

Desarrollo de harina a base de arroz (*Oryza sativa*), amaranto (*Amaranthus spp*), morro (*Crescentia alata*) y chía (*Salvia hispanica*)

Perla Banessa Lopez Flores

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Desarrollo de harina a base de arroz (*Oryza sativa*), amaranto (*Amaranthus spp*), morro (*Crescentia alata*) y chía (*Salvia hispanica*)

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Perla Banessa Lopez Flores

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2020

Desarrollo de harina a base de arroz (*Oryza sativa*), amaranto (*Amaranthus spp*), morro (*Crescentia alata*) y chía (*Salvia hispanica*)

Presentado por:

Perla Banessa Lopez Flores

Aprobado:



Adriana Hernández Dra.
Asesora Principal



Adela Acosta, D.Sc.
Directora
Departamento de Agroindustria
Alimentaria



Sandra Espinoza, Mtr.
Asesora



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

Desarrollo de harina a base de arroz (*Oryza sativa*), amaranto (*Amaranthus spp*), morro (*Crescentia alata*) y chía (*Salvia hispanica*)

Perla Banessa Lopez Flores

Resumen. En los últimos años, cultivos milenarios como el amaranto y chía han cobrado más importancia por su aporte nutricional y los beneficios sobre la salud. El objetivo de este estudio fue desarrollar una harina fuente de fibra dietética y que aporte ácidos grasos esenciales. Se evaluaron tres tratamientos con una base: 50% de arroz, 25% de amaranto, diferentes porcentajes de chía y morro y un control. Se realizaron análisis microbiológicos, análisis sensorial de aceptación y análisis fisicoquímicos (granulometría, color, humedad, fibra dietética, perfil de ácidos grasos) en las instalaciones de la EAP. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, se realizó un ANDEVA, un análisis de correlación de Pearson y una separación de medias Duncan mediante el programa SAS versión 9.6. Los tratamientos y el control estuvieron por debajo de los límites microbiológicos permitidos. Los tratamientos obtuvieron una aceptación de ni me gusta, ni me disgusta, mientras que el control una calificación de me gusta moderadamente. Los atributos más influyentes sobre la aceptación general fueron textura y color. Se utilizaron las tablas del INCAP 2018 y la etiqueta nutricional de la harina control para determinar el aporte nutricional de los tratamientos. El control presentó atributos sensoriales más aceptados por el consumidor. La harina presentó mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados que contribuyen positivamente a la salud y un índice de estabilidad oxidativa de 4.36 horas. La harina es una excelente fuente de fibra dietética. Se recomienda evaluar la aceptación sensorial y aporte nutricional de un producto como panqueques elaborados con las harinas evaluadas.

Palabras claves: Ácidos grasos esenciales, atributos sensoriales, fibra dietética.

Abstract. In recent years, ancient crops like amaranth and chía have become more important to people due to their nutritional contribution and health benefits. The objective of this study was to develop a flour as a source of dietary fiber and providing essential fatty acids. Three treatments were evaluated: 50% rice, 25% amaranth and different percentages of chia and jicaro seeds. Microbiological, sensory acceptance and physicochemical analyzes (granulometry, color, humidity, dietary fiber, and fatty acid profile) were carried out at the facilities of the EAP Zamorano. A Random Complete Blocks design was used, an ANOVA analysis was performed, also a Pearson correlation analysis was made, and a Duncan mean separation was used. The treatments and the control were below the allowed microbiological limits. The treatments obtained an acceptance of neither like nor dislike, while the control a rating of moderately like. The most influential attributes on general acceptance were texture and color. The INCAP 2018 tables and the nutritional label of the control flour were used to determine the nutritional contribution of the treatments. The control presented the physical attributes most accepted by the consumer. The humidity of treatments and control were within the established parameters. Flour presented a greater amount of polyunsaturated fatty acids that contribute positively to health and a rancidity index of 4.36 hours. Flour is a source of dietary fiber. It is recommended to evaluate the sensory acceptance and nutritional contribution of a product such as pancakes made with these flours.

Key words: Dietary fiber, essential fatty acids, sensory attributes.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
4. CONCLUSIONES.....	21
5. RECOMENDACIONES.....	22
6. LITERATURA CITADA	23
7. ANEXOS.....	28

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Tratamientos para la elaboración de harina a base de arroz, amaranto, morro y chía	3
2. Resultados de análisis microbiológicos para la harina de arroz, de amaranto, de morro y chía (UFC/g).....	10
3. Resultados del análisis sensorial para los atributos evaluados en cada tratamiento.	12
4. Correlación significativa de los atributos evaluados con respecto a la aceptación general de los tratamientos.	13
5. Tabla de composición teórica según la Tabla de composición de alimentos del INCAP para una porción de 100 g de alimento (2018).	14
6. Resultados del análisis de color para las harinas de arroz, amaranto, chía, morro y el control en las escalas L* a* b*.	15
7. Resultados de análisis de granulometría fina para cada tratamiento.	16
8. Resultados del análisis de granulometría gruesa para cada tratamiento.	17
9. Porcentaje de humedad en los diferentes tratamientos.....	18
10. Resultados promedio de fibra dietética y horas de rancidez para el tratamiento 2.	18
11. Perfil de ácidos grasos para 100 g del tratamiento 2.....	19

Anexos	Página
1. El despegue del mercado de los productos sin gluten.	28
2. Índice de Estabilidad Oxidativa para el tratamiento 2, muestra 1.	28
3. Índice de Estabilidad Oxidativa para el tratamiento 2, muestra 2.	29
4. Índice de Estabilidad Oxidativa para el tratamiento 2, muestra 3.	29
5. Correlación de Pearson con su probabilidad por tratamiento.....	30
6. Etiqueta nutricional del tratamiento 2.	30
7. Portada del recetario para uso de la harina (elaborado por la autora).	31
8. Receta para hacer atol (elaborado por la autora).	32
9. Receta para hacer galletas (elaborado por la autora.).....	33
10. Receta para hacer panqueques (elaborado por la autora).	34
11. Receta para hacer mini panquecitos (elaborado por la autora).	35

1. INTRODUCCIÓN

Las personas celiacas presentan una afección autoinmune que causa una inflamación crónica en el intestino delgado en presencia de gluten en individuos genéticamente predispuestos, esto se conoce como intolerancia al gluten (Chojdak-Lukasiewicz *et al.* 2019). Se caracteriza por ser una reacción anormal del sistema inmune al grupo de proteínas prolaminas que se encuentran en los cereales como trigo, cebada, centeno y avena. El gluten es una proteína compuesta por gliadina y glutenina las cuales confieren propiedades viscoelásticas en alimentos como pan, pasteles y galletas elaborados a partir de trigo (Niro *et al.* 2019).

El Centro de Enfermedad Celiaca de la Universidad de Columbia (Estados Unidos) indica que una de cada 100 personas padece y/o tienen una prevalencia cercana a la enfermedad celiaca (EC) para una población en general (Green 2005). Se considera que de ese 1% un número significativo de pacientes son asintomáticos no diagnosticados siendo más propenso en las personas mayores a 40 años; las mujeres son más vulnerables de padecer esta enfermedad (Moscoso y Quera 2015).

La prevalencia de la EC en América del Sur fue de 0.4%, en América del Norte y África 0.5%, en Asia 0.6% y en Europa y Oceanía 0.8%. El estudio realizado por Singh *et al.* (2018) revela que la prevalencia de EC es significativamente mayor en niños que en adultos (0.9 vs 0.5%) aunque esto depende del sexo, la edad y ubicación. Estos datos parecen presentar una relación directa con los continentes donde tienen un consumo habitual de trigo (Muñoz 2018). El maíz es el cereal más producido (1,099.61 millones de toneladas métricas) a nivel mundial seguido del trigo (734.74 millones de toneladas métricas) y en tercer lugar se encuentra el arroz (495.87 millones de toneladas métricas) para 2018/2019 (Shahbandeh 2020b). La producción y consumo de trigo a nivel mundial en 2018/2019 posiciona a China, la Unión Europea, India, Rusia y Estados Unidos en los primeros cinco lugares de mayor producción y consumo (Shahbandeh 2020a; Statista Research Department 2020).

En la actualidad, solo se cultivan 170 especies de plantas comestibles aproximadamente, encabezando la lista el trigo, maíz y arroz. Mientras que otras plantas ancestrales como la chía, el amaranto, quinua, la semilla de ramón, etc., han sido desplazadas, subutilizadas y en algunos casos “olvidadas”. En los últimos años estos cultivos milenarios han cobrado más importancia y su demanda a nivel mundial va creciendo, en general contienen proteína de alta calidad, macronutrientes, vitaminas, minerales y fibra, además, de su aporte nutricional, los beneficios sobre la salud (Haros y Schonlechner 2017; FAO 2018).

Los cereales son la base de la alimentación a nivel mundial. Uno de los granos más consumidos a nivel mundial es el arroz (*Oryza sativa*) consumido por alrededor de 3.5 mil millones de personas, siendo los principales países consumidores China, India e Indonesia (Statista Research Department 2019). Este grano proporciona el 20% de energía, además, es fuente de tiamina, riboflavina y niacina; sin embargo, presenta a la lisina como aminoácido limitante (FAO 2004). El amaranto (*Amaranthus spp*) es considerado un pseudocereal de cultivo anual, ya que es una planta dicotiledónea. Su diversidad de especies hace que los colores del grano varíen desde el blanco hasta el beige, café, rojo, entre otros, y por lo general es producido en la zona Andina. Es un cultivo que ha tomado una gran relevancia en los últimos años gracias a su valor nutricional, por el aporte de

fibra dietética, vitamina E y B, minerales (fósforo, magnesio, calcio, hierro), pero sobre todo resalta la buena calidad de proteína, su alto contenido oscila entre un 15 a 17% y su digestibilidad es mayor al 80% (Mapes 2015). Generalmente la lisina es el aminoácido limitante, sin embargo, el amaranto es rico en este aminoácido. Está considerado como uno de los alimentos más saludables a nivel mundial, se utiliza en diversos productos como en sopas, ensaladas y harina como un excelente sustituto del gluten para la industria de repostería (Adhikary *et al.* 2020)

La chía (*Salvia hispánica*) es una planta oleaginosa, de la cual, se aprovechan sus semillas. Es un alimento con una baja demanda a pesar de su gran aporte nutricional como fuente de micronutrientes tales como los del complejo B, vitamina A y su efecto antioxidante que permite combatir los radicales libres, ayuda a prevenir enfermedades crónico-degenerativas. La chía está constituida por un 40% de aceites del cual el 60% es ácido α -linolénico, 20% proteínas, vitaminas, minerales, antioxidantes y fibra (Carrillo *et al.* 2017).

El morro o jícara (*Crescentia alata*) es un árbol tropical cultivado en Mesoamérica y el Caribe, el cual ha permanecido desapercibido a pesar de sus propiedades medicinales y nutricionales. La harina de morro es una potencial fuente de proteínas y triptófano. El germen del morro es una notable fuente de ácidos grasos insaturados, destacando el ácido oleico con 24.3 g/ 100 g que aporta omega 9 y el ácido linoleico 7.7 g / 100 g, además de omega 6, que son ácidos esenciales para el organismo (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua 2014).

El mercado libre de gluten presentó una proyección de crecimiento anual del 5% desde el año 2015 hasta el 2021 (Food News Latam 2016), dominando el mercado de estos productos Europa y Estados Unidos. Las personas celiacas como las no celiacas lo han incorporado a su dieta como un nuevo estilo de vida buscando una dieta más sana, bajar de peso, disponer de mayor energía, entre otros. El 24% de los productos libres de gluten lo representa el área de panadería, galletas y snacks (ProChile 2016).

El propósito de este estudio fue realizar una harina con características fisicoquímicas convenientes y aceptables por el consumidor, para lo cual se establecieron los siguientes objetivos:

- Determinar la formulación de una harina a partir de: *Oryza sativa*, *Amaranthus* spp, *Crescentia alata* y *Salvia hispánica* sensorialmente más aceptable.
- Identificar el efecto de la adición de semillas de morro y chía sobre las características físicas de color y granulometría.
- Establecer el aporte nutricional de la fibra y los ácidos grasos del tratamiento más aceptado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se realizó en las instalaciones de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), donde se realizaron análisis de granulometría, colorimetría, rancimat, humedad y análisis de fibra dietética, en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ) y en el Laboratorio de Análisis Sensorial, ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, localizada en el km 30, carretera de Tegucigalpa hacia Danlí, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Materia prima

Para este estudio se utilizó harina de arroz marca doña Toña, grano entero de amaranto marca Roland, semillas de chía y semillas de morro marca del Bosque. El estudio se desarrolló en tres fases, enumeradas y explicadas a continuación:

Fase 1. Desarrollo, elaboración, formulación y selección sensorial de la harina de arroz, amaranto, morro y chía

Para establecer los tratamientos, se consideró como base la harina de arroz (50%) y amaranto (25%), es decir, que su valor no va a variar en ninguno de los primeros 3 tratamientos como se muestra en el Cuadro 1. Los porcentajes de chía y morro se determinaron a partir de pruebas preliminares, en las cuales se elaboraron diversos productos como panqueques, galletas, atol y mini panquecitos. Con el fin de determinar si era factible la elaboración de un producto con las formulaciones establecidas y establecer algunos posibles usos de la harina. Además, se realizó un análisis sensorial de la harina, con una escala hedónica de 5 puntos, en donde se evaluaron los atributos de apariencia, color, olor, textura y aceptación general.

Cuadro 1. Tratamientos para la elaboración de harina a base de arroz, amaranto, morro y chía.

Harina	Variables (%)			
	Arroz	Amaranto	Morro	Chía
Control	100.00	0	0	0
TRT 1	50.00	25.00	12.50	12.50
TRT2	50.00	25.00	10.00	15.00
TRT3	50.00	25.00	15.00	10.00

Procedimiento para la preparación de la muestra

Preparación del área de trabajo. La mesa de trabajo, los utensilios, los recipientes, la balanza, la bandeja, la plancha y el procesador se lavaron antes de usar, luego se desinfectaron con una solución de cloro a 200 ppm, este paso se realizó nuevamente al finalizar la preparación.

Preparación de muestras. Se estableció como control una harina de arroz comercial originaria de Santa Rosa de Copán (Honduras). Al momento de adquirir el resto de los ingredientes, se procedió a seleccionar los granos de morro de acuerdo con el color y forma, eliminar los granos con manchas y dañados, hornear en algunos casos, molerlos para realizar la harina individual de cada uno y al final realizar las mezclas pertinentes.

Para elaborar la harina de amaranto, se adquirió el grano en el supermercado Mas X Menos de Tegucigalpa. Primero, se debe de tostar el grano hasta que se expanda (reviente), ya que según estudios realizados por Cano (2019) esto permite mejorar las características organolépticas y vuelve la proteína más digerible. Se requirió de una plancha eléctrica Presto 07047, papel aluminio, bandeja, y una espátula. La temperatura de la plancha fue aproximadamente de 180 °C, se colocó entre 1 y 2 g de amaranto y se cubrió con papel aluminio para conservar el calor y así evitar que al expandirse se desaprovecharan los granos. Al segundo #7 comenzaron a expandirse los granos como en forma de diminutas “palomitas” y se dejó en la plancha hasta que emanara un olor característico del amaranto que es aproximadamente entre los segundos #9 y 12. Cabe resaltar que no todos los granos se expanden, pero, si logra incrementar su tamaño generalmente.

Para preparar la harina de morro, se adquirió el grano marca del Bosque en el puesto de ventas Zamorano, al igual que la chía. Se seleccionaron los granos de morro y se removieron las impurezas como fragmentos de corteza, granos dañados, quebrados, con machas; para utilizar granos uniformes. Los granos se colocaron en una bandeja de aluminio plana, se precalentó el horno de convección modelo Turbolino a gas marca Turbolino a 121 °C por 15 minutos, luego se colocó la bandeja con los granos dentro del horno por 30 minutos y se dejó enfriar (Alvarado 2016).

Una vez realizados los pasos anteriores para preparar la muestra de amaranto y morro, estuvieron listos para su molienda individual. El procesador de alimentos, modelo FP41s-1, es un recipiente de acero inoxidable con una cubierta transparente y una cuchilla de dos aspas, que se utilizó para la molienda del amaranto expandido y del morro. Las dimensiones del equipo son de 34 L × 25.9 A × 43.7 h cm, que trabaja a 1,725 rpm y se encuentra en las instalaciones de la PIA. La chía se adicionó a las mezclas de harina de forma entera o en grano, sin aplicarle ningún tratamiento previo.

Procedimiento para realizar los análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos se realizaron una vez en el LMAZ, se preparó cada una de las muestras de materia prima de manera individual, a la harina de arroz, de amaranto, de morro y a los granos de chía ya que se utilizaría el mismo lote para preparar las muestras que se degustarían.

Según la “Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano” (Minsa 2003), en el capítulo IV de los grupos de alimentos y criterios microbiológicos, en la sección 5 “Granos de Cereales, Leguminosas, Quenopodaceas y Derivados (Harinas y Otros)”, subsección 5.2 “Harinas y Sémolas”, establece realizar análisis de mohos, *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Estos análisis se llevaron a cabo por los métodos aprobados del LMAZ.

Materiales y equipos. Para realizar estos análisis se requirió de platos Petri, pipetas estériles, bulbo, tubos de ensayo, gradillas, mechero, recipientes para colocar el material contaminado, vasos

de precipitado, asa, bolsa de basura, un agitador (vortex), un homogenizador en plancha, el homogenizador stomacher e incubadoras.

Análisis de *Escherichia coli* por vaciado en placa. Se utilizó el método EC-FDA-VP. Se preparó 10 g de muestra por cada materia prima (la harina de arroz, harina de amaranto, harina de morro y los granos de chía) y se colocaron en una bolsa estéril. Se limpió el área de trabajo con alcohol al 70%, se procedió a realizar la respectiva etiqueta (análisis, muestra, dilución, fecha y código), luego se colocó la bolsa estéril con la muestra en un recipiente, se le agregó 90 mL de agua peptonada. Se procedió a llevar la muestra al stomacher, pero antes de ingresarla se desinfectó con alcohol, se retiró el aire de la muestra y se colocó por un minuto, esto le permite a la muestra que se mezcle bien con el agua peptonada. Esta muestra homogénea era la dilución 10^{-1} , con una pipeta estéril y un bulbo se retiró 1 mL procurando que la boquilla de la pipeta no tocara otra superficie y se colocó en el centro del plato Petri, luego se colocaron 15 mL de Agar Bilis Rojo Violeta con MUG (ABRV con MUG) se movió el plato Petri a favor del reloj seis veces, en contra del reloj, hacia arriba y hacia abajo, luego se dejó que se solidificara y se agregaron 5 mL más de ABRV con MUG, se dejó nuevamente que se solidificara. Se invirtió el plato Petri y se colocó dentro de una incubadora a 35 °C por 24 horas, pasadas las 24 horas se realizó la lectura de los análisis, conteo de colonias, expresando los datos en UFC/g. Este procedimiento se realizó para cada una de las muestras: harina de arroz, de amaranto y de morro, mientras que la chía se utilizó en forma entera por lo que fue necesario colocarle un filtro a la pipeta y filtrar el agua peptonada con chía.

Análisis de hongos y levaduras. Para este análisis fue necesario realizar dos diluciones (10^{-1} , 10^{-2}). El mismo día que se realizó el análisis de *E. coli*, se realizó el análisis de hongos y levaduras para aprovechar la materia prima. Antes de comenzar, se rotularon los tubos de ensayo y los platos Petri (análisis, muestra, dilución y fecha, código). Con la muestra que ya se había preparado de *E. coli* (dilución 10^{-1}) se tomó una pipeta estéril y un bulbo para colocar 1 mL en un plato Petri y luego se agregó 15 mL de Agar Rosa Bengala + Cloranfenicol (ARBC), se movió el plato Petri a favor del reloj seis veces, en contra del reloj, hacia arriba y hacia abajo, luego se dejó que se solidificara, se invirtió el plato Petri y se colocó en la incubadora de hongos a 25 °C por tres días.

De la misma muestra (dilución 10^{-1}) con una pipeta estéril y un bulbo se tomó 1 mL y se colocó en un tubo de ensayo que contenía 9 mL de agua peptonada, creando la dilución 10^{-2} . Se colocó en un vortex por un minuto y luego con una nueva pipeta estéril y un bulbo se tomó 1 mL del tubo de ensayo, se colocó en un plato Petri y luego se agregó 15 mL de ARBC. Se movió el plato Petri a favor del reloj seis veces, en contra del reloj, hacia arriba y hacia abajo, luego se dejó que se solidificara, se invirtió el plato Petri y se colocó en la incubadora de hongos a 25 °C por tres días. Pasado los tres días se hizo una lectura de resultados, sin embargo, para confirmar que no crecieran hongos o levaduras se colocó nuevamente en la incubadora y se dejó por dos días más, pasados los cinco días, se realizó una nueva lectura de resultados y se procedió a descartar las muestras. Este procedimiento se realizó para cada una de las muestras: harina de arroz, harina de amaranto, harina de morro y granos de chía.

Análisis de *Salmonella* spp. Para realizar este análisis se prepararon 25 g de harina de morro y 25 g de harina de amaranto.

Día 1. Se desinfectó el área de trabajo con alcohol al 70% y se etiquetó las muestras. A la muestra se le agregó 225 mL de caldo lactosado, se desinfectó el stomacher, se retiró el aire de la bolsa y

se colocó en el equipo durante un minuto. Se retiró y se colocó en un vaso de precipitado la muestra dejando ligeramente oxígeno dentro de la bolsa y se introdujo en la incubadora a 35 °C por 24 horas.

Día 2. Se retiró la muestra de la incubadora, se colocaron los vasos de precipitado en la plancha homogeneizadora por cinco minutos. En una gradilla había dos tubos de ensayo (respectivamente rotulados), uno contenía 9 mL de caldo rappaport vassiliadis y el otro contenía 9 mL de base de caldo tetraionato. Con la muestra homogenizada y ayuda de una pipeta estéril y un bulbo se extrajo 1 mL de la muestra y se colocó en cada tubo de ensayo, luego se introdujo en la incubadora a 35 °C por 24 horas.

Día 3. Se desinfectó el área de trabajo con alcohol al 70%. La encargada de laboratorio preparó seis platos Petri con medios selectivos: Agar Sulfito de Bismuto, Agar XLD (Agar Xilosa Lisina Desoxicolato) y Agar Entérico Hektoen (dos platos Petri de cada medio). Se retiró la gradilla con los tubos de ensayo que estaban en la incubadora, se homogenizaron en el vortex. Se encendió el mechero y se desinfectó el asa, se dejó enfriar, se tomó un tubo de ensayo, se introdujo el asa y luego se sembró en la mitad de un plato por medio del método Frobisher. Este paso se repitió para cada uno de los medios selectivos y para cada tubo de ensayo. Luego se procedió a ingresarlos en la incubadora a 35 °C por 24 horas.

Día 4. Se realizaron las pruebas bioquímicas (confirmatorias). La encargada de laboratorio preparó una gradilla con dos tubos de ensayo con Agar LIA, dos tubos con Agar Hierro Triple Azúcar (TSI) y dos tubos con Caldo Urea.

Se retiraron de la incubadora los platos Petri que se habían sembrado el día anterior. Se observaron las colonias y se determinó la presencia de posibles colonias sospechosas. Se tomó una colonia que estuviera aislada y con un asa esterilizada se picó la colonia, se introdujo dos veces hasta la mitad del medio TSI y luego se le hizo un estriado sencillo hasta el final del tubo. Con la misma asa se hizo el mismo procedimiento para medio LIA. Se esterilizó el asa y nuevamente se tomó una colonia, se colocó una gota en el caldo urea y se agitó.

Según la hoja técnica de cada medio, una colonia sospechosa de *Salmonella* dependiendo del medio presenta las siguientes características en agar sulfito de bismuto: colonias de color negro con brillo metálico, agar Xilosa Lisina Desoxicolato: colonias con centro negro y una zona ligeramente transparente de color rojizo debido al cambio de color del medio o pueden ser colonias de color amarillo y en agar entérico Hektoen: colonias verdes-azuladas con o sin centro negro.

Procedimiento para realizar el análisis sensorial

Preparación de materiales. En el Laboratorio de Evaluación Sensorial se prepararon 200 g de muestra de harina por tratamiento. Se utilizaron unas copas previamente codificadas con tres dígitos para evitar factores que influyeran en la decisión del panelista, se añadieron 10 g de muestra por copa las cuales fueron colocadas en una bandeja y entregada al panelista. Para este estudio se hicieron tres repeticiones (35 personas aproximadamente), con un total de 100 panelistas no entrenados que eran estudiantes y empleados de la EAP, entre un rango de edad de 17 y 46 años.

Prueba de aceptación. Se condujo una prueba sensorial de aceptación de la harina donde se evaluaron los atributos de apariencia, color, olor, textura y aceptación general mediante una escala hedónica de 5 puntos, siendo 1 me disgusta mucho y 5 me gusta mucho. En el laboratorio se colocó en cada cubículo una bandeja con las 4 muestras y una encuesta, después de 3 rondas de panelistas se procedía a remover la harina y se cambiaba por una nueva para evitar que sus características, como el olor, se desvanecieran.

Determinación del aporte nutricional. Se utilizó la tabla de composición de alimentos del INCAP para determinar el aporte de los granos de amaranto, morro y chía; como el arroz utilizado fue una harina comercial se utilizó la etiqueta nutricional brindada en el empaque y con ello se determinó su aporte nutricional en una porción de 100 g de alimento.

Análisis estadístico. Para la prueba de aceptación se usó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. La información recopilada en la prueba de aceptación se analizó mediante un análisis de varianza tomando como fuente de variación los tratamientos y panelistas. Para la selección de la harina se hizo una separación de medias DUNCAN por atributo para determinar si diferían estadísticamente y establecer cuál de los tratamientos tenían medias más cercanas al valor 5 que significa me gusta mucho y se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar cuáles eran los atributos de mayor influencia sobre la aceptación general; estos análisis se hicieron a través del programa SAS (Statistical Analysis Software) versión 9.4.

Fase 2. Caracterización física de los diferentes tratamientos

Análisis físicos. Previo a realizar los análisis físicos se prepararon 150 g de muestra por tratamiento. Para ello se prepararon las muestras individualmente, es decir, harina de arroz, harina de amaranto, harina de morro y el grano de chía como se menciona en el inicio y luego se mezcló para obtener una muestra homogénea.

Análisis de colorimetría. Se realizó mediante el colorímetro Colorflex Hunter Lab con el método AN 1018.00. El colorímetro utiliza una escala de L^*a^*b . valor L indica la claridad (negro (0) / blanco (100)), el valor a indica la tonalidad de verde (-) a rojo (+) y el valor b indica los colores que van de azul (-) a amarillo (+). Se estandarizó el equipo antes de colocar las muestras. Se pesaron 3 g aproximadamente y se colocaron en la taza de forma que no entre luz a través de la muestra, se colocó en el equipo, se tapó y se realizó su lectura.

Análisis de granulometría. Para realizar este análisis se utiliza el método AOAC 965.22, una serie de tamices con diferentes diámetros que fueron ensamblados en una columna. Primero se limpiaron los tamices para evitar que tuvieran residuos de muestras anteriores en la malla, se pesaron individualmente y se anotó el peso. En la parte superior, se encuentra el tamiz #20 con el mayor diámetro (850 μ m) donde se colocaron 50 g de muestra que fue distribuida uniformemente. Se sometió a 10 minutos de vibración y movimientos rotatorios en un agitador de tamices. Se retiraron los tamices y se desensamblaron, tomando el peso individual del tamiz con el material retenido, el peso final debe corresponder a la cantidad de muestra inicial.

Fase 3. Análisis químicos de la harina.

Análisis químicos. Previo a realizar los análisis químicos se prepararon 800 g de muestra del tratamiento seleccionado en la fase anterior. Para ello se prepararon las muestras individualmente (harina de arroz, harina de amaranto, harina de morro y granos de chíá) y se mezcló para obtener una muestra homogénea.

Análisis de humedad. Se realizó mediante el método AOAC 950.46B. Se lavaron los crisoles con acetona, se secaron en el horno a 105 °C durante una hora. Utilizando una pinza se colocaron los crisoles en el desecador por 30 minutos para que se enfriaran y se etiquetaron. En una balanza analítica se pesaron los crisoles, se anotó su peso, y luego se pesaron 3.000 ± 0.005 g de muestra. Se colocaron en el horno a 105 °C por 18 horas. Se sacaron las muestras del horno y se colocaron en un desecador por 30 minutos. Se pesó el crisol con la muestra seca y se anotó el dato para determinar el porcentaje de humedad.

Análisis de fibra dietética. Se utilizó el método AOAC 985.29. Debido a que la muestra de harina contenía más del 10% de grasa, primero se extrajo la grasa de la muestra con hexano en una relación 2:1 (hexano: muestra), se agitó por una hora, luego se filtró en un embudo büchner sobre un kita sato, para extraer la grasa a través de una bomba al vacío (esta grasa se guardó para utilizarla en el análisis OSI). Se pesó 1.000 ± 0.005 g sobre un crisol fibertec y se agregaron 100 mL de solución buffer fosfato. Se añadió 100 µL de alfa amilasa, se cubrió el crisol con papel aluminio y se puso a baño María por 15 minutos a 95 °C (agitando cada cinco minutos), se dejó enfriar para agregar 100 µL de proteasa y 10 mL de NaOH para llevar el pH entre 6 y 6.4; se colocó nuevamente en un baño María a 65 °C por 30 minutos, se dejó enfriar para agregar 10 mL de HCL para obtener un pH entre 4.0 y 4.6. Se agregaron 100 µL de amiloglucosidasa y se colocó nuevamente en un baño María de 65 °C por 30 minutos. Se calentó etanol al 95% a 50 °C y se agregaron 250 mL en el crisol fibertec y se dejó enfriar por una hora. En unos filtros de vidrio previamente limpios se pesó 1 g de célite (agente filtrante) que permite retener las moléculas de fibra, este proceso se llevó a cabo con una bomba al vacío, se hicieron tres lavados con 20 mL de alcohol al 78%, 20 mL de alcohol al 95% y 20 mL de acetona. Se dejó en el horno durante 15 horas aproximadamente a 105 °C y luego se colocaron en la mufla a 550 °C por cinco horas para que se incinerara la muestra y se pesó nuevamente el crisol.

Análisis índice de estabilidad oxidativa. Se usó el método AOCS Cd 12b-92 para determinar la estabilidad de la oxidación de las grasas por medio de rancimat. Se lavaron los tubos de ensayo, tazas y varillas con detergente al 1% (Alconox). Se puso a calentar el detergente con agua desionizada hasta antes de alcanzar su punto de ebullición, se lavaron los tubos brevemente y se enjuagaron con agua desionizada, se colocaron en un rack con posición vertical para llenar los tubos y tazas hasta la mitad con detergente. Se pusieron a hervir durante 30 minutos. Se lavaron nuevamente los tubos y se dejaron sumergidos en agua desionizada durante 1 hora. Se enjuagaron nuevamente con agua desionizada fresca y se colocaron en el horno a 105 °C por 30 minutos y se dejaron enfriar. Se pesaron 0.5 g de grasa extraída de la harina con cuidado de que la muestra no tocara las paredes del tubo de ensayo. Se abrió el programa de rancimat, se programó el equipo (892 Professional Rancimat) a una temperatura de 110 °C, con 60 mL de agua desionizada en la taza. Se dejó la muestra hasta que el equipo finalizó, después de varias horas se produjo una gráfica en la cual se expresan los resultados como tiempo de inducción (horas).

Análisis de perfil de ácidos grasos. Se utilizó el método AOCS Ce 2-66. Primero se extrajo la grasa por medio del equipo Soxlet, para ello se pesaron 2 g de célite y 2 g de muestra en un dedal, se le colocó algodón para formar un tapón y se añadió 160 mL de hexano. Se incorporó la estructura en el equipo y se dejó por 4 horas. En el rotovapor se extrajo el hexano de la muestra y se colocó por 30 minutos aproximadamente en un horno al vacío a 40 °C. En el balón con grasa se agregaron 1.6 mL de isooctano, se agitó y con una pipeta se colocaron en un tubo de ensayo donde se agregaron 1 mL de KOH metanólico al 2 M y se agitó por ocho minutos en el vortex, se dejó reposar 10 minutos para que se presenciara la separación de dos fases. De la fase superior se extrajeron 300 microlitros y se colocaron en otro tubo de ensayo en donde se añadieron 4 mL de isooctano y 1 g de sulfato de sodio, se agitó nuevamente 8 minutos y 10 minutos de reposo. Se extrajo 1 mL y se colocó en el vial para ponerlo en el cromatógrafo de gases. Luego se obtuvo una gráfica la cual se integró y mediante unos datos estándar se determinó cual era el ácido graso presente en la muestra.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentarán según las fases realizadas, iniciando por los análisis microbiológicos ya que para realizar las pruebas preliminares y poder consumir el producto se debía estar seguro de que cumplía con las normas de inocuidad, para continuar con los resultados de la evaluación sensorial realizada a la harina. Con los resultados del análisis estadístico, el apoyo de la tabla de composición de alimentos (INCAP 2018) y la etiqueta nutricional de la harina de arroz se determinó cual era el tratamiento a seleccionar y su composición nutricional. Después se presentan los análisis físicos y de humedad realizados a los 4 tratamientos y finalmente se exponen los análisis químicos de fibra dietética y ácidos grasos que se le realizaron exclusivamente al que se consideró como tratamiento seleccionado.

Análisis microbiológicos. Para definir la aceptabilidad de un alimento dentro de la industria se han establecido parámetros microbiológicos que garantizan la calidad sanitaria e inocuidad del producto. Para las harinas se utilizaron los valores límites de tolerancia definidos por la Norma peruana (Minsa 2003). Estableciendo un límite de tolerancia para *Escherichia coli* < 10 UFC/ g, para mohos 10^4 UFC/ g y para *Salmonella* spp. Ausencia/ 25 g. Los análisis se llevaron a cabo de forma individual para cada muestra; harina de arroz, harina de amaranto, harina de morro y chía, sin ninguna repetición. Los valores observados en el Cuadro 2 de las diferentes muestras, indican que se encuentran dentro de los límites mínimos establecidos por esta regulación.

Cuadro 2. Resultados de análisis microbiológicos para la harina de arroz, de amaranto, de morro y chía (UFC/g).

Muestra	Análisis				
	Coliformes Totales	<i>Escherichia coli</i>	Hongos	Levaduras	<i>Salmonella sp</i>
Arroz	2.04	<10.00	20.00	10.00	Ausencia/ 25 g
Amaranto	<10.00	<10.00	10.00	<10.00	Ausencia/ 25 g
Morro	<10.00	<10.00	<10.00	<10.00	Ausencia/ 25 g
Chía	<10.00	<10.00	10.00	<10.00	Ausencia/ 25 g

VE: Valor Estimado

Análisis estadístico de la evaluación sensorial.

En el Cuadro 3, se presentan las medias de los atributos sensoriales para cada tratamiento sobre una escala hedónica de 5 puntos. Siendo 1 me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni disgusta, 4 me gusta moderadamente y 5 me gusta mucho. El control fue el que obtuvo una mayor aceptación calificado como “me gusta moderadamente” y los TRT 1, 2 y 3 fueron calificados como ni me gusta ni me disgusta. Para los atributos de apariencia, textura y aceptación general no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los TRT 1, 2 y 3, pero si hay diferencia significativa ($P < 0.05$) en el atributo de color.

Apariencia. El consumidor en primer lugar evalúa todos los atributos visibles del producto donde observa el color, brillo y la forma, atributos que le pueden dar una idea de la textura y uniformidad. Los TRT 1, 2 y 3 no mostraron diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ellos, obtuvieron una calificación entre 3.38 a 3.64 no me gusta ni me disgusta, esto puede deberse a que contienen granos de chíá entera y harina de morro, esta última presenta una cubierta de color gris o café, la cual puede afectar negativamente el color y textura reduciendo la aceptabilidad de la apariencia del producto (Corrales *et al.* 2017). El control mostró diferencia significativa con respecto a los tratamientos y tuvo una puntuación de 4.18 me gusta moderadamente, siendo el mejor evaluado, esto podría deberse a que los consumidores desean colores claros y una textura fina e uniforme en este tipo de productos ya que da una mejor impresión de calidad (Flores 2015). En el estudio de Sanz-Penella *et al.* (2013) indican que si se utiliza amaranto en concentraciones de 20 y 80% de trigo se mantiene la calidad del producto. De igual manera, coincide con los resultados expresados por Vedia-Quispe *et al.* (2016) donde mencionan que tiene una mejor apariencia la harina con 80% de sémola de trigo y 20% de harina de amaranto.

Color. Es una de las características más importantes en la evaluación sensorial ya que es la primera impresión que recibe el consumidor al apreciar un alimento (Torrez *et al.* 2016). En las harinas se espera principalmente observar un color blanco o crema suave para obtener un producto que sea estéticamente agradable (Falla y Morelia 2018; Secretaría de Gobierno de Agroindustria 2019). El color no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$) entre en el TRT 1 y 2, ni entre el TRT 2 y 3, pero si entre el TRT 1 y 3, esto se debe a que el TRT 3 tiene un mayor porcentaje de morro que el TRT 1, reduciendo la tonalidad de blanco y aumentando las tonalidades de rojo y amarillo. Además, la reacción de Maillard producida al momento de tostar las semillas de morro le confiere un color marrón que no es deseado en la harina ya que la hace ver más oscura (Corrales *et al.* 2017). Se puede observar que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el TRT 1 que fue calificado como próximo a me gusta moderadamente, el TRT 3 calificado como no me gusta ni disgusta y el control con una puntuación de me gusta moderadamente. Los consumidores asocian el color con la calidad sensorial y calidad general lo que influye en la aceptación del producto. Es por ello, que las harinas de un solo color y de preferencia blanco o crema tienen mayor aceptación y demanda que las harinas de colores oscuros o en este caso una harina crema con tonalidades cafés o negras (Hsieh *et al.* 2017, Dussán-Sarria *et al.* 2019).

Olor. Es la percepción de las sustancias volátiles liberadas por los alimentos (Falla y Morelia 2018). Se puede observar que la adición de granos de morro y chíá no afectaron la aceptación de las harinas para el atributo de olor. No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos y el control ya que obtuvieron una calificación entre 3.60 a 3.74 no me gusta ni me disgusta. En el estudio sobre diversas harinas de Torrez y colaboradores (2016) concluyen que las harinas presentan un olor característico del grano que la constituye y por lo general este es suave, ligero y agradable. Los compuestos aromáticos etil-2-metilburato y 2,5-dimetilpirazina son los responsables de darle ese característico olor al morro tostado a una temperatura óptima de 160 °C por 150 segundos. Sin embargo, dependiendo de las condiciones de tostado puede cambiar los parámetros de calidad. Para la liberación de estos componentes aromáticos se requiere como mínimo una temperatura de 120 °C (Corrales *et al.* 2017). Por lo tanto, como se utilizó la temperatura mínima para la elaboración de la harina de morro y una mayor cantidad de tiempo es posible que se hayan volatilizado en su mayoría y la baja concentración utilizada en las formulaciones no permitió que los panelistas pudieran detectar su característico olor.

Textura. Es detectada por los sentidos de la vista y tacto en el cual se perciben características geométricas que permiten determinar la granulosidad o harinosidad (Flores 2015). Se puede observar que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos, pero si con respecto al control. Los principales factores que afectaron la textura de los tratamientos fueron los granos enteros de chíá y las partículas de morro en las cuales no se pudo obtener la textura deseada. Debido al alto porcentaje de grasa ($> 40\%$) que presenta la semilla de morro, hace que el proceso de molienda sea más complicado y no sea uniforme, incluso cuando se le ha aplicado un proceso de tostado (Salinas 2013). Mientras que la harina control tenía una textura más fina. De acuerdo con el estudio realizado por Torrez y colaboradores en 2016, y Dussán-Sarria y colaboradores en 2019 sobre diversas harinas, indican que existe un mayor consumo de harinas refinadas ya que presentan una granulometría uniforme que las harinas integrales donde se observan los granos presentes. Motivo por el cual fue calificado mejor el control me gusta moderadamente que los tratamientos evaluados como no me gusta ni disgusta.

Aceptación general. Se ve influencia por todos los atributos antes mencionados. En el Cuadro 3 no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos 1, 2 y 3, pero si hubo diferencias con respecto al control. Los panelistas calificaron como me gusta moderadamente los atributos de apariencia, color y textura, influyendo sobre la aceptación general del control que obtuvo la mejor puntuación me gusta moderadamente en comparación a los tratamientos calificados como “no me gusta ni me disgusta”.

Cuadro 3. Resultados del análisis sensorial para los atributos evaluados en cada tratamiento.

Harina	Atributos Media \pm D. E				
	Apariencia	Color	Olor	Textura	Aceptación general
Control	4.18 \pm 1.02 ^a	4.11 \pm 1.05 ^a	3.60 \pm 1.02 ^a	4.07 \pm 1.03 ^a	4.05 \pm 0.87 ^a
TRT 1	3.64 \pm 0.72 ^b	3.78 \pm 0.85 ^b	3.73 \pm 0.93 ^a	3.69 \pm 0.80 ^b	3.80 \pm 0.59 ^b
TRT 2	3.59 \pm 0.81 ^b	3.65 \pm 0.88 ^{bc}	3.74 \pm 1.00 ^a	3.76 \pm 0.84 ^b	3.76 \pm 0.65 ^b
TRT 3	3.38 \pm 0.93 ^b	3.49 \pm 0.85 ^c	3.62 \pm 1.00 ^a	3.66 \pm 0.83 ^b	3.67 \pm 0.74 ^b
C. V (%)	20.72	20.10	23.23	21.72	17.48

TRT 1: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 12.5% chíá y 12.5% de morro.

TRT 2: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 15% chíá y 10% de morro.

TRT 3: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 10% chíá y 15% de morro.

Control: Contiene 100% arroz.

^{a, b, c}: letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

C. V: Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar

La escala hedónica de 5 puntos, donde: 1 me disgusta mucho, 3 no me gusta ni me disgusta y 5 me gusta mucho.

El Cuadro 4 muestra una correlación positiva para todos los atributos sobre la aceptación general con un nivel de significancia ($< .0001$). Por lo que la aceptación general es dependiente de todos los atributos. En el tratamiento 1 y 2, se observa que los atributos de apariencia, color y textura tienen una correlación media, mientras que el olor presentó una baja correlación. Sin embargo, en el tratamiento 3 se observan valores inferiores en los atributos de apariencia y textura con respecto

a los primeros dos tratamientos, una baja correlación en olor y mediana en color. Por otra parte, en el control presenta una correlación media con tendencia a alta en los atributos de apariencia y olor, una alta correlación en color y textura.

Los atributos con una mayor influencia sobre la aceptación general para los panelistas no entrenados fueron la textura y el color ya que presentan una alta correlación (0.80 y 0.71, respectivamente) en el control. Por lo tanto, se considera que el tratamiento con valores más cercanos al control es el TRT 2.

Cuadro 4. Correlación significativa de los atributos evaluados con respecto a la aceptación general de los tratamientos.

Harina	Atributos			
	Apariencia	Color	Olor	Textura
Control	0.66	0.71	0.62	0.80
TRT 1	0.52	0.54	0.31	0.60
TRT2	0.50	0.57	0.41	0.61
TRT3	0.43	0.57	0.45	0.49

TRT 1: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 12.5% chía y 12.5% de morro.

TRT 2: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 15% chía y 10% de morro.

TRT 3: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 10% chía y 15% de morro.

Control: Contiene 100% arroz.

Correlación baja < 0.50

Correlación media 0.50-0.69

Correlación alta \geq 0.70

Con el apoyo de la composición química según los valores teóricos obtenidos en el Cuadro 5 de la tabla del INCAP y con la etiqueta nutricional de la harina comercial utilizada en el control se determinó que la mejor formulación es la del TRT 2, debido a que presentó un menor porcentaje de grasa y mayor cantidad de fibra dietética. De acuerdo con pruebas preliminares se estableció que se requiere una menor cantidad de grasa para eficientizar el proceso de molienda y lograr un tamaño de partícula deseado (Salinas 2013). Según la literatura el consumo de fibra dietética en la población latinoamericana no supera los 20 g al día. Por lo que se requiere de una mayor cantidad de fibra para lograr cumplir con la ingesta diaria de fibra dietética establecida por la Organización Mundial de la Salud de 25 g al día (García-Montalvo *et al.* 2018).

Cuadro 5. Tabla de composición teórica según la Tabla de composición de alimentos del INCAP para una porción de 100 g de alimento (2018).

Harina	Composición química									
	Agua	Kcal	Prot.	Grasa	Á.G. m	Á.G. p	Á.G. s	CHO's	F. D.	Ceniza
Control	-	352.30	7.54	0.74	-	-	-	78.87	0.08	-
TRT 1	10.60	402.75	12.20	10.71	2.48	6.36	1.86	64.51	10.02	1.97
TRT 2	10.68	401.41	11.86	10.45	2.23	6.45	1.76	64.98	10.61	2.03
TRT 3	10.55	403.85	12.54	10.97	2.73	6.28	1.06	64.02	9.44	1.91

Kcal: energía, Prot: proteína, Á.G. m: ácidos grasos monoinsaturados.

Á.G. p: ácidos grasos poliinsaturados, A.G. s: ácidos grasos saturados, CHO's: carbohidratos.

F. D: Fibra Dietética

- : La etiqueta nutricional no brinda esta información.

Análisis físicos.

Colorimetría. En el Cuadro 6 se observan los resultados de color para los diferentes tratamientos de harina en la escala $L^*a^*b^*$. En el parámetro L^* , la harina control presentó un valor de 90, lo que indica que es de color blanco. Mientras que en los tratamientos se obtuvieron valores que van de 77- 79, esto se debe a que la harina de morro es de color café oscuro por lo cual se ve afectada la luminosidad, es decir, que a mayor cantidad de harina de morro menor luminosidad. El TRT 3 contiene una mayor cantidad de harina de morro por lo que su valor es más bajo y estadísticamente diferente al TRT 2 que es el que contiene menor cantidad de morro. En a^* los primeros tres tratamientos presentan una mayor tonalidad de rojo que el control, debido a que contienen semillas de chía la cual es gris jaspeado con tonalidades castaño-rojizas (Robati *et al.* 2012). Sin embargo, este parámetro también se ve afectado por la harina de morro, el estudio de Olivera (2020) demostró que la harina de semilla de morro madura tiene mayor tendencia a ser color rojo que una harina de semilla verde. En b^* presenta tonalidades amarillas en los primeros tres tratamientos resaltando el color del amaranto utilizado, el cual era de color amarillo (Martinez y Matar 2017). Los TRT 1 y 3 son estadísticamente diferentes ya que también se vieron influenciados por la harina de morro (Olivera 2020), a mayor cantidad de harina de morro, mayor tonalidad amarilla. Esto se debe a que en el estudio de Corrales 2017 se presenta una mayor tonalidad de b^* (13.48) debido al tostado donde se aplicaron temperatura desde 120 hasta 160 °C, generando pigmentos marrones por la reacción de Maillard.

Cuadro 6. Resultados del análisis de color para las harinas de arroz, amaranto, chía, morro y el control en las escalas L* a* b*.

Harina	L* ± D. E	a* ± D. E	b* ± D. E
Control	90.72 ± 0.27 ^a	0.22 ± 0.16 ^c	8.80 ± 0.06 ^c
TRT 1	78.07 ± 1.22 ^{bc}	1.72 ± 0.02 ^a	11.11 ± 0.65 ^b
TRT 2	79.08 ± 2.04 ^b	1.52 ± 0.26 ^b	11.59 ± 1.02 ^{ab}
TRT 3	77.43 ± 0.13 ^c	1.73 ± 0.01 ^a	11.98 ± 0.13 ^a
C. V (%)	1.14	9.55	4.81

TRT 1: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 12.5% chía y 12.5% de morro.

TRT 2: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 15% chía y 10% de morro.

TRT 3: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 10% chía y 15% de morro.

Control: Contiene 100% arroz.

Los valores son representados como media ± desviación estándar sobre tres repeticiones cada una.

D.E: Desviación Estándar.

C. V: Coeficiente de Variación.

^{a, b, c}: letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

Granulometría. En el Cuadro 7 se puede observar que el control fue el que presentó los porcentajes más altos para la granulometría fina. contrario a lo obtenido para el resto de los tratamientos. Esto es debido a que en el control se utilizó una harina comercial donde su proceso de molienda ya está estandarizado y acoplado a las regulaciones establecidas por un ente que determina los parámetros de calidad, por lo que el tamaño predominante está en el tamiz de 250 μm (19.3%), seguido del de 150 μm con el 53.8%.

A pesar de que el TRT 3 contenía una mayor cantidad de morro fue el que presentó los resultados más similares al control y esto puede deberse a que se usaron diferentes lotes para la semilla de morro donde varió posiblemente el porcentaje de humedad, la madurez entre otros aspectos que de alguna forma facilitaron su molienda.

Cuadro 7. Resultados de análisis de granulometría fina para cada tratamiento.

Harina	Tamiz (Media % ± D.E.)		
	Base	150 µm	250 µm
Control	7.90 ± 2.12 ^a	19.30 ± 1.27 ^a	53.80 ± 2.55 ^a
TRT 1	0.52 ± 0.17 ^b	1.58 ± 0.31 ^c	8.50 ± 0.99 ^d
TRT 2	0.30 ± 0.14 ^b	2.20 ± 0.57 ^{bc}	13.70 ± 2.12 ^c
TRT 3	0.50 ± 0.14 ^b	4.20 ± 0.28 ^b	22.80 ± 1.13 ^b
C.V. (%)	45.64	11.01	3.06

TRT 1: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 12.5% chíá y 12.5% de morro.

TRT 2: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 15% chíá y 10% de morro.

TRT 3: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 10% chíá y 15% de morro.

Control: Contiene 100% arroz.

^{a, b, c:} letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

D.E: Desviación Estándar.

C.V. Coeficiente de Variación

En el Cuadro 8 se presentan los valores de granulometría gruesa de cada tratamiento. Para el tratamiento 1, 2 y 3 la mayor cantidad de harina están entre los 425 a 850 µm. Esto se debe a que se quedan las partículas más grandes como la chíá entera y algunos fragmentos de semillas de morro que no se lograron moler. El tamiz de 425 µm tiene un menor diámetro, siendo el tratamiento 1 el que presentó mayor retención, debido a que contenía un 12.5% de chíá y morro. En el tratamiento 2 y 3 se obtuvo una mayor retención de harina en el tamiz de 850 µm, debido a los altos contenido de chíá y morro. La variación de la granulometría se debe principalmente a la harina de morro que fue la más complicada de moler por lo que las partículas obtenidas eran consideradas gruesas.

La Norma del Codex para el Arroz no establece un tamaño de partícula, sino que, clasifica según el grado de molienda como arroz elaborado, arroz semielaborado, arroz bien elaborado y arroz muy elaborado. Estos cuatro tipos de molienda tienen el común que provienen de un grano descascarado, sin embargo, lo que varía con el arroz bien elaborado, es que a éste se le elimina casi por completo el germen, capas externa e interna. Debido a la procedencia del arroz comercial y la poca información brindada en el empaque, no se puede estimar en qué grado de molienda se encuentra. Usando de referencia otras harinas, de acuerdo con el Codex Alimentarius (2007) el 98% de la harina de trigo debe de pasar por un tamiz con una granulometría de 212 µm. La granulometría en la harina de trigo es un factor importante para determinar su uso, ya que se clasifica como Grado I: la harina para panificación (177 µm), Grado II: harina para galletas y Grado III: harina para pastas donde el > 73% debe estar entre 297 y 149 µm (NMX-F-007-1982). Por lo que la harina elaborada es demasiado gruesa ya que no está dentro los parámetros establecidos por las normas

Cuadro 8. Resultados del análisis de granulometría gruesa para cada tratamiento.

Harina	Tamiz (% ± D.E.)		
	425 µm	600 µm	850 µm
Control	17.6 ± 1.13 ^c	1.10 ± 0.42 ^d	0.30 ± 0.14 ^b
TRT 1	37.1 ± 1.27 ^a	22.30 ± 1.27 ^b	30.00 ± 1.70 ^a
TRT 2	25.1 ± 1.84 ^b	29.00 ± 1.98 ^a	29.70 ± 1.27 ^a
TRT 3	24.9 ± 0.99 ^b	16.70 ± 2.97 ^c	30.90 ± 1.27 ^a
C.V. (%)	5.84	6.24	2.93

TRT 1: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 12.5% chíá y 12.5% de morro.

TRT 2: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 15% chíá y 10% de morro.

TRT 3: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 10% chíá y 15% de morro.

Control: Contiene 100% arroz.

^{a, b, c:} letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

D.E: Desviación Estándar. C.V. Coeficiente de Variación.

Análisis químicos.

Humedad. La humedad es la cantidad de agua que posee un alimento, por lo que esta intrínsecamente ligada a la vida anaquel del producto, ya que, si se cuenta con un porcentaje de humedad alto ésta puede dar paso al crecimiento de microorganismos, los cuales no son deseados en el alimento debido a que pueden causar un daño al consumidor, según la Norma del Codex para el arroz Stan 198-1995 y la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, establecen que la harina de arroz debe contener un porcentaje de humedad no mayor a 15%.

En el Cuadro 9 se puede observar que los valores de contenido de humedad obtenidos entre los tratamientos no son estadísticamente diferentes ($P > 0.005$), excepto el control, debido a que se les aplicó un tratamiento térmico a los granos de morro y amaranto reduciendo su porcentaje de humedad (Corrales *et al.* 2017). El promedio de las tres harinas preparadas fue 7.42 ± 0.18 (Media \pm desviación estándar) con un coeficiente de variación de 2.48%, cumpliendo con los parámetros estipulados. El control presenta una humedad de 10.36%, más elevada que la de los otros tratamientos, sin embargo, está dentro de los parámetros establecidos. Además, se hace una comparación con la harina de amaranto, que según NOM-147-SSA1-1996, establece que una harina de cereales no debe de tener más de 15% de humedad, ya que puede variar según el estado de madurez, las condiciones ambientales y de almacenamiento por lo que se recomienda que se mantenga en un 12% (Carpio 2009).

Cuadro 9. Porcentaje de humedad en los diferentes tratamientos.

Harina	Humedad (%) ± D. E
Control	10.36 ± 0.82 ^a
TRT 1	7.39 ± 0.21 ^b
TRT 2	7.61 ± 0.28 ^b
TRT 3	7.42 ± 0.02 ^b
C.V. (%)	5.40

TRT 1: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 12.5% chía y 12.5% de morro.

TRT 2: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 15% chía y 10% de morro.

TRT 3: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 10% chía y 15% de morro.

Control: Contiene 100% arroz.

D.E.: Desviación Estándar

^{a, b, c}: letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

C. V.: Coeficiente de Variación.

Fibra dietética e índice de rancidez oxidativa. La fibra dietética es beneficiosa para la salud ya que incluye diversos carbohidratos compuestos que cumplen un rol muy importante en la salud pública, sin embargo, es uno de los nutrientes menos consumidos. La fibra dietética reduce el riesgo de contraer enfermedades como diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y ayuda a prevenir el cáncer de colon (Villanueva Flores 2019). Según el RTCA 67.01.60:10 el valor diario recomendado es de 25 g al día (RTCA [sin fecha]). En el Cuadro 10 se indica que el tratamiento 2 presentó 26.54 g en 100 g de alimento de fibra dietética. Según el anexo F del RTCA 67.01.60:10, una porción de harina equivale a 30 g (4.5 cucharadas). El contenido de fibra equivaldría a 7.9 g, que de acuerdo con el anexo E del mismo reglamento, es una excelente fuente de fibra. En comparación con una formulación de 70% sémola de trigo y 30% de amaranto para la elaboración de tallarines que aporta 1.48 g en 100 g (Vedia-Quispe et al. 2016). Es similar a una pasta obtenida con amaranto que aporta 6.34 % de fibra (Dalouh *et al.* 2019).

Cuadro 10. Resultados promedio de fibra dietética y horas de rancidez para el tratamiento 2.

Harina	Fibra dietética (%) ± D. E	Rancidez ± D. E
TRT 2	26.54 ± 3.11	4.36 ± 0.86

TRT 2: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 15% chía y 10% de morro.

El índice de rancidez oxidativa presentó un tiempo de inducción de 4.36 horas, es decir, que en ese tiempo la muestra se oxidó en su totalidad ya que se expuso a una temperatura de 110 °C, luz y oxígeno. La alta presencia de lípidos en la semilla de morro puede afectar la calidad y estabilidad de la harina durante el almacenamiento debido a que los ácidos grasos se volatilizan afectando negativamente el color, olor y sabor los cuales son esenciales en la calidad sensorial (Shahidi y John 2013; Olivera 2020). La presencia de muchos ácidos grasos insaturados en el aceite de chía hace que tenga un menor índice de estabilidad oxidativa. En el estudio de Villanueva y colabores (2017) el aceite de chía presenta un OSI de 1.4 horas a una temperatura de 110 °C. Estos resultados

son menores a los obtenidos por Bodoira *et al.* (2017), los cuales indicaron que el tiempo de inducción para el aceite de chía fue de 3 horas.

En el Cuadro 11, se observa que, en el bloque de las grasas saturadas, el ácido en menor presencia es el mirístico y el mayor es el ácido palmítico (AP). El ácido mirístico según la literatura en concentraciones de 1.2% mejora significativamente los niveles de ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), ambos pertenecen a la serie de omega 3 (Dabadie *et al.* 2005; Legrand y Rioux 2015).

Cuadro 11. Perfil de ácidos grasos para 100 g del tratamiento 2.

Abreviación	Grasa	%	100 g de Alimento
	Grasa Saturada	17.83	2.01
C14:0	Ácido Tetradecanoico (Mirístico)	0.08	0.01
C16:0	Ácido Hexadecanoico (Palmítico)	13.03	1.46
C18:0	Ácido Octadecanoico (Esteárico)	4.35	0.49
C20:0	Ácido Eicosanoico (Araquídico)	0.38	0.04
	Grasa Monoinsaturada	31.32	3.53
C16:1	Ácido Hexadecenoico (Palmitoleico)	0.07	0.01
C18:1	Ácido Octadecenoico (Oleico)	31.11	3.50
C24:1	Ácido Tetracosénico (Nervónico)	0.13	0.02
	Grasa Poliinsaturada	50.86	5.74
C18:2	Ácido Octadecadienoico (Linoleico)	20.85	2.35
C18:3	Ácido Octadecatrienoico (Alfa-Linolénico)	28.69	3.24
C20:3	Ácido Eicosatrienoico	0.15	0.02
C20:4	Ácido Eicosatetraenoico (Araquidónico)	1.17	0.13
	Grasa Total	100	11.28

TRT 2: Contiene 50% arroz, 25% amaranto, 15% chía y 10% de morro.

El ácido palmítico es el ácido graso saturado más común en el ser humano, su consumo promedio es de 20-30 g/día aproximadamente (Carta *et al.* 2017). El AP puede modificar proteínas en un proceso llamado palmitoilación que actúa como un interruptor en diversos procesos fisiológicos para regular las proteínas en un estado fisiológico saludable (Fatima *et al.* 2019).

En las grasas monoinsaturadas en un pequeño porcentaje, se encuentra el ácido palmitoleico que aporta omega 7, reduce la inflamación, promueve efectos positivos en el sistema cardiovascular (Souza *et al.* 2018). El mayor porcentaje en monoinsaturados como a nivel general de ácidos se encuentra el ácido oleico, el cual aporta omega 9, es el ácido más prevalente en la dieta humana, permite que el LDL sea resistente a la oxidación, limita la inflamación, tiene un pequeño efecto en la presión arterial, mejora el control de la glucosa. Diversos estudios demostraron que un mayor consumo de ácido oleico reduce incidencias de enfermedades coronarias y eventos cardiovasculares (Calder 2015). El ácido nervónico aporta omega 9.

En la sección de ácidos grasos poliinsaturados, el ácido alfa linolénico se encuentra en mayor concentración aportando omega 3. Un alto consumo del mismo permite la producción de sustancias antiinflamatorias, disminuye niveles de triglicéridos y colesterol y brinda protección al cerebro con una consecuente reducción de la incidencia de accidente cerebrovascular (Blondeau 2016). Este ácido se puede convertir en ácido EPA y en menor medida en DHA, que es necesario para los procesos neurológicos. El ácido linolénico (AL) se encuentra en menor proporción, sin embargo, es una fuente de omega 6, la asociación de AL y EPA, crean un efecto cardioprotector positivo (Melo *et al.* 2019). El ácido Eicosatrienoico brinda un aporte de omega 6.

En diversos estudios recopilados se puede observar que la semilla de chía tiene un alto porcentaje de C18:3 (56-64%) seguido de C18:2 (17-20%) y en menor porción 18:0 (2-3%) (Melo *et al.* 2019). Dentro de los ácidos grasos saturados el amaranto presenta la mayor cantidad en C16:0 y de monoinsaturados el C18:1. Los ácidos grasos poliinsaturados son más representativos (49.1 g/100 g) que los monoinsaturados (23.9 g/100 g), principalmente el ácido linoleico C18:2 con 47.9 g/100 g (Alvarez-Jubete *et al.* 2009). Las semillas de morro aportan mayor cantidad de monoinsaturados C18:1, en los poliinsaturados su mayor fuente es de ácido linoleico y en los saturados mayor prevalencia de ácido palmítico seguido del esteárico (Corrales *et al.* 2017). Los aportes de ácidos grasos en el arroz no son tan significativos como en el resto de los granos, un análisis realizado a diversas variedades de arroz muestra que los ácidos en mayor proporción son el C18:2 y C18:1 sin embargo, este último no se detectó en este estudio (Yu L *et al.* 2016).

4. CONCLUSIONES

- El tratamiento con mayor contenido de chía y menor contenido de morro fue el más aceptado sensorialmente.
- La harina de morro y los granos enteros de chía disminuyen los valores de L^* y aumentan los de a^* y b^* , a la vez que incrementan la granulometría de la harina.
- Se determinó que el tratamiento 2 (50% de arroz, 25% de amaranto, 10% de morro y 15% de chía) es una excelente fuente de fibra y aporta 0.97 g de omega 3 (ácido alfa-linolénico) por porción (30 g).

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto del color con la aceptación general cuando se reduce la granulometría de las harinas a 250 μm .
- Evaluar la aceptación sensorial y contenido nutricional de los panqueques elaborados con las harinas.
- Estimar la vida anaquel de la harina utilizando el índice de estabilidad oxidativa por medio de rancimat.

6. LITERATURA CITADA

- Adhikary D, Khatri-Chhetri U, Slaski J. 2020. Amaranth: An Ancient and High-Quality Wholesome Crop. En: Y. Waisundara V, editor. Nutritional Value of Amaranth. IntechOpen.
- Alvarado J. 2016. Desarrollo de una mezcla en polvo para elaboración de una bebida de horchata con alto contenido de hierro y calcio para jóvenes entre 13 y 17 años. [Tesis de pregrado] San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. [Consultado 04 feb 2020] <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5796/1/AGI-2016-T002.pdf>.
- Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E. 2009. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *Int J Food Sci Nutr.* 60 Suppl 4:240–257. doi:10.1080/09637480902950597.
- Blondeau N. 2016. The nutraceutical potential of omega-3 alpha-linolenic acid in reducing the consequences of stroke. *Biochimie.* 120:49–55. doi: 10.1016/j.biochi.2015.06.005.
- Bodoira RM, Penci MC, Ribotta PD, Martínez ML. 2017. Chia (*Salvia hispanica L.*) oil stability: Study of the effect of natural antioxidants. *LWT.* 75:107–113. doi: 10.1016/j.lwt.2016.08.031.
- Calder PC. 2015. Functional Roles of Fatty Acids and Their Effects on Human Health. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 39(1 Suppl):18S-32S. doi:10.1177/0148607115595980.
- Cano Paiz E. 2019. Sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizada con una harina de plantas nativas en Mazatenango, Suchitepéquez. Guatemala [Tesis]Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Carpio J. 2009. Estudio de factibilidad técnica para la producción de harina de amaranto (*Amaranthus spp.*). El Salvador: Universidad de El Salvador. [Consultado 11 feb 2020] http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2006/1/Estudio_de_factibilidad_tecnica_para_la_produccion_de_harina_de_amaranto_%28Amaranthus_spp.%29.pdf.
- Carrillo C, Gutiérrez M, Muro M, Martínez R, Torres O. 2017. La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel. *Medigraphic.* 12(1):18–24.
- Carta G, Murru E, Banni S, Manca C. 2017. Palmitic Acid: Physiological Role, Metabolism and Nutritional Implications. *Front Physiol.* 8:902. doi:10.3389/fphys.2017.00902.
- Codex. 1995. Norma del Codex para el arroz. (198-1995).
- Chojdak-Łukasiewicz J, Dziadkowiak E, Błauciak M, Paradowsk B. 2019. Neurological complications of coeliac disease. *International Journal of Celiac Disease.* 7(1). [Consultado 23 oct 2019] <http://www.sciepub.com/IJCD/abstract/10338>. doi:10.12691/ijcd-7-1-8.
- Corrales CV, Achir N, Forestier N, Lebrun M, Maraval I, Dornier M, Perez AM, Vaillant F, Fliedel G. 2017. Innovative process combining roasting and tempering to mechanically dehull jicaro seeds (*Crescentia alata* K.H.B). *Journal of Food Engineering.* 212:283–290. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.06.011.

- Corrales CV, Fliedel G, Perez AM, Servent A, Prades A, Dornier M, Lomonte B, Vaillant F. 2017. Physicochemical characterization of jicaro seeds (*Crescentia alata* H.B.K.): A novel protein and oleaginous seed. *Journal of Food Composition and Analysis*. 56:84–92. doi: 10.1016/j.jfca.2016.11.007.
- Corrales CV, Lebrun M, Vaillant F, Madec MN, Lortal S, Pérez AM, Fliedel G. 2017. Key odor and physicochemical characteristics of raw and roasted jicaro seeds (*Crescentia alata* K.H.B.). *Food Res Int*. 96:113–120. doi: 10.1016/j.foodres.2017.03.009.
- Dabadie H, Peuchant E, Bernard M, Leruyet P, Mendy F. 2005. Moderate intake of myristic acid in sn-2 position has beneficial lipidic effects and enhances DHA of cholesteryl esters in an interventional study. *J nutr biochem*. 16(6):375–382. Doi:10.1016/j.jnutbio.2005.01.010.
- Dalouh R, González Jiménez AJ, Ayala Almécija P, editores. 2019. Re-Inventando la investigación en salud y educación para una sociedad transcultural: Propuestas de acción. Almería: Universidad de Almería. 465 p. (Libros Electrónicos; vol. 101). ISBN: 978-84-17261-73-3.
- Dussán-Sarria S, Hurtado-Hurtado DL, Camacho-Tamayo JH. 2019. Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro. *Inf. tecnol*. 30(5):3–10. [Consultado 17 ago 2020]. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500003&script=sci_arttext. doi:10.4067/S0718-07642019000500003.
- Falla F, Morelia R. 2018. Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) [Tesis]. Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. [Consultado 17 jul 2020] <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3970/BC-TES-TMP-2731.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- FAO. 2004. El arroz y la nutrición humana. [Consultado 03 jul 2019]. <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>.
- FAO. 2018. Los cultivos olvidados e infrautilizados están volviendo a un primer plano. [Consultado 22 abr 2020]. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1155321/>.
- Fatima S, Hu X, Gong R-H, Huang C, Chen M, Wong HLX, Bian Z, Kwan HY. 2019. Palmitic acid is an intracellular signaling molecule involved in disease development. *Cell Mol Life Sci*. 76(13):2547–2557. doi:10.1007/s00018-019-03092-7.
- Flores N. 2015. Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile [Tesis]. Chile: Universidad de Chile. [Consultado 28 jun 2020]. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137798/Entrenamiento-de-un-panel-de-evaluacion-sensorial-para-el-Departamento-de-Nutricion-de-la-Facultad-de-Medicina-de-la-Universidad-de-Chile.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Food News Latam. 2016. Crecimiento, tendencias y pronóstico 2015-2021 para los alimentos sin gluten. [Consultado 19 may 2020] <https://www.foodnewslatam.com/paises/87-panama/5430-alimentos-sin-gluten-an%C3%A1lisis-global-de-la-industria,-tama%C3%B1o,-cuota,-crecimiento,-tendencias-y-pron%C3%B3stico-2015-2021.html>.
- García-Montalvo IA, Méndez Díaz SY, Aguirre Guzmán N, Sánchez Medina MA, Matías Pérez D, Pérez Campos E. 2018. Incremento en el consumo de fibra dietética complementario al

- tratamiento del síndrome metabólico [Increasing consumption of dietary fiber complementary to the treatment of metabolic syndrome]. *Nutr Hosp.* 35(3):582–587. spa. doi:10.20960/nh.1504.
- Green PHR. 2005. The many faces of celiac disease: clinical presentation of celiac disease in the adult population. *Gastroenterology.* 128(4 Suppl 1):S74-8. doi:10.1053/j.gastro.2005.02.016.
- Haros CM, Schonlechner R. 2017. *Pseudocereals*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 9781118938256.
- Hsieh P-H, Weng Y-M, Yu Z-R, Wang B-J. 2017. Substitution of wheat flour with wholegrain flours affects physical properties, sensory acceptance, and starch digestion of Chinese steam bread (Mantou). *LWT.* 86:571–576. doi:10.1016/j.lwt.2017.08.051.
- Menchú, Maria; Méndez, Humberto. 2018. *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá [INCAP] 3a.* ISBN: 978-9929-701-17-5.
- Legrand P, Rioux V. 2015. Specific roles of saturated fatty acids: Beyond epidemiological data. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117(10):1489–1499. doi:10.1002/ejlt.201400514.
- Mapes E. 2015. El amaranto. [Consultado 24 nov 2019]. http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf.
- Martínez E, Matar I. 2017. *Elaboración de harina de amaranto: Estudio de prefactibilidad [Tesis]. [Consultado 118 mar 2020]* <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/1573/amaranto.pf.mm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Melo D, Machado TB, Oliveira MBPP. 2019. Chia seeds: an ancient grain trending in modern human diets. *Food Funct.* 10(6):3068–3089. doi:10.1039/c9fo00239a.
- Minsa. 2003. *Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú. (615). 2003; [actualizado 2003]. [Consultado 16 abr 2019]* http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf.
- Moscoso F, Quera R. 2015. Celiac disease. A review. *Medica Clinica los Condes.* 26(5):613–627. [Consultado 07 jul 2019]. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864015001261>.
- Muñoz P. 2018. *Prevalencia mundial de la enfermedad celíaca [Trabajo fin de grado]. Sevilla. [Consultado 06 jun 2020].* <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/70945/MU%c3%91OZ%20TELLO%2c%20PAOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Niro S, D'Agostino A, Fratianni A, Cinquanta L, Panfili G. 2019. *Gluten-Free Alternative Grains: Nutritional Evaluation and Bioactive Compounds.* *Foods.* 8(6). doi:10.3390/foods8060208.
- Norma Oficial Mexicana. 1997. *Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas y cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas sémolas o semolina o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. México. 1997; [actualizado 1997].*
- Olivera D, editor. 2020. *Innovación en técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes.: Cracterización químico proximal y color de harina de semilla de*

- jícara (*Crescentia alata*) con diferente estado de madurez. México: Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. ISBN: 978-607-8617-63-0.
- ProChile. 2016. Tendencias del mercado: Consumo de alimentos libres de gluten en Estados Unidos. Nueva York. [Consultado 02 jun 2019]. https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2016/08/Tendencias_EEUU_Gluten_2016.pdf.
- Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. 2007. Codex alimentarius: Cereales, legumbres, leguminosas, productos derivados y proteínas vegetales. 1a ed. Roma: FAO; OMS. 115 p. ISBN: 978-92-5-305842-6. [Consultado 11 jul 2019]. <http://www.fao.org/3/a-a1392s.pdf>.
- Robati A, Escobar E, Prado C. 2012. Particularidades de la semilla de chíá (*Salvia hispanica* L.). [Consultado 22 jul 2020]. <https://www2.eeaoc.org.ar/wp-content/uploads/2018/11/33-3-7.pdf>.
- Reglamento Técnico Centroamericano [RTCA] 67.01.60:10. Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad. [Consultado 13 oct 2019]. <https://extranet.who.int/nutrition/gina/sites/default/files/COMIECO%202011%20Etiquetado%20Nutricional%20de%20Productos%20Alimenticios%20Preenvasados%20para%20Consumo%20Humano.pdf>.
- Salinas R. 2013. Obtención y evaluación físico-química de leche vegetal a partir de semilla de jícara sabanero (*Crescentia Alata*) (H.B.K). [Tesis]. Nicaragua: Univerdad Nacional Autonoma de Nicaragua.
- Sanz-Penella JM, Wronkowska M, Soral-Smietana M, Haros M. 2013. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT*. 50(2):679–685. doi:10.1016/j.lwt.2012.07.031.
- Secretaría de Gobierno de Agroindustria. 2019. Protocolo de calidad para harina de trigo [SAA 059]. Argentina: Secretaria de Gobierno de Agroindustria. [Consultado 05 ago 2020]. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Sello/sistema_protocolos/Protocolo_Harina_de_TRIGO.pdf.
- Shahbandeh M. 2020a. Wheat consumption worldwide in 2018/2019, by country (in 1,000 metric tons). Statista. [Consultado 04 may 2020]. <https://www.statista.com/statistics/1094065/total-global-wheat-consumption-by-country/>.
- Shahbandeh M. 2020b. Worldwide production of grain in 2018/2019. Statista. [Consultado 04 may 2020]. <https://www.statista.com/statistics/263977/world-grain-production-by-type/>.
- Shahidi F, John JA. 2013. Oxidative rancidity in nuts. En: *Improving the Safety and Quality of Nuts*. Elsevier. p. 198–229.
- Singh P, Arora A, Strand TA, Leffler DA, Catassi C, Green PH, Kelly CP, Ahuja V, Makharia GK. 2018. Global Prevalence of Celiac Disease: Systematic Review and Meta-analysis. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 16(6):823-836.e2. doi:10.1016/j.cgh.2017.06.037.
- Souza CO de, Vannice GK, Rosa Neto JC, Calder PC. 2018. Is Palmitoleic Acid a Plausible Nonpharmacological Strategy to Prevent or Control Chronic Metabolic and Inflammatory Disorders? *Mol Nutr Food Res*. 62(1). doi:10.1002/mnfr.201700504.

- Statista Research Department. 2019. Ranking de los principales países a nivel mundial que registraron un mayor consumo de arroz 2019. [Consultado 04 may 2020]. <https://es.statista.com/estadisticas/598940/principales-paises-a-nivel-mundial-segun-el-consumo-de-arroz/>.
- Statista Research Department. 2020. Ranking de los principales productores de trigo en el mundo de 2016/2017 a 2018/2019, por volumen de producción (en miles de toneladas métricas). Statista. [Consultado 04 may 2020]. <https://es.statista.com/estadisticas/634805/principales-paises-productores-de-trigo-en-el-mundo/>.
- Torrez M, González M, Obando K. 2016. Propuesta tecnológica para la extracción de aceite y producción de harina a partir de semilla de jícara sabanero (*Crescentia Alata*), en el departamento de chontales, en el año 2015 [Tesis]. Nicaragua: Univerdad Nacional Autonoma de Nicaragua, Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/3765/1/10624.pdf>.
- Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 2014. Semilla de Jícara. 2(2):40.
- Vedia-Quispe VS, Gurak PD, Espinoza SK, Ruano-Ortiz JA. 2016. Calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de tallarines producidos con sustitución parcial de sémola de trigo por harina de amaranto. *Rev Nutr Hum Diet.* 20(3):190. doi:10.14306/renhyd.20.3.215.
- Villanueva Flores RM. 2019. Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación. *Ing. ind.* (037):229–242. doi:10.26439/ing.ind2019.n037.4550.
- Yu L, Li G, Li M, Xu F, Beta T, Bao J. 2016. Genotypic variation in phenolic acids, vitamin E and fatty acids in whole grain rice. *Food Chem.* 197(Pt A):776–782. doi:10.1016/j.foodchem.2015.11.027.

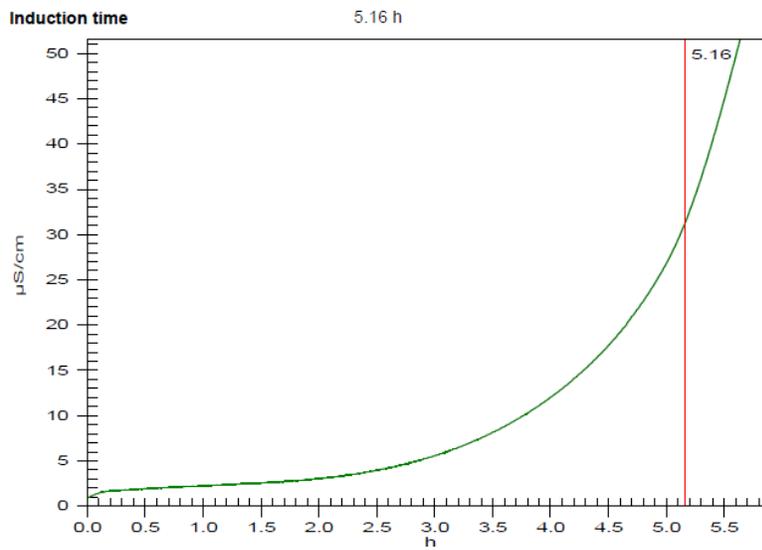
7.

ANEXOS

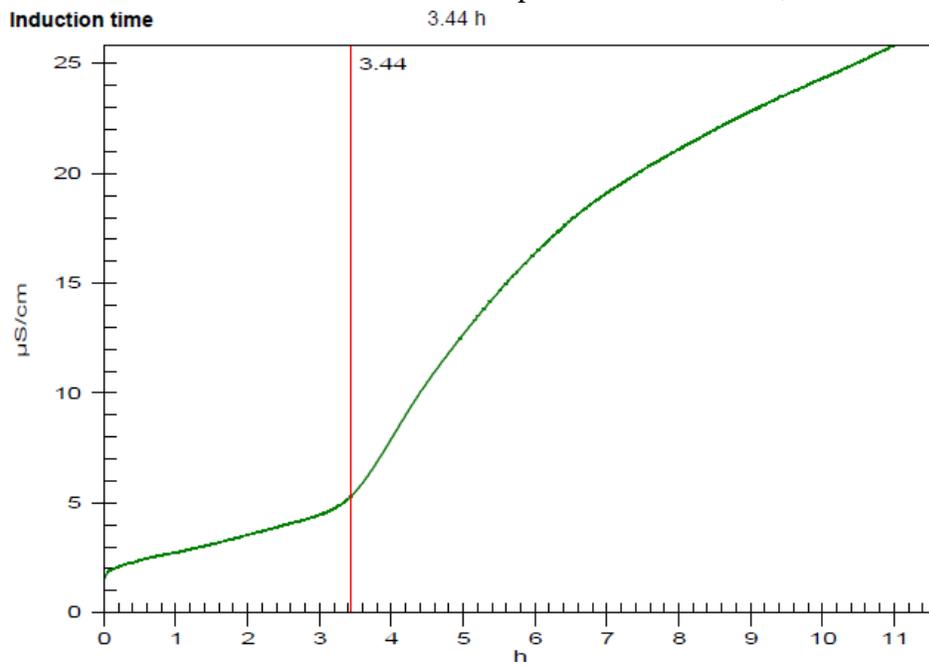
Anexo 1. El despegue del mercado de los productos sin gluten.



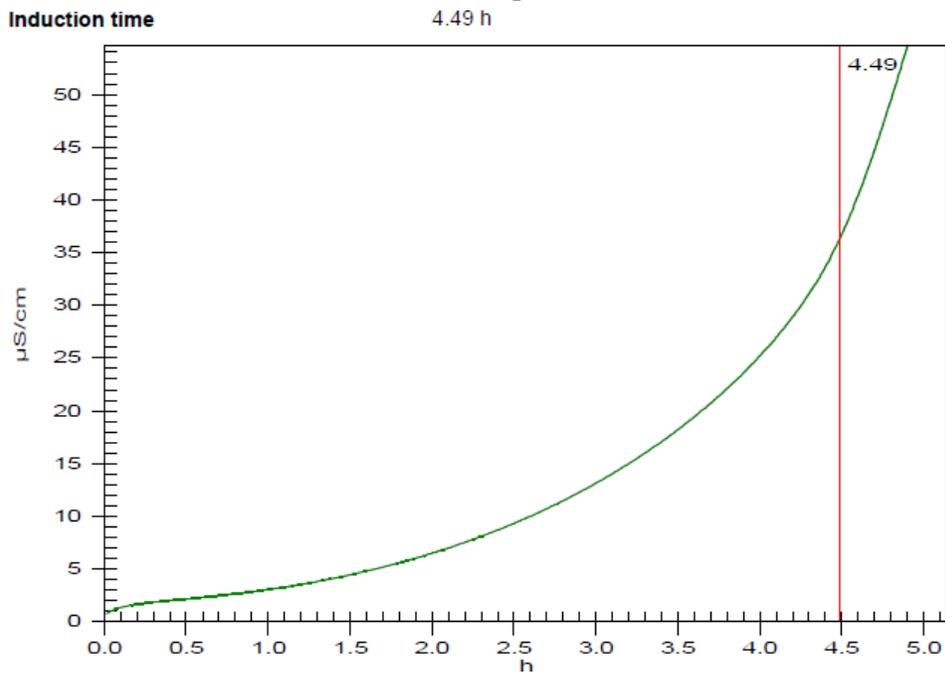
Anexo 2. Índice de Estabilidad Oxidativa para el tratamiento 2, muestra 1.



Anexo 3. Índice de Estabilidad Oxidativa para el tratamiento 2, muestra 2.



Anexo 4. Índice de Estabilidad Oxidativa para el tratamiento 2, muestra 3.



Anexo 5. Correlación de Pearson con su probabilidad por tratamiento.

Harinas	Atributos							
	Apariencia	Prob	Color	Prob	Olor	Prob	Textura	Prob
Control	0.66	<0.0001	0.71	<0.0001	0.62	<0.0001	0.80	<0.0001
TRT 1	0.52	<0.0001	0.54	<0.0001	0.31	<0.0019	0.60	<0.0001
TRT 2	0.50	<0.0001	0.57	<0.0001	0.41	<0.0001	0.61	<0.0001
TRT 3	0.43	<0.0001	0.57	<0.0001	0.45	<0.0001	0.49	<0.0001

Anexo 6. Etiqueta nutricional del tratamiento 2.

Nutrition Facts	
Datos de Nutrición	
15 Approx. servings per container 15 Aprox. Raciones por Envase	
Serving size	4.5 tbsp (30g)
Tamaño por Ración	4.5 cda (30g)
Amount per serving / Cantidad por ración	
Calories / Calorías	120
% Daily Value* / % Valor Diario*	
Total Fat / Grasa Total 3g	4%
Saturated Fat / Grasa Saturada 0.5g	3%
Trans Fat / Grasa Trans 0g	
Cholesterol / Colesterol 0mg	0%
Sodium / Sodio 0mg	0%
Total Carbohydrate / Carbohidrato Total 20g	7%
Dietary Fiber / Fibra Dietética 3g	11%
Total Sugars / Azúcares Total 0g	
Includes 0g Added Sugars / Incluye 0g Azúcares Añadidos	0%
Protein / Proteínas 4g	
Vitamin D / Vitamina D 0mcg	0%
Calcium / Calcio 43mg	4%
Iron / Hierro 1mg	6%
Potassium / Potasio 69mg	2%
<small>*The % Daily Value tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice. *El porcentaje de Valor Diario indica la cantidad de un nutriente en una porción de alimento contribuye a una dieta diaria. 2,000 calorías al día se utiliza para el consejo general de la nutrición.</small>	

Anexo 7. Portada del recetario para uso de la harina (elaborado por la autora).



Anexo 8. Receta para hacer atol (elaborado por la autora).



A bowl of atol, a traditional Peruvian drink, with the word "Atol" written in large, brown, stylized letters on the surface. The bowl is made of woven material and is filled with a thick, light-colored liquid.

A RECIPE BY PERLA LÓPEZ

Ingredientes	Instrucciones
<ul style="list-style-type: none">• 70 g de harina de arroz• 30 de harina mixnut• 200 g de leche• 5 g de azúcar• 2 rajas de canela	<ul style="list-style-type: none">• En una olla calentar la leche con el azúcar y las rajas de canela.• Agregar lentamente la harina de arroz y harina mixnut.• Mover continuamente a fuego lento hasta que hierva .

1

Anexo 9. Receta para hacer galletas (elaborado por la autora.).



Galletas

A RECIPE BY PERLA LÓPEZ

Ingredientes	Instrucciones
<ul style="list-style-type: none">• 40 g de harina de trigo.• 30 g de harina de arroz.• 30 g de harina mix.• 30 g de aceite.• 10 g de azúcar o sustituir por estevia.• 2 huevos.• 2 g de canela en polvo.• 2 g de polvo para hornear.	<ul style="list-style-type: none">• En un tazón agregar los huevos y batirlos por 2 minutos aproximadamente.• Añadir el aceite y batir nuevamente por 3 minutos.• Agregar la canela.• Agregar la harina de trigo, harina de arroz y harina mix lentamente hasta que se incorpore toda la mezcla.• En una bandeja plana colocar papel vegetal para hornear.• Colocar la mezcla en una manga pastelera y hacer la forma que se desee de la galleta.• Pre calentar el horno a 180 °C por 10 minutos.• Colocar la bandeja en el horno durante 15 minutos a 180 °C.• Esperar a que se enfrien para consumir.

2

Anexo 10. Receta para hacer panqueques (elaborado por la autora).



A RECIPE BY PERLA LÓPEZ

Ingredientes	Instrucciones
<ul style="list-style-type: none">• 70 g de harina de trigo o harina para panqueques.• 30 g de harina mix.• 176 ml de leche.• 18 g de margarina o aceite de oliva.• 7 g de azúcar o estevia.• 1 huevos.• 2 g de polvo para hornear. <p>• >> Puede agregar un banano maduro si lo desea <<</p>	<ul style="list-style-type: none">• En un tazón agregar el huevo y batirlo por 2 minutos aproximadamente.• Añadir la leche y la harina lentamente y batir hasta que se incorpore la mezcla. Luego agregar el azúcar y polvo para hornear.• Calentar la margarina hasta que se derrita y colocarla en el tazón con la mezcla para batirlo.• Calentar el sartén donde se harán los panqueques.• Con un cucharón verter la cantidad deseada, dependiendo del tamaño, y dejar a fuego lento hasta que se doré el borde y se despegue del sartén.• Voltear el panqueque con cuidado de no romperlo.• Cuando ambos lados estén cocinados retirar el panqueque del sartén colocarlos en un recipiente.

3

Anexo 11. Receta para hacer mini panquecitos (elaborado por la autora).



Mini Panquecitos

A RECIPE BY PERLA LÓPEZ

Ingredientes	Instrucciones
<ul style="list-style-type: none">• 70 g de harina de trigo• 30 g de harina mix.• 176 ml de leche.• 18 g de margarina.• 8 g de azúcar o estevia.• 1 huevos.• 2 g de polvo para hornear.• 2 g de canela.• 1 g de vainilla.	<ul style="list-style-type: none">• En un tazón agregar el huevo y batirlo por 2 minutos aproximadamente.• Añadir la leche y la harina lentamente y batir hasta que se incorpore la mezcla. Luego agregar el azúcar, el polvo para hornear, la canela en polvo y vainilla.• Calentar la margarina hasta que se derrita y colocarla en el tazón con la mezcla para batirlo.• Pre calentar el horno a 180 °C por 10 minutos.• En una bandeja para hacer panquecitos colocar los capacillos.• Con un cucharón verter la cantidad deseada (20 g).• Colocar la bandeja en el horno por 12 minutos a 180°C.• Dejar enfriar para consumir.

4