UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DIRECCION DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:

Código: AA-2401

Evaluación de una mezcla farinácea de sorgo (*Sorghumn spp* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en sustitución parcial del trigo (*Triticum* durum L.) como una alternativa alimenticia en la elaboración de pastas y su influencia en las características organolépticas.

TÍTULO A OBTENER: INGENIERA AGROINDUSTRIAL

DATOS DE LA ESTUDIANTE:

Nombre, apellido y formación académica	Dirección	Teléfono y correo electrónico	Firma
Br. Claudia Stefany Peña Trejo	Residencial México, Calle Guadalajara, Pasaje Sinaloa, #62	7021 – 9987 clautrejo91@gmail.com	

DATOS DE LOS DOCENTES DIRECTORES

Asesor: Ing. Agr. M. Sc. Sigfredo Ramos Cortez	Universidad de El Salvador, Facultad de CC. Agronómicas, Administración Académica.	7311 – 5202 sigfredo.ramos@ues.edu.sv	

Visto bueno:

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento de Fitotecnia
Ing. Agr. M. Sc. Oscar Alonso Rodríguez Firma:
Gracias

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad
M. Sc. Emerson Gustavo Martínez Hernández
Firma:

Jefe del Departamento de Fitotecnia
Ing. Agr. M. Sc. Julio Cesar Ortiz Pavón Firma:

Sello:

Lugar y fecha: Ciudad Universitaria, 26 abril 2024

Evaluación de una mezcla farinácea de sorgo (*Sorghumn spp* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en sustitución parcial del trigo (*Triticum* durum L.) como una alternativa alimenticia en la elaboración de pastas y su influencia en las características organolépticas.

Peña-Trejo, CS[1], Ramos-Cortez, S[2].

RESUMEN

En esta investigación se evaluó una mezcla farinácea de pasta alimenticia, utilizando pruebas en blanco F1 en 50% mezcla (25% sorgo y 25% maíz), F2 en 40% mezcla (20% sorgo y 20% maíz), F3 en 30% mezcla (15% sorgo y 15% maíz), F4 en 20% mezcla (10% sorgo y 10% maíz) y F5 en 10% mezcla (5% sorgo y 5% maíz), con el fin de conocer las mejores características organolépticas y nutricionales, en una pasta de trigo, por un periodo de 153 días, bajo un diseño experimental completamente al azar con dos repeticiones. En todas las recetas se utilizó el mismo trigo, maíz, sorgo, aceite, achiote en polvo y sal. Para preparar la pasta, se molió harina de maíz y sorgo hasta una finura de malla 150 mesh y se agregó a la harina de trigo para mezclar aún más los ingredientes, enrollar la pasta, cortarla y secarla. Las evaluaciones sensoriales se llevaron a cabo a intervalos de una semana en cada ejecución. Para las evaluaciones sensoriales se utilizó una prueba de aceptabilidad. Un panel no calificado de 5 panelistas evaluó el color, olor, sabor y textura. Los datos sensoriales, se analizaron mediante la prueba estadística chi-cuadrado con una probabilidad del 0.05. Los mejores resultados se obtuvieron con la sustitución parcial del 20% y 30% de trigo, por la mezcla farinácea de sorgo y maíz, es aceptada y bien valorada en cuanto a sabor, textura, color, olor, permitiendo un enriquecimiento nutricional y ofreciendo un producto semejante a una comercial. Las diferentes fórmulas en sus sustituciones afectan el producto final y su nivel de aceptación.

Palabras claves: farinácea, sorgo, maíz, sustitución parcial, pasta de tipo tallarín, análisis de aceptabilidad.

ABSTRACT

In this research, a farinaceous mixture of pasta was evaluated, using blank tests F1 in 50% mixture (25% sorghum and 25% corn), F2 in 40% mixture (20% sorghum and 20% corn), F3 in 30% mixture (15% sorghum and 15% corn), F4 in 20% mixture (10% sorghum and 10% corn) and F5 in 10% mixture (5% sorghum and 5% corn), in order to know the best organoleptic and nutritional characteristics, in a wheat pasta, for a period of 153 days, under a completely randomized experimental design with two replicates. The same wheat, corn, sorghum, oil, annatto powder and salt were used in all the recipes. To prepare the pasta, corn and sorghum flour was milled to fineness of 150 mesh and added to the wheat flour to fyrther mix the ingredients, roll the pasta, cut it and dry it. Sensory evaluations were carried out at intervals of one week each run. The sensory evaluations, an acceptability test was used; An unqualified panel of 5 panelists evalvated color, smell, taste and texture. The sensory data were analyzed using the chi-square statistical test at 0.05 probability. The best results were obtained with the partial replacement of 20% and 30% of wheat, with the farinaceous mixture of sorghum and corn, it is accepted and well rated in terms of taste, texture, color, smell, allowing nutritional enrichment and offering a product similar to a commercial one. The different formulas in their subtitutions affect the final product and its level of acceptance.

Key words: farinaceous, sorghum, corn, partial substitution, noodle-type pasta, acceptability analysis.

1. INTRODUCCIÓN

Los productos de pastas están elaborados de sémola de trigo, aunque recientemente con otros granos que se han utilizado para sustituir, parcialmente la sémola. La adición de diferentes materias primas durante la preparación de las masas para pastas, implica cambios en los diferentes niveles del proceso de producción, trayendo consigo varios beneficios funcionales y de salud que están asociados con los diferentes compuestos nutricionales que poseen las harinas o almidones utilizados (Flores s.f.).

Las pastas alimenticias o fideos son productos que ofrecen distintas ventajas como son, su larga vida útil, bajo costo, versatilidad y diversidad de preparación, no obstante, la pasta aporta solo el 10% de los requerimientos diarios de proteína. Por ello, se puede optar por la inclusión de otros ingredientes, entre ellos los vegetales como la espinaca, tomate, hierbas, entre otros (Azcona 2013). Con el fin de incrementar los beneficios funcionales de la pasta, fortificación con adición de diferentes fuentes de fibra y proteína, almidón resistente, extractos vegetales entre otros a diferencia del trigo (Salazar 2015).

En El Salvador, la producción y comercialización de pasta alimenticia depende de importación de trigo mayormente provenientes de Estados Unidos, ya que, es necesario para elaborar productos tradicionales: fideos, espagueti, tallarines, macarrones, conchas y tornillos (FUNDE 2005).

Por estas razones, el desarrollo de mezcla farinácea con sorgo y maíz para elaborar pasta alimenticia permitirá explorar alternativas alimenticias para contribuir a la seguridad alimentaria, mejora en la dieta alimenticia en la población y reducir riesgos a la salud (SENESCYT 2010).

Se realizó la creación de un nuevo producto aceptado por el consumidor, calidad, valor nutricional y generar conocimiento tecnológico; con el propósito de desarrollar una mezcla farinácea de sorgo y maíz para la elaboración de pasta alimenticia con las características organolépticas idóneas, mediante evaluaciones sensoriales y estadísticas, el cual busca el desarrollo sostenible.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en San Salvador. El proyecto se realizó en el período de septiembre 2021 a junio 2022. Se utilizaron granos de sorgo y maíz que presentaron las características de un material homogéneo. Se realizó para ensayos en blanco de las diferentes fórmulas a preparar de la pasta alimenticia en tallarín seco.

2.1 Metodología de procesamientos

2.1.1 Materias primas

La compra de materias primas, se realizó en la ciudad de San Salvador. Se utilizaron, insumos tales como achiote, sal, cal, aceite, harina de trigo extra fuerte, se obtuvieron granos de sorgo y maíz libres de olores extraños tales como rancio, tierra, moho, entre otros; poseer una humedad no mayor a 14%.

2.1.2 Equipos utilizados

Se utilizó principalmente: una laminadora Full Machinery de acero inoxidable, deshidratadora Cuisinar, balanza digital modelo SF-400y estufa de gas CETRON de 6 quemadores.

2.1.3 Materiales y utensilios

Se utilizó: recipientes plásticos, tablas de plástico, bolsas ziploc, cuchillos de acero inoxidable y papel toalla**.**

2.1.4 Ensayos en blanco

Se realizó corridas en blanco para determinar la posible formulación que mejores características presentaron, entre varias formulaciones realizadas, registros de datos.

2.1.5 Elaboración de formulas

Para esta fase se realizaron las formulaciones de forma proporcional y se seleccionaron aquellas que mostraron mejores resultados, de las muestras de pasta alimenticia en forma de tallarín seco, teniendo condiciones de temperaturas secas y tiempo homogéneos para todas las pastas alimenticias independiente y teniendo como testigo (F0) a la marca comercial.

2.1.5.1 Formulaciones utilizadas en corridas

Se utilizó como base, los ensayos en blanco, como punto de partida a desarrollar la fórmula a ser evaluadas por los panelistas (cuadro 1).

Cuadro 1. Formulaciones de mezclas farináceas trigo, maíz y sorgo.

Fórmula	Ingrediente	Medidas	Proporción %	Total
F5	Harina de trigo extra fuerte	80 g	**80**	**100**
	Harina de maíz amarillo	5 g	**5**	
	Harina de sorgo	5 g	**5**	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	**8**	
	Achiote en polvo	1 g	**1**	
	Sal común	1 g	**1**	
F4	Harina de trigo extra fuerte	70 g	**70**	**100**
	Harina de maíz amarillo	10 g	**10**	
	Harina de sorgo	10 g	**10**	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	**8**	
	Achiote en polvo	1 g	**1**	
	Sal común	1 g	**1**	
F3	Harina de trigo extra fuerte	60 g	**60**	**100**
	Harina de maíz amarillo	15 g	**15**	
	Harina de sorgo	15 g	**15**	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	**8**	
	Achiote en polvo	1 g	**1**	
	Sal común	1 g	**1**	
F2	Harina de trigo extra fuerte	50 g	**50**	**100**
	Harina de maíz amarillo	20 g	**20**	
	Harina de sorgo	20 g	**20**	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	**8**	
	Achiote en polvo	1 g	**1**	
	Sal común	1 g	**1**	
F1	Harina de trigo extra fuerte	40 g	**40**	**100**
	Harina de maíz amarillo	25 g	**25**	
	Harina de sorgo	25 g	**25**	
	Aceite vegetal de maíz	8 g	**8**	
	Achiote en polvo	1 g	**1**	
	Sal común	1 g	**1**	

2.2 Proceso de elaboración

a) **Recepción de materias primas.** Se verificaron las condiciones de humedad y temperatura de la materia prima, además se seleccionaron los granos para evaluación visual de daño, tamaño, color y olor homogéneos.

b) **Pesado.** Se realizó según las fórmulas las cantidades a utilizar de materia prima.

c) **Limpieza y selección.** Se eliminaron los granos que no cumplieron con las características deseadas de un buen grano sano; en aquellos granos sin daño visual, buen tamaño, color y olor homogéneos.

d) **Lavado de grano de maíz.** Los granos de maíz se lavaron en agua potable, para posterior el maíz llevar a nixtamalizado y se elimina el excedente de humedad en maíz para el secado en horno secador con por 24 horas a 60 – 80 °C.

e) **Preparado de grano de sorgo.** Después de terminado el secado de maíz, se seleccionó los granos de sorgo, se lavan y se elimina el excedente de humedad el sorgo para ser secado por 24 horas a 60 – 80 °C.

f) **Triturado.** Los granos son fracturados para obtener un producto semi-elaborado hasta llegar lo requerido para la molienda de la harina a utilizar.

g) **Molienda.** Se realiza en molino nixtamal hasta obtener la finura necesaria para la harina.

h) **Tamización.** Se separa el diámetro de la partícula mediante una serie de telares específicos del tamizado hasta llegar a 150 mesh). Estos se clasifican de acuerdo a la granulometría como harina flor, harina, salvadillo y salvado.

i) **Mezclado.** Se deja un cuenco en medio de la mezcla de harinas, para incorporar los ingredientes y se realiza un movimiento envolvente hasta obtener un resultado homogéneo para garantizar las especificaciones técnicas de la pasta.

j) **Amasado.** Se adiciona la cantidad de agua 40 g aproximadamente extra de la formulación; El proceso sirve para hacer más homogénea, uniformidad, manejabilidad y humectada la mezcla al procesar el producto. Esto dependerá del tipo de harina que lleva alrededor de 5 a 10 minutos el amasado.

k) **Reposado.** La pasta se deja en un lugar seco, tapado para que la masa termine de absorber todo sabor y acentuarse por 30 minutos.

l) **Laminado.** En una máquina laminadora Fuller Machinery, se realiza varias veces el aplanado, para obtener uniformidad del tamaño de la masa resultante y homogénea.

m) **Trefilado.** La pasta laminada es introducida, entre dos cilindros para darle forma de cintas largas y delgadas del tallarín (entre 1.8, 4.5 o 8 mm. (Cuadro 1) de cortes de pasta) como permita la cantidad de la pasta pasar por la máquina Fuller Machinery de acero inoxidable, con frente de 24 cm sin la manija, con un alto de 14 cm, profundo 18 cm, rodillos para hacer pasta de máximo 17 cm de ancho. Se corta con máquina los trechos según la longitud adecuada para su posterior secado.

n) **Secado.** Para un secado se utilizó un deshidratador de alimentos Cuisinar, se dejó por 3 horas a temperaturas de 45°C para obtener un producto estándar. Como se muestra en la figura 13, se enfría el producto luego en un lugar seco y fresco por 10 minutos antes de empacar o utilizar.

o) **Cocción de pasta.** Se coloca una olla pequeña a media con capacidad de 1.89 litros, llenando hasta la mitad de su capacidad 0.95 litros con agua potable y una pizca de sal, se deja de 7 a 15 minutos para su cocción.

2.3 Metodología de laboratorio

2.3.1 Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó en un panel no entrenado o consumidores, quienes probaron la pasta alimenticia. Los participantes consumieron tallarín una vez a la semana o mes con el fin que conozcan sabores y características del tallarín. Las características de la población o consumidores fueron ambos sexos, edades mínimas de 15 años, sin distinción de estrato social, ni ciudad de residencia. Posterior, se proporcionó un instrumento de recolección para evaluar las pastas en forma de tallarín de mezcla farinácea de sorgo, maíz y trigo. Para la evaluación de las fórmulas a través de sus características organolépticas con respecto a una muestra comercial, calificaron por medio de escala numérica de 1 al 10 con un círculo para marcar el valor (Angulo 2009).

2.3.2 Evaluación catadores

Se estableció un instrumento diseñado para conocer las preferencias de aceptabilidad de un público se utilizó las fórmulas evaluadas como muestra para tallarín preparado,

en comparación con una comercial; con esta información que identifica las muestras, los datos se analizaron para llegar a la elección de aquella muestra que presentó las mejores características organolépticas, procesando los datos de forma estadística y calculando teóricamente su contenido nutricional.

2.3.3 Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico, se envió una muestra de media libra en pasta alimenticia del 20% de sustitución parcial del trigo, ya que se pretendió evaluar las Buenas Practicas de Manufactura, como indicador cuantitativo con al calidad microbiológica en el alimento; por tanto, no infiere la formula en sustitución escogida para el laboratorio de LECC para el control de calidad microbiológica en *Escherichia coli*. Se obtuvo un alimento aceptable microbiológicamente, ya que se presentó <3 NMP/g de *Escherichia coli*.

2.4 Metodología estadística

En el análisis de las variables cualitativas y cuantitativas de campo y laboratorio, se usó de estadística descriptiva y estadística estándar teniendo al público de ambos géneros, con características de cualquier extracto social, con conocimiento y consumo de productos similares a los tallarines o pastas alimenticias sin distinción de edades, teniendo las características anteriores la muestra de con 80 consumidoras finales. Sin embargo, se determinó por cuestiones de manejo realizar un muestreo en grupo focal con 5 catadores semi entrenados. Para las variables cuantitativas se usó de estadística simple (pruebas de descremación por pares) para estimar y diferenciar el comportamiento de las diferentes fórmulas relacionadas a las características organolépticas con chi-cuadrado X^2. Dentro de las pruebas de discriminación por pares, percibir diferencias y describir el comportamiento entre formulas relacionadas a las características organolépticas.

2.5 Determinación de costos

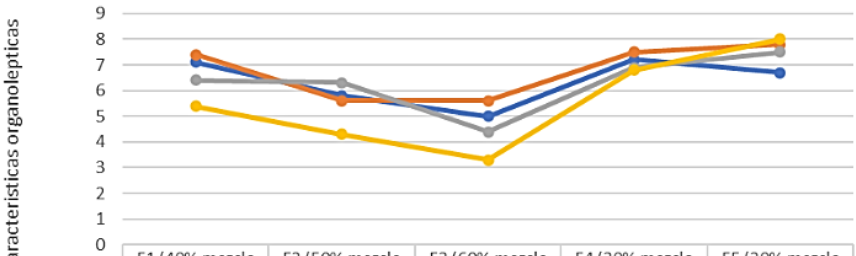
El costo variable para producir tallarines fue de $1.20 a $1.21 por paquete de presentaciones de 250 gramos en comparación de $1.45 de paquete comercial de tallarines en presentación de 250 gramos. Se observó una considerable reducción en los costos variables debido a la adición de harina de maíz y sorgo, reduciendo la

cantidad de harina de trigo en el producto. La fórmula que representó menor costo fue F5: sustitución del 20% de harina de sorgo y maíz (US$ 1.20) y el de mayor costo fue F4: sustitución del 30% de harina de sorgo y maíz (US$ 1.21) y por unidad de 250 gramos (US$ 0.61).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de atributos sensoriales en prueba de aceptabilidad en consumidores

Las pruebas de aceptabilidad determinaron el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se utilizó un instrumento de recolección de datos de atributos sensoriales, en el cual se presentaron las fórmulas a ser evaluada en comparación a una marca comercial, en cuanto a características de: color, olor, sabor y textura, con el fin de determinar la formulación más aceptable. Para ellos se necesitó 5 panelistas semi entrenados, los cuales fueron seleccionados entre los docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Dando como resultados las siguientes valorizaciones promedios:



	F1 (40% mezcla en sustitucion)	F2 (50% mezcla en sustitucion)	F3 (60% mezcla en sustitucion)	F4 (30% mezcla en sustitucion)	F5 (20% mezcla en sustitucion)
Color	7.1	5.8	5	7.2	6.7
Olor	7.4	5.6	5.6	7.5	7.8
Sabor	6.4	6.3	4.4	6.9	7.5
Textura	5.4	4.3	3.3	6.8	8

Figura 1. Evaluaciones sensoriales promedio de panelistas de las fórmulas con mezclas farináceas.

La figura 1, muestra que la sustitución parcial del 60% de harina de trigo, presenta menor calificación promedio en aceptación, mientras que las sustituciones de 20% y 30% presentan mayor calificación relativamente; siendo la de 20% la de mejor aceptación; Es decir que, a mayor sustitución del trigo, en las formulaciones, mayor es la perceptibilidad de sabores por la combinación de harinas de sorgo y maíz. También es evidente.

3.1.1 Análisis atributo color

Al realizar la prueba pareada con su respectiva prueba estadística chi-cuadrado X^2, para sustitución de 20% y 30% en color, con los respectivos datos siguientes presentados en el cuadro 2:

Cuadro 2. Datos de la prueba estadística para tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 20% con maíz y sorgo para atributo color.

Tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 20% con maíz y sorgo para color			
Cantidad de panelistas	5	n=	10 (total de juicios)
% hombres	75	Xi=	6 (juicios correctos)
% mujeres	25	p=	0.05 (probabilidad de azar
Rango de edades	15 + años	Repeticiones=	2
Total de juicios	10	X^2 tabs=	3.84
Juicios correctos	6	GL=	1
Juicios incorrectos	4		
Probabilidad de azar	0.05		

$$X^2exp = \frac{((Xi - n * p) - 0.05)\text{^}2}{n * p\,(1 - p)} = \frac{((6 - 10 * 1) - 0.05)\text{^}2}{10 * 0.05 * (1 - 0.05)} = 34.53$$

Estadísticamente (X^2 exp) es mayor que (X^2 tab), existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia de 0.05; es decir, el color en combinación de ambas harinas en fórmula de sustitución parcial al 20%, puede genera una pérdida de atractivo con respecto a una pasta comercial, tenemos un nivel de confianza del 95% en los resultados.

Cuadro 3. Datos de la prueba estadística para tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 30% con maíz y sorgo para atributo color.

Tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 30% con maíz y sorgo para color			
Cantidad de panelistas	5	n=	10 (total de juicios)
% hombres	75	Xi=	7 (juicios correctos)
% mujeres	25	p=	0.05 (probabilidad de azar
Rango de edades	15 + años	Repeticiones=	2
Total de juicios	10	X^2 tabs=	3.84
Juicios correctos	6	GL=	1
Juicios incorrectos	4		
Probabilidad de azar	0.05		

$$X^2exp = \frac{((Xi - n * p) - 0.05)\text{^}2}{n * p(1-p)} = \frac{((7 - 10 * 1) - 0.05)\text{^}2}{10 * 0.05 * (1 - 0.05)} = 19.58$$

Estadísticamente (X^2 exp) es mayor que (X^2 tab), existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia de 0.05; es decir, el color en la sustitución de 30%, de ambas harinas se percibe cambios con respecto a una pasta comercial, tenemos un nivel de confianza del 95% en los resultados.

La característica organoléptica color, se encontró que, a mayor porcentaje de sustitución de harinas de trigo por sorgo y maíz, menor presencia de "amarillosidad", ésta característica es dada por la presencia del trigo mezclado con un poco de achiote, siendo este último el menos favorable en formulaciones de mayor sustitución. Se contrasta (Azcona 2013), a mayores sustituciones, ciertas harinas predominantes en su color por ser el trigo un "absorbente" y versátil en mezclas hasta la más leve variación de color.

3.1.2 Análisis atributo olor

En la prueba pareada o pares con su respectiva prueba estadística chi-cuadrado X^2, para sustitución de 20% y 30% en olor, en el cuadro 3 con los respectivos datos siguientes presentados:

Cuadro 4. Datos de la prueba estadística para tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 20% con maíz y sorgo para atributo olor.

Tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 20% con maíz y sorgo para olor			
Cantidad de panelistas	5	n=	10 (total de juicios)
% hombres	75	Xi=	8 (juicios correctos)
% mujeres	25	p=	0.05 (probabilidad de azar
Rango de edades	15 + años	Repeticiones=	2
Total de juicios	10	X^2 tabs=	3.84
Juicios correctos	6	GL=	1
Juicios incorrectos	4		
Probabilidad de azar	0.05		

$$X^2exp = \frac{((Xi - n * p) - 0.05)\text{^}2}{n * p(1-p)} = \frac{((8 - 10 * 1) - 0.05)\text{^}2}{10 * 0.05 * (1 - 0.05)} = 8.85$$

Estadísticamente (X^2 exp) es mayor que (X^2 tab), existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia de 0.05; es decir, el olor vario entre pasta comercial, a la de fórmula de 20% de sustitución parcial y los consumidores finales consideran cómo otra pasta alimenticia comercial, tenemos un nivel de confianza del 95% en los resultados.

Cuadro 5. Datos de la prueba estadística para tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 30% con maíz y sorgo para atributo olor.

Tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 30% con maíz y sorgo para olor			
Cantidad de panelistas	5	n=	10 (total de juicios)
% hombres	75	Xi=	7 (juicios correctos)
% mujeres	25	p=	0.05 (probabilidad de azar
Rango de edades	15 + años	Repeticiones=	2
Total de juicios	10	X^2 tabs=	3.84
Juicios correctos	6	GL=	1
Juicios incorrectos	4		
Probabilidad de azar	0.05		

$$X^2 exp = \frac{((Xi - n * p) - 0.05)^2}{n * p(1-p)} = \frac{((7 - 10 * 1) - 0.05)^2}{10 * 0.05 * (1 - 0.05)} = 19.58$$

Estadísticamente (X^2 exp) es mayor que (X^2 tab), existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia de 0.05; es decir, el olor en la sustitución de 30%, se encuentran diferencias con respecto a una pasta comercial, tenemos un nivel de confianza del 95% en los resultados.

Se puede decir de la característica organoléptica olor, existe una dominancia a maíz en sustituciones mayores a 30%; teniendo que la harina de maíz tiene un olor más profundo comparado la harina de trigo, ya que los panelistas percibieron un olor a “masa o tortilla de maíz”, puesto que al momento de calificar la comparación con pasta comercial, era evidente que no se asociaba la pasta en prueba con una pasta comercial, dejando la posibilidad de no tener aceptación por un consumidor final si se lleva estas fórmulas superiores a 30% de sustitución con maíz y sorgo. La harina de trigo, tiene la facilidad de adaptarse con otras harinas (Azcona 2013) y esta a su vez puede tener efectos positivos como negativos en dar protagonismo a otros olores (Anzora *et al.* 2019).

3.1.3 Análisis atributo sabor

En la prueba pareada con su respectiva prueba estadística chi-cuadrado X^2, en el cuadro 6 para sustitución de 20% y 30% en sabor, con los respectivos datos siguientes presentados:

Cuadro 6. Datos de la prueba estadística para tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 20% con maíz y sorgo para atributo sabor.

Tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 20% con maíz y sorgo para sabor			
Cantidad de panelistas	5	n=	10 (total de juicios)
% hombres	75	Xi=	8 (juicios correctos)
% mujeres	25	p=	0.05 (probabilidad de azar
Rango de edades	15 + años	Repeticiones=	2
Total de juicios	10	X^2 tabs=	3.84
Juicios correctos	6	GL=	1
Juicios incorrectos	4		
Probabilidad de azar	0.05		

$$X^2exp = \frac{((Xi - n * p) - 0.05)\text{^}2}{n * p(1-p)} = \frac{((8 - 10 * 1) - 0.05)\text{^}2}{10 * 0.05 * (1 - 0.05)} = 8.85$$

Estadísticamente (X^2 exp) es mayor que (X^2 tab), existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia de 0.05; es decir, el sabor es diferente en fórmula de 20% de sustitución parcial, a una pasta comercial; se encuentran diferencias significativas en una pasta con sustitución parcial con respectos a una pasta alimenticia comercial, nivel de confianza del 95% en los resultados.

Cuadro 7. Datos de la prueba estadística para tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 30% con maíz y sorgo para atributo sabor.

Tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 30% con maíz y sorgo para sabor			
Cantidad de panelistas	5	n=	10 (total de juicios)
% hombres	75	Xi=	7 (juicios correctos)
% mujeres	25	p=	0.05 (probabilidad de azar
Rango de edades	15 + años	Repeticiones=	2
Total de juicios	10	X^2 tabs=	3.84
Juicios correctos	6	GL=	1
Juicios incorrectos	4		
Probabilidad de azar	0.05		

$$X^2exp = \frac{((Xi - n * p) - 0.05)^2}{n * p(1-p)} = \frac{((7 - 10 * 1) - 0.05)^2}{10 * 0.05 * (1 - 0.05)} = 19.58$$

Estadísticamente (X^2 exp) es mayor que (X^2 tab), existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia de 0.05; es decir, el sabor en la sustitución de 30%, es diferente a una pasta comercial, tenemos un nivel de confianza del 95% en los resultados.

Para la característica organoléptica sabor, resultó mayor evidente el cambio en aquellas fórmulas que tuvieran una sustitución mayor a 30% de harina de trigo; a su vez también se consideró evaluar grosores de pasta, obteniendo como resultado que, sí afectaron directamente en el sabor y la percepción del maíz y sorgo; ya que se observó a mayor grosor de pasta, mayor acentuación del sabor o realce de los ingredientes sustitutos (Rodríguez 2017). Los panelistas encontraron mejor gusto en aquellas pastas con un grosor considerablemente fino para degustar y asociar la una pasta en evaluación respecto a una pasta comercial.

3.1.4 Análisis atributo textura

Dentro de la característica organoléptica textura (Figura 2), se encontraron diferentes atributos, siendo el atributo más resaltante “arenosidad”, dureza y “masosidad”, siendo “lisa y suave” texturas variables en las muestras, pero no en un aspecto negativo para el paladar, sino más bien punto de referencia a la semejanza de una pasta alimenticia comercial.

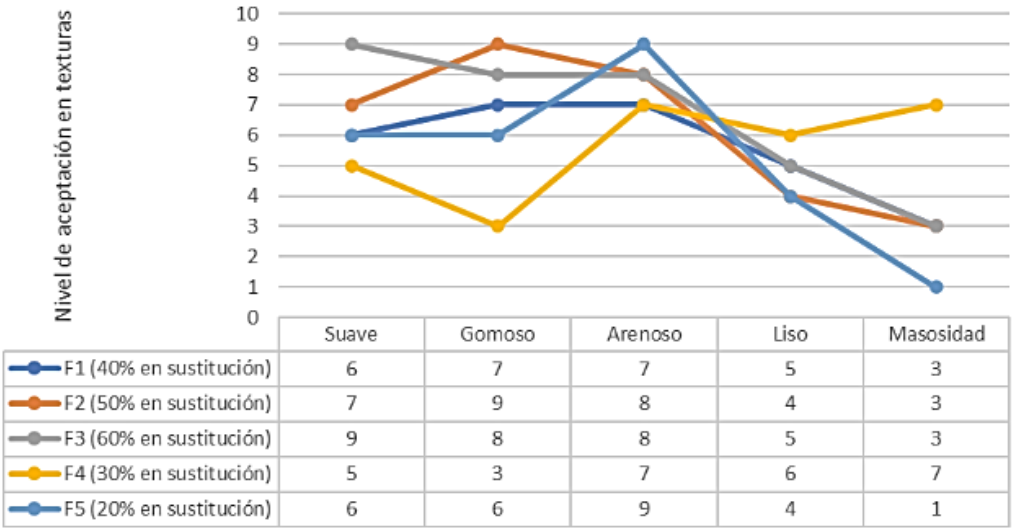


Figura 2. Evaluaciones de textura en pasta alimenticia en forma de tallarines.

En la prueba pareada con su respectiva prueba estadística chi-cuadrado X^2, en el cuadro 8 se muestra para sustitución de 20% y 30% en sabor, con los respectivos datos siguientes presentados:

Cuadro 8. Datos de la prueba estadística para tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 20% con maíz y sorgo para atributo textura.

Tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 20% con maíz y sorgo para textura			
Cantidad de panelistas	5	n=	10 (total de juicios)
% hombres	75	Xi=	10 (juicios correctos)
% mujeres	25	p=	0.05 (probabilidad de azar
Rango de edades	15 + años	Repeticiones=	2
Total de juicios	10	X^2 tabs=	3.84
Juicios correctos	6	GL=	1
Juicios incorrectos	4		
Probabilidad de azar	0.05		

$$X^2exp = \frac{((Xi - n * p) - 0.05)\text{^}2}{n * p\,(1 - p)} = \frac{((10 - 10 * 1) - 0.05)\text{^}2}{10 * 0.05 * (1 - 0.05)} = 0.0053$$

Estadísticamente (X^2 exp) es menor que (X^2 tab), existe igualdad significativa entre las muestras para un nivel de significancia de 0.05; es decir, textura en fórmula de 20% de sustitución parcial se percibió una diferencia con respecto pasta alimenticia comercial, nivel de confianza del 95% en los resultados.

Cuadro 9. Datos de la prueba estadística para tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 30% con maíz y sorgo para atributo textura.

Tallarines de harina de trigo con sustitución parcial de 30% con maíz y sorgo para textura			
Cantidad de panelistas	5	n=	10 (total de juicios)
% hombres	75	Xi=	6 (juicios correctos)
% mujeres	25	p=	0.05 (probabilidad de azar
Rango de edades	15 + años	Repeticiones=	2
Total de juicios	10	X^2 tabs=	3.84
Juicios correctos	6	GL=	1
Juicios incorrectos	4		
Probabilidad de azar	0.05		

$$X^2exp = \frac{((Xi - n * p) - 0.05)\text{^}2}{n * p\,(1 - p)} = \frac{((6 - 10 * 1) - 0.05)\text{^}2}{10 * 0.05 * (1 - 0.05)} = 34.53$$

Estadísticamente (X^2 exp) es mayor que (X^2 tab), existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia de 0.05; es decir, el sabor en la sustitución de 30%, se nota la diferencia a una pasta comercial, tenemos un nivel de confianza del 95% en los resultados.

Se considera que existieron factores que influenciaron, como el grosor que permitió acentuar la dureza y arenosidad; otro fue la harina de maíz que entre mayor sea la sustitución, arriba del 20% dentro de la fórmula; mayor textura. La "masosidad" se obtuvo y se asemeja a una "tortilla de maíz" al masticar.

En cuanto a la textura se encontró evidencias que el grado de finura de la harina de sorgo puede haber influenciado en las formulaciones en general, teniendo en cuenta que la harina de sorgo fue la más similar en cuanto a finura de molienda a la harina de trigo que fue utilizada y por tanto se considera que contribuyo a obtener una pasta alimenticia similar a una comercial (Azcona 2013; Anzora *et al.* 2019)

Por otra parte, la harina de sorgo no se acentuó u resalto su sabor dentro de la pasta alimenticia, tampoco se observó un cambio de color grisaseo o similar característico a su harina; Se encontró un olor leve dulce dentro de las formulaciones de mayor a 30% de sustitución y no fue percibido como invasivo o poco apetitoso al paladar.

3.1.5 Análisis de factores físicos externos

Para los factores de análisis: humedad y grosor en la pasta alimenticia, se midieron con diferentes grosores, misma temperatura y tiempo en todas las formulaciones; para evitar tener variaciones. La primera formulación fue un grosor de 4.5 mm aproximadamente a temperatura de 45°C por un tiempo de 3 horas; debido a que el grosor fue mayor a una presentación comercial, su parte interna no se secó por completo y tendía hacerse más "masosa" la pasta al cocerse. Posteriormente se fue reduciendo el grosor gradualmente, pasando por las medidas de 4.5 mm, 3 mm, 2 mm a 1.8 mm; teniendo cómo último grosor 1.8 a 2 mm aproximadamente a 45°C por 3 horas, teniendo mucho menos "crudos" o partes no secas. Sin embargo, todavía falta una buena transparencia del producto; por lo tanto, se consideró realizar nuevamente muestras con 6 horas de secado a una misma temperatura, obteniéndose favorables resultados en cuanto a cristalización correcta de la pasta, más parecida a pasta comercial en forma de tallarín.

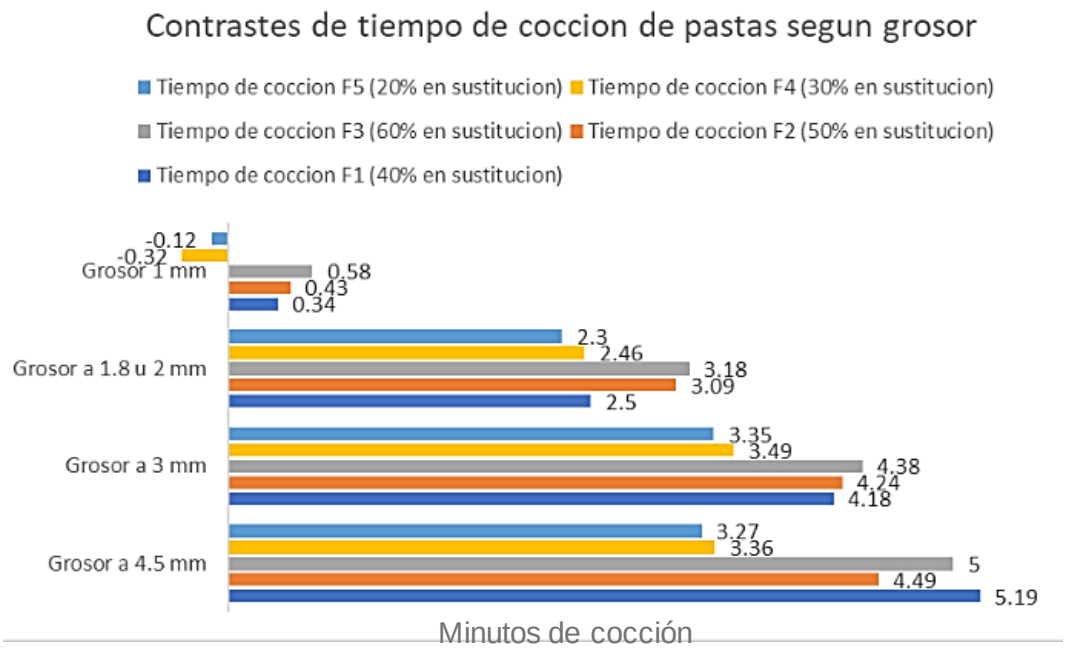


Figura 3. Contrastes de tiempo de cocción de pasta según grosor en fórmulas de mezcla farináceas de trigo, maíz y sorgo.

Se puede observar en la figura 3, que el tiempo de cocción según el grosor de la pasta y fórmula en estudio en pasta menores a 3 mm de grosor, varia en el rango de 0.45 min a 4.32 minutos más, partiendo de 5 minutos aproximadamente que puede tardar una pasta tipo tallarín normalmente en cocinarse, es decir 5.45 minutos a 9.32 minutos, siempre y cuando mantenga la misma cantidad de agua y temperatura en la olla. Teniendo como menor rango de tiempo -0.12 min a -0.32 minutos, se entiende el tiempo restado establecido a partir de 5 minutos, obteniendo 4.28 minutos a 4.48 minutos.

Al obtener una textura blanca, se observó un desprendimiento de partículas durante la cocción de la pasta; entre más tiempo permanecía en cocción, se observó mayor era la generación de sedimento por desprendimiento en la pasta.

Para aquellas fórmulas con mayor sustitución de harina de trigo por harina de sorgo y de maíz presentaron mayor turbidez en el agua durante la cocción, comparada con aquellas formulaciones de menor sustitución, es decir de 30%, 20% y sin sustitución.

Otro factor que se logró identificar, fue el índice de tolerancia al cocimiento, que se encontró correlacionada con el de tiempo de cocción; entre mayor sea el tiempo de cocción de una pasta, menor será su índice de tolerancia, es decir, entre más se

exponga una pasta alimenticia en calor de agua, menor será su dureza cómo pasta y mayor será su facilidad de desmoronamiento.

A mayor tiempo de contacto entre las pastas y agua caliente, se observó el aumentado de su hidratación, generando ablandamientos y por ende mayor desmoronamiento y agua turbia por acumulación de sedimento por lo blando de la pasta realizada.

Cuadro 10. Ganancia de peso en pasta seca.

Pesos en humedo de formulas		20% SyM		30% SyM		40% SyM		50% SyM		60% SyM	
Peso en seco de formulas		Peso en pasta cocida									
20% SyM	Peso en seco (14% aprox humedad)	14%	2.80 gr								
		1.39 gr	1.40 gr								
30% SyM				14%	2.86 gr						
				1.42 gr	1.44 gr						
40% SyM						14%	2.88 gr				
						1.41 gr	1.47 gr				
50% SyM								14%	2.82 gr		
								1.38 gr	1.44 gr		
60% SyM										14%	2.85 gr
										1.39 gr	1.46 gr

En el cuadro 10, se observa la ganancia de peso en la pasta seca puesta en cocción, seleccionadas de modo aleatorio para su posterior pesaje, resultando en un aproximado de 1.44 gr de peso adicional en la pasta, es decir, casi el doble de peso; se toma en cuenta que estás pasta se dejaron el punto al dente (Sorba 2021); para que fuera una muestra lo más homogénea posible y reducir el error de una sobre hidratación o desprendimiento de pasta en su momento de cocción para tener una muestra más entera.

3.2 Determinación del aporte nutricional

La pasta alimenticia a base de harina de trigo, tiene carbohidratos, 100 g de pasta contiene como máximo 75 g de carbohidratos de carbono. Estos carbohidratos proporcionan aproximadamente unas 370 Kcal, lo que representa aproximadamente el 15% de las necedades de una persona que desarrolle una actividad normal con algo de ejercicio físico (Infoalimentación s.f).

Para determinar el aporte nutricional se tiene todo el peso utilizado para la creación de pasta en forma de tallarín y el peso total, teniendo en cuenta que es recomendado pesar los ingredientes al inicio y luego pesar el producto terminado. Para terminar con cálculos con regla de tres o método indirecto y conocer su contenido teórico aproximado de la pasta en forma de tallarín.

Cuadro 11. Aporte nutricional en 100 g en pasta alimenticia comercial.

Energía Kcal	Proteína (g)	Grasas (g)	Hidratos de Carbono (g)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Magnesio (mg)	Zinc (mg)
374	15	1.1	75	258	3.6	143	73

Sodio (mg)	B1 (mg)	B2 (mg)	B3 (mg)	B6 (mg)	Ácido fólico (ug)	Azúcares (g)	Fibra (g)
7	0.5	9	5.1	0.2	4	2.60	5

Fuente: (Infoalimentación s.f.).

Según los resultados, se obtuvieron mejoras significativas al aporte nutricional de las fórmulas que más aceptaron los consumidores. Siendo más evidente en el aporte proteico.

Cuadro 12. Información de tabla nutricional de fórmula 20% de sustitución farinácea de trigo, maíz y sorgo.

Ingredientes	Energía Kcal	Proteína (g)	Grasa (g)	Saturada (g)	Trans (g)	Monoin (g)	Polins (g)	Colesterol (g)	Carbohidratos (g)	Sodio (mg)
Harina de trigo	288.80	9.58	1.33	0.19	0.00	0.11	0.58	0.00	58.02	1.60
Harina de maíz amarillo	18.05	0.35	0.19	0.03	0.00	0.05	0.09	0.00	3.84	0.25
harina de sorgo	17.10	0.44	0.16	0.02	0.00	0.05	0.07	0.00	3.82	0.30

Aceite de maíz	70.72	0.00	8.00	1.04	0.00	2.21	4.37	0.00	0.00	0.00
achiote	3.88	0.10	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00
Sal común	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	387.58

Fuente: (Elaboración propia).

Cuadro 13. Información de tabla nutricional de fórmula 30% de sustitución farinácea de trigo, maíz y sorgo.

Ingredientes	**Energía Kcal**	**Proteína (g)**	**Grasa (g)**	**Saturada (g)**	**Trans (g)**	**Monoin (g)**	**Polins (g)**	**Colesterol (g)**	**Carbohidratos (g)**	**Sodio (mg)**
Harina de trigo	252.70	8.39	1.16	0.17	0.00	0.10	0.51	0.00	50.77	1.40
Harina de maíz amarillo	36.10	1.04	0.58	0.08	0.00	0.15	0.26	0.00	11.53	0.75
harina de sorgo	34.20	1.32	0.48	0.07	0.00	0.15	0.21	0.00	11.45	0.90
Aceite	70.72	0.00	8.00	1.04	0.00	2.21	4.37	0.00	0.00	0.00
achiote	3.88	0.10	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00
Sal común	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	387.58

Fuente: (Elaboración propia).

3.3 Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico, se envió una muestra de media libra en pasta alimenticia del 20% de sustitución parcial del trigo, ya que se pretendió evaluar las Buenas Prácticas de Manufactura, como indicador cuantitativo con la calidad microbiológica en el alimento; por tanto, no infiere la formula en sustitución escogida para el laboratorio de LECC para el control de calidad microbiológica en *Escherichia coli*. Se obtuvo un alimento aceptable microbiológicamente, ya que se presentó <3 NMP/g de *Escherichia coli*.

3.4 Costo variable

En cuadro 13, se aprecia la comparación de los costos variables entre las dos fórmulas seleccionadas que mejor fueron evaluadas por el consumidor, estos se basaron en la producción de 1 libra de tallarines.

El costo variable para producir tallarines fue de $1.20 a $1.21 por paquete de presentaciones de 250 gramos en comparación de $1.45 de paquete comercial de tallarines en presentación de 250 gramos. Se observó una considerable reducción en los costos variables debido a la adición de harina de maíz y sorgo, reduciendo la cantidad de harina de trigo en el producto.

Cuadro 14. Costos variables de la elaboración de tallarines de harina de trigo, con sustitución parcial con mezcla de harina de maíz y sorgo.

Insumos	**Unidad**	**Cto. Unitario ($)**	**Cantidad (1 libra)**	**Fórmulas**		
				Comercial	**F4 (30%)**	**F5(20%)**
Harina de trigo fuerte	Libras	0.80	0.80	-	0.56	0.64
Harina de maíz amarillo	Libras	1.20	1.20	-	0.12	0.06
Harina de sorgo	Libras	0.60	0.60	-	0.06	0.03
Aceite vegetal de maíz	Botella	6.45	0.80	-	0.01	0.01
Achiote	Gramos	28.00	0.20	-	0.01	0.01
Sal común	Gramos	0.15	0.10	-	0.01	0.01
Paquete	Caja 25	5.00	0.20	-	0.40	0.40
Bolsa de polipropileno	Paquete 50	0.02	0.04	-	0.04	0.04

Total costo/ 2 paquetes con 250 g	**$2.90**	**$1.21**	**$1.20**
Total costo/ paquete con 250 g	**$1.45**	**$0.61**	**$0.60**

4. CONCLUSIONES

La pasta para tallarines con sustitución parcial del 20% y 30% de trigo, por la mezcla farinácea de sorgo y maíz, fueron mejor aceptadas como calificación mínima de 6 y bien calificada de 10 sensorialmente, en cuanto a su sabor, textura, color, olor y permitiendo ofrecer un producto semejante al comercial.

El aporte nutricional de las fórmulas 20% y 30% seleccionadas, en comparación a una muestra de pasta comercial, se obtuvo una mejora significativa en cuanto a su contenido proteico.

Las diferentes fórmulas en sus cantidades de sustitución, si afectan el producto final y su nivel de aceptación; debido a que entre mayor sea la sustitución y el grosor se percibía más la mezcla de harinas y no era apetitoso para el consumidor. siendo estos factores a tomar en cuenta en la calidad y aceptación del alimento.

Dentro de las formulaciones la F5 con 20% de sustitución, tuvo menor costo, en comparación a F4 con sustitución del 30%, dando una diferencia de US$0.01 entre ambas y US$0.61 de diferencia por unidad de 250 gramos.

En la formula elaborada con sustitución parcial de trigo aceptada, es un alimento aceptable microbiológicamente, presentando <3 NMP/g de *Escherichia coli*, ya que cumple con las Buenas Prácticas de Manufactura, como indicador cuantitativo de calidad microbiológica en el alimento.

5. RECOMENDACIONES

Evaluar el efecto de la mezcla farinácea de sorgo y maíz en la elaboración de pasta alimenticia, realizando un estudio de vida útil acelerado, con el fin de determinar cómo influyen estas harinas en la vida de anaquel.

Se recomienda evaluar la mezcla farinácea con variedades de sorgo más específicas; en la posibilidad utilizar maquinaria más especializada en elaboración de pasta alimenticia, para conocer su influencia en características organolépticas.

Se puede utilizar una fórmula de estudio (20% o 30%) , como fórmula testigo. Esto para tener punto de comparación, a posteriores investigaciones con sustituciones parciales de trigo en pasta alimenticia.

Usar una goma cómo aditivo viscoso en la pasta alimenticia con mezcla farinácea de sorgo y maíz en sustitución parcial del trigo, por haber presentado cierta reducción de viscosidad que negaba con cierta medida su estabilidad y elasticidad en sustituciones mayores a 30%.

Puede sustituirse la clase de aceite y el achiote de colorante en la pasta alimenticia, por otros según sea su elección y conveniencia.

Se recomienda a productores y cooperativas la producción de maíz amarillo y sorgo, esto permite una mayor diversificación en granos y no solo tener destinada a la alimentación de ganado. Posibilitando una demanda potencial de estos granos, comercio y reducción de importaciones.

Aplicar buenas prácticas de manufactura para obtener un producto inocuo y de calidad con o sin aditivos, que generen la reducción de la actividad del agua y evitar proliferación de microorganismos u hongos.

Se sugiere para futuras investigaciones tomar en consideración el contenido de humedad (aw) en las fórmulas de mezcla farináceas de sorgo y maíz para la sustitución parcial de trigo, para permitir la comparación del comportamiento en relación al tiempo de almacenamiento y vida de anaquel en fórmulas utilizadas.

6. BIBLIOGRAFÍA

Anzora. M; Mejia, L; Monge. S. 2019. Diseño de una planta procesadora de pasta tipo tallarines a base de harina de yuca (*Manihot esculenta*), Arroz (*Oryza sativa*) y Moringa (*Moringa oleífera*). Ingeniero de Alimentos. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 1-342.

Azcona, Á; Sierra, J; López, L; Ruperto, M. 2013. Manual de nutrición y dietética. La nutrición en la red (en línea). Madrid, España. Consultado 23 feb. 2021. Disponible en: https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/

Flores, M; Vera, N; Lira, A; Martini, J. s.f. La sustitución parcial o total de sémola de trigo en las pastas y su valor nutricional (en línea). Estado de Hidalgo, México. Consultado 12 sep. 2019. Disponible en https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icap/n6/m1.html

FUNDE (Fundación Nacional para el Desarrollo, El Salvador). 2005. Alternativas para el desarrollo: El Salvador: Granos básicos en el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 25 ago. 2019. Disponible en http://www.repo.funde.org/426/1/APD-93-I.pdf .

Infoalimentación. S.f. Propiedades nutricionales de la pasta (en línea). Madrid, España. Consultado 22 jul. 2021. Disponible en: https://www.infoalimentacion.com/cereales/propiedades_nutricionales_pasta.html

Rodríguez, J. 19 oct 2017. Historia de la pasta (en línea). Estado Libre y Soberano Nayarit, México. Consultado 12 sep. 2019. Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=jZiQ4Y0L8SI&t=26s

Salazar, D; Acuario, L; Pérez, L; Valencia, A; Méndez, J. 2015. Efecto de la sustitución parcial de trigo por achogcha (*cyclanthera pedata*) en la elaboración de pastas tipo tallarín (en línea).

SENESCYT (Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación). 2010. Proyecto: "Desarrollo de mezclas farináceas de cereales (maíz, quinua y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales de trigo importado para la elaboración de pan y fideos" (en línea). Quito, Ecuador. Consultado 27 ago. 2019. Disponible en http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/810

Sorba. 2021. Respuestas para foodies: ¿Qué significa realmente "al dente"? (en línea) Fine Dining Lovers. Estados Unidos. 17 junio. Consultado 23 ago 2021. Disponible en https://www.finedininglovers.com/es/articulo/que-significa-al-dente