuadro 18. Determinación de proteínas en la harina de ramón

Repeticiones	Materia seca	% Proteína cruda
R1	91.94	13.56
R2	91.91	13.58

5.3. Análisis microbiológicos en la harina de ramón

De acuerdo con lo especificado en NOM-247-SSA1-2008, con respecto al recuento estándar en placa para aerobios mesófilos para la harina de trigo, el límite máximo permitido es de 50 000 UFC/g. En el cuadro 19 se puede observar que la harina de ramón cumple con el requisito microbiológico establecido ya que los resultados están debajo del límite permitido.

Cuadro 19. Análisis de mesófilos aerobios y coliformes totales en la harina de ramón.

	Mesófilos aerobios UFC/g	Coliformes totales UFC/g
Harina de trigo	50,000	N/A
Harina de Ramón	1,000	N/A

5.4. Análisis proximales de la harina de macal.

En el cuadro 20, se puede observar que la harina de macal tiene una humedad del 11%, lo cual nos indica que se encuentra dentro de los valores que se establecen para los productos deshidratados, seguros para almacenar a temperatura ambiente y para la elaboración de pastas alimenticias. Los resultados fueron similares a los obtenidos por Palomino, C.; Molina-Pérez, E. (2010), obteniendo una diferencia de 0.37 %.

Cuadro 20. Determinación de humedad de la harina de macal.

Tiempo de secado	Porcentaje de humedad (%)
4 hrs	11.65
	11.89

El porcentaje de ceniza de la harina de macal, comparándola con la investigación de Palomino, C., Molina-Perez, E. (2009) tiene una diferencia del 1.3%, ya que dicha harina tiene un porcentaje de 4.25. Indicando que el porcentaje de ceniza obtenido se encuentra de acuerdo con el contenido mineral.

Cuadro 21. Determinación de cenizas en la harina de macal.

Tiempo de secado	Porcentaje (%)
4 hrs	5.45
	5.55

En el cuadro 22 se observa que el porcentaje de grasa obtenido de la harina de macal es menor a los resultados obtenidos por Palomino, C.; Molina-Pérez, E. (2009) obteniendo un porcentaje de 0.88%, siendo una buena opción de consumo por su bajo contenido calórico.

Cuadro 22. Determinación de grasa en la harina de macal

Repeticiones	% de grasa
R1	0.74
R2	0.59

En contenido proteico de esta harina, como se observa en el cuadro 23, es del 6 %, resultados similares fueron los obtenidos por Palomino, C.; Molina-Pérez, E. (2009). En comparación con la harina de ramón presenta un porcentaje proteico menor, sin embargo, al combinar las harinas de ramón y macal para la elaboración de la pasta se obtiene un buen porcentaje proteico.

Cuadro 23. Determinación de proteína en la harina de macal

Repeticiones	Materia seca	% Proteína cruda
R1	94.89	6.07
R2	95.04	6.03

5.5. Análisis microbiológicos en la harina de macal

Como se puede observar en el cuadro 24, la harina de macal contiene 50,000 UFC/g de bacterias aerobias en placa en agar estándar, incubadas a 36°C. De acuerdo con la NOM-247-SSA1-2008 los resultados se encuentran dentro del límite permitido por la norma para mesófilos aerobios. Los resultados para coliformes totales, también cumplen con lo establecido por la norma, el límite es 100 UFC/g, comparándola con otras harinas como el maíz, centeno o arroz, ya que el caso de la harina de trigo no aplica.

Cuadro 24 .Recuento de mesófilos aerobios y coliformes totales en la harina de trigo y macal.

	Mesófilos aerobios UFC/g	Coliformes totales UFC/g
Harina de trigo	50,000	NA
Harina de macal	50,000	93

5.6. Pruebas de cocción de la pasta alimenticia

5.6.1. Tiempo de cocción

Como se observa en el cuadro 25, en el proceso de cocción el tratamiento uno (HT 50%-HR 30%-HM 20%) y dos (HT 50%-HR 35%-HM 15%) mostraron una diferencia de 1,1 minuto, mientras que para el tratamiento tres fue la que obtuvo un tiempo de cocción más largo de 11,30 min. El tiempo de cocción de una pasta 100% de trigo es de 12.00 min., por lo que, la adición de la harina de ramón y macal redujo el índice de tiempo de cocción en los tres tratamientos.

Cuadro 25. Características de cocción en las pastas formuladas

	T1	T2	T3
	(HT 50%-HR 30%-HM 20%)	(HT 50%-HR 35%-HM 15%)	(HT 50%-HR 25%-HM 25%)
Tiempo de cocción (min)	8,30	7,20	11,30
Absorción de agua (%)	75,33	81,33	98,5
Incremento en peso (%)	102,00	92,00	122,55
Pérdidas por cocción (%)	6,96	6,98	4,82

Resultados obtenidos por Astaíza, M.; Ruíz, L.; Eizalde, A., (2010), dan como tiempo mínimo de cocción 15 minutos, para las pastas enriquecidas a partir de harina de quinua y zanahoria (30%-70%, 40%-60% y 50%-50%), lo cual nos indica que el tiempo de cocción para las pastas, con la mezcla de harina de trigo, ramón y macal, requieren un menor tiempo de cocción.

5.6.2. Absorción de agua

En el cuadro 25, también se puede observar que el tratamiento 3 (T3) con cantidades iguales de harina de ramón (25%) y macal (25%), tienen una absorción de agua superior. Los tratamientos 1 y 2 con 30% y 35% de harina de ramón y 20 % y 15% de harina de macal obtuvieron un porcentaje de absorción de agua de 75.33 y 81.33 respectivamente. Siendo el tratamiento 3 el que absorbió más agua.

5.6.3. Hinchamiento

La pasta que reportó un incremento de peso superior fue la del tratamiento 3 con un porcentaje de 122,55% como se observa en el cuadro 25, esto hizo que la pasta estuviera chiclosa, asimismo la que tuvo un menor incremento fue la pasta con el Tratamiento 2 (50%HT-35%HR-15%HM), adquiriendo una mejor textura. Si la comparamos con la del tratamiento 3 tiene una diferencia del 30.55% mientras que la del tratamiento T1 tiene un 20.55%.

5.6.4. Pérdida por cocción

Por otro lado, en relación con las pérdidas por cocción como se observa en la tabla 25, al enriquecer la harina de trigo con la harina de ramón y macal, se genera una pérdida similar en las pastas con los tratamientos 1 y 2. En el tratamiento 3 puesto que las dos harinas (ramón y macal) tiene el mismo porcentaje la pérdida de cocción es menor.

5.7. Análisis proximales de las pastas

En el cuadro 26, se puede observar que la humedad de los tres tratamientos se encuentra dentro del rango establecido en la norma (NOM. F-23-S-1980), ya que dicha norma establece un porcentaje del 14 % de humedad como límite.

Cuadro 26. Porcentaje de humedad de los tratamientos

Análisis	Tratamientos	Porcentaje de	Humedad
----------	--------------	---------------	---------

		humedad (%)			media
		Repeticiones			Tratamientos
Humedad	T1	8.81	9.25	8.48	8.84
	T2	8.64	9.05	8.79	8.82
	T3	8.58	8.71	8.30	8.53

El contenido de ceniza del tratamiento T3 obtuvo un porcentaje superior a lo establecido en la norma (NOM. F-23-S-1980) como se puede observar en el cuadro 27, ya que ésta establece como mínimo un 0.7 % y un máximo de 1.2%, mientras que los T1 y T2 se encuentran dentro del rango que marca la norma con 0.95 y 0.68 %.

Cuadro 27. Determinación de cenizas de los tratamientos

Análisis	Tratamientos	Porcentaje de humedad (%)			Humedad media
		Repeticiones			Tratamientos
Ceniza	T1	1.02	0.25	1.58	0.95
	T2	0.4	1.15	0.5	0.68
	T3	2.93	2.82	2.51	2.75

En el cuadro 28 se pueden observar los porcentajes de grasa obtenido en los tres tratamientos. De acuerdo con la NOM. F-23-S-1980, las pastas deben de tener entre 0.2% a 2.5% de grasa, el tratamiento 3 no cumplen con lo establecido en la norma ya que tienen un valor menor del 0.2%. Los tratamientos 1 y 2, se encuentran dentro

del rango que establece la norma. Granito, M.; Perez, S.; Valero (2014), menciona que el porcentaje de grasa varía de acuerdo a las materias primas que se utilizan.

Cuadro 28. Determinación de porcentaje de grasa en los tratamientos

Tratamiento	Repeticiones		% de grasa total
(HT 50%-HR 30%-HM 20%)	0.14	0.24	0.19
(HT 50%-HR 35%-HM 15%)	1.49	2.29	1.89
(HT 50%-HR 25%-HM 25%)	0.1	0.1	0.1

La NOM. F-23-S-1980, establece para las pastas elaboradas con 100% de harina de trigo un contenido proteico de 9.5 a 11 %, como se observa en el cuadro 29, el porcentaje proteico de la pasta con el tratamiento 2 (HT 50%-HR 35%-HM 15%) fue de 14 % teniendo un mayor contenido proteico que las pastas convencionales.

Cuadro 29. Porcentaje proteico tratamiento 2.

T2 (HT 50%-HR 35%-HM 15%)		
Repeticiones	Materia seca	% Proteína cruda
R1	92.21	14.31
R2	92.40	14.40

5.8. Análisis microbiológicos de la pasta

De acuerdo a lo especificado con la NOM-247-SSA1-2008, el recuento estándar en placa para aerobios mesófilos indica como límite máximo permitido 10000 UFC/g,

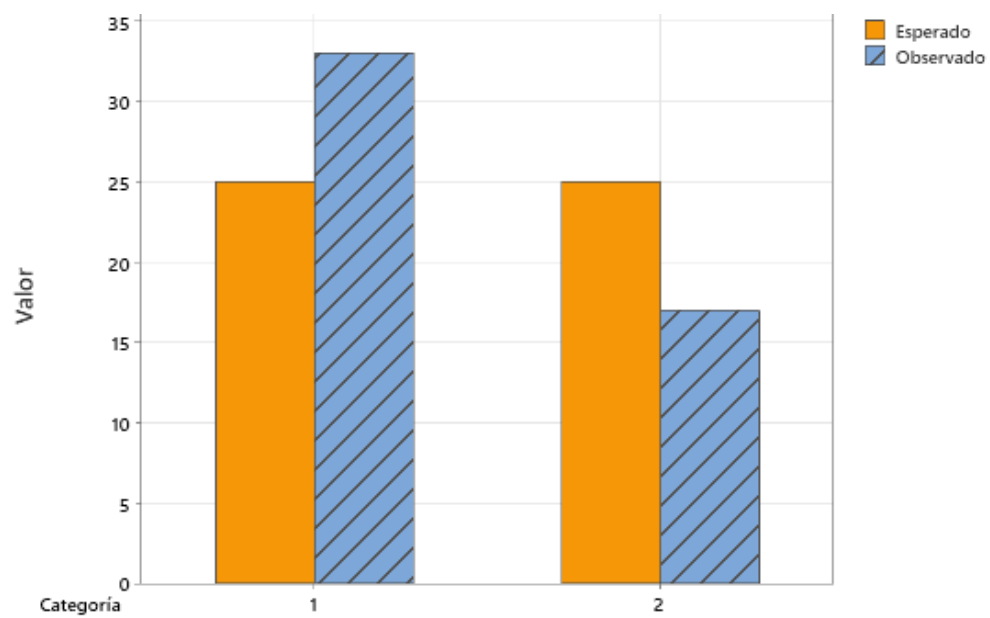
como se observa en el cuadro 30, la pasta cumple con el requisito microbiológico establecido para el recuento de mesófilos aerobios ya que los resultados son de 2,750 UFC/g. A sí mismo para los análisis de coliformes totales, cumple con la norma dando como resultado de 28 UFC/g.

Cuadro 30. Análisis de mesófilos aerobios del tratamiento 2.

	Mesófilos aerobios	Coliformes
	UFC/g	totales UFC/g
Pasta 100% trigo	1,0000	<30
Pasta con a HT	2,750	28
50%-HR 35%-HM		
15%)		

5.9. Análisis sensorial de la pasta alimenticia

Los resultados del análisis sensorial para la pasta alimenticia fueron de tipo afectivo o hedónico, las fichas que se realizaron fueron las de prueba de preferencia pareada. Se aplicaron 50 encuestas a jueces no entrenados, los tratamientos que se analizaron fueron los tratamientos 2 (50%HT-35%HR-15%HM) y 3 (50%HT-25%HR-25%HM). Para conocer las diferencias significativas entre los dos tratamientos se aplicó la prueba de chi-cuadrada con un 95% de confiabilidad, en el cual se muestra que si existe una preferencia significativa hacia el tratamiento 2 (50%HT-35%HR-15%HM).



Grafica 1 valores observados y esperados de los tratamientos 2 y 3.

6. CONCLUSIONES

Para elaborar la harina con la semilla de ramón se debe secar a una temperatura de 60°C por un tiempo de 24 hrs, para obtener el porcentaje de humedad indicado por la norma (NOM. F-23-S-1980).

De acuerdo con la norma NMX-F-007-1982, en su apartado del apéndice A.2 se establece que, para realizar harinas que son destinadas para elaborar pastas debe tener como mínimo el 70% de retención en dos tamices. Se obtuvo un porcentaje más alto de lo establecido en los dos últimos tamices, lo que proporcionó a las pastas una buena consistencia, se determinó que los tamices que se deben utilizar para elaborar una harina para pastas son los de 250 μm y 125 μm ya que son los que tuvieron el mayor porcentaje de retención.

De acuerdo a los análisis proximales la harina de ramón tiene 13 %, de humedad mientras que la harina de macal tiene el 11%, al final se obtuvieron pastas con 8% de humedad. En el caso de la materia orgánica la harina de ramón obtuvo un 3% y la del macal un 5%, en cuanto a su porcentaje de grasa la harina de macal obtuvo el 0.7 % mientras que la de ramón tuvo 0.2, dando así una pasta con el 1.89% de grasa. La harina que tuvo más contenido proteico fue la de ramón con un contenido del 13.57%, comparándola con la harina de trigo obtuvo un valor mayor ya que el porcentaje de dicha harina se encuentra entre 10-12 %, mientras que la de macal alcanzo 6%. La pasta obtuvo un mayor contenido proteico que las pastas comerciales con 14%.

Los análisis microbiológicos para la harina de ramón de acuerdo al análisis de mesófilos aerobios cuentan con 1000 UFC/g, mientras en coliformes totales esta no aplica. En la de macal se formaron 50,000 UFC/g en el caso de mesófilos aerobios, en cuanto a coliformes totales 93 UFC/g, por lo que cumplen con lo establecido con la norma, siendo aptas para consumo humano.

La pasta elaborada con el tratamiento 2 se le realizó el análisis de mesófilos aerobios, indicando que cumple con el requisito microbiológico establecido ya que

se formaron 2,750 UFC/g y la norma establece como máximo 10,000 UFC/g. Los análisis de coliformes totales, también cumplen con la norma dando como resultado de 28 UFC/g de <30 UFC/g que es lo que se establece como límite.

Al combinar las tres harinas (trigo-ramón-macal) para la elaboración de la pasta, disminuyó el porcentaje de absorción de agua, en comparación con una pasta elaborada con 100% de harina de trigo, así mismo en las pastas se reportó un menor índice de incremento de peso, ya que dos de las harinas que se utilizaron no contiene gluten.

La pasta con tratamiento 2 (HT 50%-HR 35%-HM 15%), presentó mejores características al momento del proceso de elaboración, ya que, al colocar la masa en el equipo de extrusión, fue la única pudo formar la forma tipo fusilli, también fue la que presentó características confiables en la prueba de cocción, siendo el mejor tratamiento. El tratamiento 3 (HT50%-HR25%-HM25%) aunque no formo la pasta tipo fusilli con ella se pudo realizar la pasta tipo fettuccini.

En los resultados de la prueba sensorial, se tuvieron diferencias significativas, de las pastas analizadas (tratamiento 2 y tratamiento 3), siendo la pasta T2 con (HT 50%-HR 35%-HM 15%) la que agradó más a los jueces y por lo tanto, obtuvo un porcentaje más alto de aceptabilidad de lo que se esperaba.

7. RECOMENDACIONES

En el desarrollo del proyecto de tesis se presentan algunas recomendaciones, para poder realizar con más satisfacción todas las partes que lo componen.

Una vez obtenidas las semillas de ramón, remojar en agua potable por 15 minutos, enjuagar las veces que sean necesarias hasta estar completamente limpias y remojar de nuevo en una solución de yodo 50-80 ppm durante 60 segundos, una vez limpios someter a secado o mantener en refrigeración, para evitar su contaminación.

En el caso del macal se recomienda que a la llega de este se deje remojado durante 15 minutos en agua limpia (para suavizar la tierra adherida), pasado éste tiempo cepillar y enjuagar las veces necesarias con agua limpia, posteriormente remojar en una solución de yodo 50-80 ppm durante 60 segundos, pelar, cortar y secar de inmediato para poder tener un buen manejo, evitando su contaminación.

Una vez obtenidas las harinas, guardarlas en lugares frescos y secos, ya sea en bolsas o en botes de plásticos con su respectiva tapa de rosca.

Para la pasta se sugiere tener en cuenta el proceso de secado, el tiempo y temperatura ya que es una parte fundamental para la calidad de la pasta.

Realizar un análisis HACCP, para determinar los puntos críticos en cada una de las etapas del proyecto, para garantizar la inocuidad del producto final.

Respecto a los equipos, se recomienda que los laboratorios y talleres, cuenten con equipos estandarizados, ya que se convierte en una limitante para poder desarrollar las investigaciones y proyectos.

Este proyecto, ha sido de gran ayuda para desarrollar habilidades de investigación, y poner en práctica todo lo aprendido durante los años de carrera, ya que uno solo se va desenvolviendo, pudiendo conocer la capacidad para salir adelante. Es muy bonito poner en práctica la especialidad en gestión y diseño en los procesos de la inocuidad, a través de este proyecto.

Se debe tener en cuenta que la toma de decisión es un aspecto muy importante ya que influye directamente con avance del proyecto, así mismo hay que tener compromiso para poder desarrollar bien las cosas. Me llevó a tener responsabilidad, para con mis asesores, pero al mismo tiempo conmigo. Entendí por qué fueron importantes cada una de las asignaturas que se vieron durante todos estos años, ya que sin darme cuenta desarrollé cada una de ellas al realizar, investigaciones, cálculos estadísticos y matemáticos, prácticas de laboratorios, elaboración y diseño de productos, entre varias cosas más.

8. BIBLIOGRAFIA

- Abecassis, J.; Faure, J.; Feillt, P. (1984). improvemet of cooking quality of maize pasta products by heat treatment. *Sci food Agricul*, 475-85.
- Acheampong, P.; Oseiadu, J.; Amengo, E.; Sagoe, R. (2015). *Cocoyam value chain and Benchmark study in ghana*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/274953291_Cocoyam_Value_Chain_and_Benchmark_study_in_Ghana?channel=doi&linkId=552cf54b0cf29b22c9c48c36&showFulltext=true
- Alimentos Argentinos*. (2017, Septiembre 17). Retrieved from Argentinos Protocolo de calidad para pasta seca: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Sello/sistema_protocolos/SAA034_Protocolo_de_Calidad_Pasta_Seca_oficializado.pdf
- Alvidrez, A.; Gonzales, B.; Jimenez, Z. (2002). Tendencia en la produccion de aliemntos: alimentos funcionales. *Revista Salud Publica y Nutricion*, 1-6.
- Anderson, R. P.; Vicente, C. P. (2000). *Microbiologia alimentaria*. Madrid España: Rustica-Hilo. S. L.
- Aragón, U. R. (1990). *Caracterización preliminar del ramón (Brosimum alicastrum Swartz), in situ en el bosque muy húmedo subtropical cálido de Peten, Guatemala*. Universidad de San Carlos Guatemala.
- Arévalo, A.; Bresaani, R. (2013). Respuesta glicémica de la semilla de Ramón (Brosimum alicastrum) en mujeres de 16 a 25 años de edad, residentes de la ciudad capital. *Revista 25 de La Universidad de Guatemala*, 66-71.
- Arukhan, T.; Pennington, J. (2005). Arboles tropicales de México. *Fondo de cultura economica*, 138.
- Assefaw, E.; Sarkar, A.; Carson, G. (2006). Evaluation of durum wheat fine flour. *Cereal Foods World*, 51:178-183.
- Astaíza, M.; Ruíz, L.; Eizalde, A. (2010). *Elaboracion de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (Chenopodium quinoa wild.) y*

- zanahoria (Daucus carota)*. Retrieved from Scielo, Universidad del Cauca - Facultad Ciencias Agropecuarias, Popayán, Colombia. p. 48.
- Avila, M. (2013). *Cocoyam y espinaca de agua podrían mejorar la*. Agroentorno.
- Ayala, A.; Sandoval, S. M. (1995). Establecimiento y producción temprana de forraje de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en plantaciones a altas densidades en el norte de Yucatán, México. *Agroforestería de Las Américas*, 1-7.
- Burgues, M. (2021, Agosto 04). *Ok salud* . Retrieved from propiedades de la malanga : <https://okdiario.com/salud/propiedades-malanga-beneficios-salud-3672872>
- CABI. (2013). *Invacive species compendium*. Retrieved from <https://doi.org/10.1094/pdis>
- Carter, C. (2015). Chemical and Functional Properties of Brosimum Alicastrum Seed Powder (Maya Nut , Ramón Nut). *Clemson University, USA*.
- Castellanos, R.; Moreno, P.; Estrada, W. (2011). Guía Técnica del Ojushte (*Brosimum alicastrum*) una alternativa al cambio, manejo y estableciminto en campo. *Guía Técnica del Ojushte*. Retrieved from una alternativa al cambio, manejo y estableciminto en campo.
- Chukwu, G.; Ekwe, K. ; Anyaeche, S. (2008). Cocoyam production and isage in nigeria. *National Root Crops Researh Institute (NRCRI)*, 2.
- CONABIO. (1972). Retrieved from Brosimum alicastrum: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/47-morac1m.pdf
- DOF. (1980, Julio 7). Retrieved from Norma Oficial Mexicana NOM. F-23-S-1980, Pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades. (Esta norma cancela la NOM-P-23-S1979).: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4857471&fecha=24/07/1980
- DOF. (1980, Julio 24). *Diario Ofical De La Federacion*. Retrieved from Norma Oficial Mexicana NOM. F-23-S-1980, Pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades.: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4857471&fecha=24/07/1980

- DOF. (2003, Agosto 8). Retrieved from NORMA Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003
- Doku, E. (1966). Root crops in ghana. *ghana journal of science*, 15-36.
- Domínguez, M. (2007). *Guía para la elaboración sensorial de Alimentos*. Lima: CIAT.
- Dominguez, M. R. (2007). *Guia Para la Evaluacion Sensorial de Alimentos*. Lima.
- ENSANUT. (2020). Retrieved from Encuesta Nacional de Salud y Nutricion 2018.19: resultados nacionales : https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_informe_final.pdf
- FAO. (2012). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO statistical yearbook. World food and agriculture*. Retrieved from Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Flaster, T. (2007). *Brosimum Alicastrum SW.) And B. Alicastrum- Derived Ingredients for use in Traditional Foods Generally Recognized as Safe (GRAS) Self*. Retrieved from Affirmation Report.
- Fuchs, L. (2020, Fbrero 12). *Guía para distinguir los diferentes tipos de harina de trigo: en qué se diferencian y cómo usar cada una*. Retrieved from Directo al paladar: <https://www.directoalpaladar.com/ingredientes-y-alimentos/guia-para-distinguir-diferentes-tipos-harina-trigo-que-se-diferencian-como-usar-cada>
- Gottau, G. (2012, Junio 14). *Diseño al paladar*. Retrieved from La pasta, no sólo una excelente fuente de energía: <https://www.directoalpaladar.com/salud/la-pasta-no-solo-una-excelente-fuente-de-energia>
- Granito M; Ascanio V. (2009). Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. 71-77. Retrieved from Desarrollo y transferencia tecnologica de pastas funcionales extendidas con leguminosas.

- Granito, M.; Perez, S. ; Valero, Y. (2014). calidad de coccion, aceptabilidad e indice glicemico de pastas largas enriquecidas con leguminosas. *Rev Chil Nutr*, 425-432.
- Hernández, V.; Munguía, A.; Monforte, G. (2015, Noviembre 20). *Caracterización De La Producción Con Árboles De Ramón (Brosimum Alicastrum Sw.) Y Sus Derivados Para El Desarrollo Sustentable De La Región Sur Del Estado De Yucatán*. Retrieved from <http://ru.iiiec.unam.mx/2855/1/Eje3-120-Hernandez-Munguia-Monforte.pdf>
- Karikari, S. (1979). preliminary evaluation of 14 puerto rican and six ghanaian varieties of cocoyam (*Colocasia* and *Xanthosoma* spp.). *under ghanian conditions*, 615-627.
- Larque, A. (2013, Julio 24). El arbol ramon, opcion viable de alientos; complementa al maiz. *La jornada* , p. 1.
- Larqué-Saavedra, A. (2014). *Brosimum alicastrum*. Ramón. *Gaceta*, 6-33.
- Lezcano, E. (2009). *Alimentos Argentinos*. Retrieved from [pastas alimenticias: www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/46/cadenas/r46_05_PastasAlimenticias.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/46/cadenas/r46_05_PastasAlimenticias.pdf)
- Marchylo, B.A. ; Dexter, J.E. (2001). *Cereals Processing*. (O. G, Ed.) Inglaterra : Woodhead Publishing Limited. Retrieved from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2694/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martinez, R.N.; Larque, S.A. (2013). semilla de ramon. *Alimentos autoctonos*, 27-30.
- Martinez-Ruiz N.R., del Hierro-Ochoa J.C., Larque-S,A. (2019). Bebida adicionada con *Brosimum alicastrum* Sw.: una alternativa para requerimientos dietarios especiales. *Salud publica y Nutricion*, 18 (3), 1-10.
- Matsuo, R.; Bradley, J.; Irvine, G. (1972). Effect of protein content on the cooking quality of spaghetti. *Cereal Chem*, 707-11.
- Meiners, M.C.; Sanchez, G. (2009). El ramon: fruto de nuestra cultura y raiz para la conservacion. *CONABIO. Biodiversitas*, 87: 7-10.

- Morales, O.E.; Herrera, T.G. (2009). *Romon (Brosimum Alicastrum Swartz) protocolo para su colestá, beneficio y almacenamiento*. Retrieved from CONAFOR: [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/1301RAMON%20\(Brosimum%20alicastrum%20Swartz.\)%20Yucat%C3%A1n.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/1301RAMON%20(Brosimum%20alicastrum%20Swartz.)%20Yucat%C3%A1n.pdf)
- Morato, N. (2009, Marzo 3). Retrieved from https://www.quiveter.com/ftp_public/A3020409.pdf
- Onokpise, O.U.; Wutoh, J.; Ndzana, X.; Tambong, J.; Meboka, M.; Sama, A.; Bruns, M. (1999). Evaluation of macao cocoyam germplasm in cameroon. *perspectives on new crops and new use*, 393-396.
- Opara, L. (2003). Food and agriculture Organization of the United Nations. *Post Harvest Operation*.
- Palomino C., Molina Y., Perez E. (2009). Composición proximal y evaluación de las propiedades físicas y fisicoquímicas de las harinas de la parte comestible y cascara de los aroides: Colocasia esculenta y Xanthosoma sagittifolium. *Universidad central de Venezuela*, 3-4.
- Palomino, C.; Molina P.; Pérez, E. (2010). *Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela*. Retrieved from Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de Colocasia esculenta (L.) Schott y Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott: https://www.researchgate.net/profile/Elevina-Perez-2/publication/230800798_Physical_and_chemical_characterization_of_flour_and_starches_of_tubers_of_Colocasia_esculenta_L_Schott_and_Xanthosoma_sagittifolium_L_Schott/links/0fcfd5048b36e3c0fd000000/Physical
- Peters, C. & Pardo T.E. (1982). Brosimum alicastrum (Moraceae): uses and potential in Mexico. *Econ Bot* 36, 166-175.
- Peters, C.; Pardo, T.E. (1982). Brosimum alicastrum (Moraceae): Uses and Potential in Mexico. *Economic Botany*, 166-175.
- Petitot, M.; Abecassis, J.; Micard, V. (2009, Diciembre). *Trends in Food Science & Technology*. Retrieved from Structuring of pasta components during

- processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224409002064>
- Pino, J. (2003). *evaluacion nutricional y sensorial de estruidos de maiz (Zea mays) y ocumo (Colocasia esculenta) y su uso en bebidas*. Maracay, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Ramanatha, R.; Matthews, P.; Eyzaguirre, P.; Hunter, D. (2010). *The global diversity of taro: Ethnobotany and conservation*. Rome, Italy: bBiodiversity international.
- Ruiz, E. (2013, Octubre 23). *EL arbol ramon, una alternativa alimetaria*. Retrieved from El economista: <https://www.eleconomista.com.mx/arteseideas/El-arbol-ramon-una-alternativa-alimentaria-20131023-0076.html>
- Sosa, M. (2015, Septiembre 17). *Innatia*. Retrieved from Alimentos funcionales: pastas para prevenir enfermedades del corazon: <http://www.innatia.com/s/c-alimentos-funcionales/a-alimentos-funcionales-pastas-para-prevenir-enfermedades-del-corazon-2147.html>
- The Food Tech*. (2018). Retrieved from Consumo en pastas en Mexico: <https://thefoodtech.com/historico/sobresale-el-consumo-de-pasta-en-mexico/>
- Tokpunar, H. K. (2010). *Chemical composition and antioxidant properties of maya nut (Brosimum alicastrum)*. Retrieved from Clemson University, USA.
- Torres, A. (2013, Enero). *Beneficios de brosumum alicastrum*. Retrieved from <https://www.yucatan.gob.beneficiomx/?p=ramon>
- Trust, C. (2010). *Edible Aroid Consevation Strategies*. Technical Report. Retrieved from Technical Report.
- Trust, C. (2010). *Technical Report*. Retrieved from Edible Aroid Conservation Strategies: <https://www.croptrust.or/wp-content/uploads/2014/12/EdibleAroids-FINAL-13Jan10.pdf>
- Urquía, N.; Fernández, D. (2014). *SciELO*. Retrieved from La seguridad alimentaria en México: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-

36342014000700014

- USDA. (2016). *National Nutrient database for Standard Reference*. Retrieved from Agricultural Research.
- Vaneker, K.; Slaats, E. (2013). Mapping edible aroids. *Iridescent Icograda*, 34-35.
- Vazquez, J. (2019, Diciembre 23). *Brosimum alicastrum: características, hábitat, usos, cultivo*. Retrieved from Lifeder: <https://www.lifeder.com/brosimum-alicastrum/>.
- Vegaffinity . (n.d.). Retrieved from Vegaffinity Harina de trigo: Beneficios e Información Nutricional: <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/harina-de-trigo-beneficios-informacion-nutricional--f146>
- Veraverbeke, W.S. ; Delcour, J.A. (2002). Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 179-208.
- Virginia, M.L.; Verónica, H.J.; Carranco, M.; Carrillo C. M.; Casas, R.R. (2018). *Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de “Malanga” Colocasia esculenta L. Schott) de Actopan, Veracruz, México*. Retrieved from Archivos latinoamericanos de nutrición: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2018/2/art-8/>

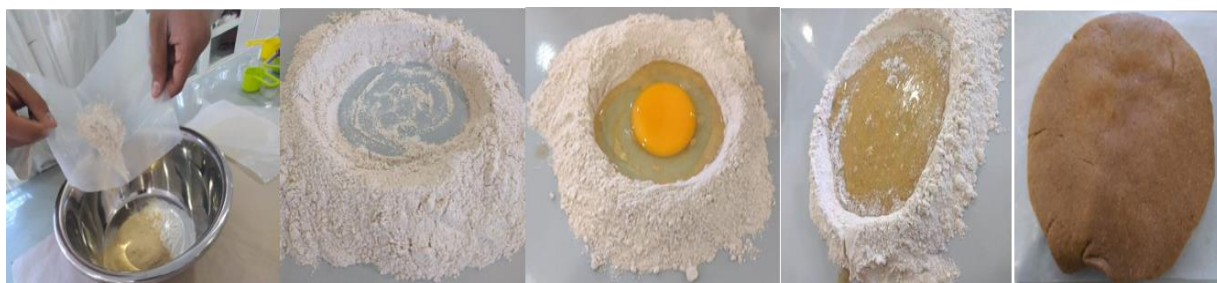
ANEXOS



Anexo 1: Secado y molienda de las semillas de ramón (fuente propia)



Anexo 2: Harina de ramón y macal



Anexo 3: Elaboración de la masa



Anexo 4: Elaboración de pastas



Anexo 5: Pasta con las mejores características, tratamiento 2 (HT 50%-HR 35%-HM 15%).