

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



Formulación y evaluación de parámetros de calidad de una tortilla funcional
enriquecida con *Pleurotus ostreatus*

Por:

JULISSA GONZÁLEZ CASTILLO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

Formulación y evaluación de parámetros de calidad de una tortilla funcional
enriquecida con *Pleurotus ostreatus*

POR:

JULISSA GONZÁLEZ CASTILLO

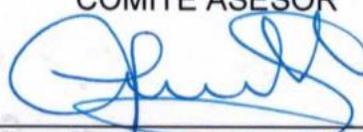
Tesis

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



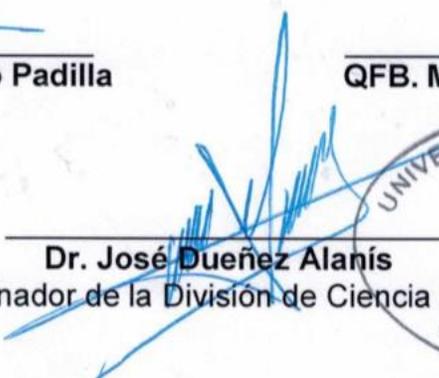
Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor principal



MC. Oscar Noé Reboloso Padilla
Coasesor



QFB. María Carmen Julia García
Coasesor



Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

Formulación y evaluación de parámetros de calidad de una tortilla funcional
enriquecida con *Pleurotus ostreatus*

POR:

JULISSA GONZÁLEZ CASTILLO

Tesis

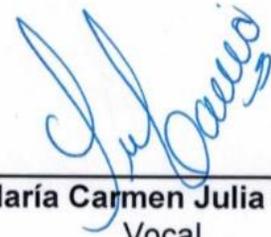
Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO CALIFICADOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente



QFB. María Carmen Julia García
Vocal



Dr. José Daniel Corona Flores
Vocal



MC. Carlos Alberto García Agustince
Vocal

AGRADECIMIENTOS.

*Agradezco profundamente a mi **Alma Mater** por brindarme las herramientas necesarias para realizar mis estudios universitarios y sobre todo por hacer posible que muchos jóvenes logren sus metas.*

*A mi tutora y asesora, **Dra. Xochitl Ruelas Chacón**, por ser una bella persona que con paciencia y dedicación guía a jóvenes como yo, por compartir sus conocimientos como profesional a lo largo de la carrera y sobre todo porque sin su apoyo el presente proyecto no habría sido posible.*

*Al **MC. Oscar Noé Reboloso Padilla** por asesorarme y sobre todo apoyarme en diversas etapas de mi estancia universitaria.*

*A la **QFB. María Carmen Julia García** y **MC. Carlos Alberto García Agustince** por compartir sus conocimientos y apoyarme en la realización de esta tesis.*

*También quiero agradecer a mi amiga **Ana Rosa Montoya Cendejas** con quien he compartido agradables momentos lo largo de estos años y le estoy profundamente agradecida.*

*A **Nicte Guadalupe Calvo Vázquez** que siempre está para orientarme y aconsejarme, por ser un persona cálida e inteligente que sin reparos ayuda a los demás.*

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, que a pesar de la distancia son mi motivación para seguir adelante.

A mi novio Martin quien me apoyo y alentó para nunca desistir de mis sueños.

Sencillamente dedicada a todos aquellos que de alguna manera me apoyaron académicamente y emocionalmente porque sin ese granito de arena las cosas pudieron haber sido más difíciles.

Índice

Agradecimientos.....	IV
Dedicatoria.....	V
Índice de cuadros.....	XI
Índice de figuras.....	XII
Resumen.....	1
Capítulo I.....	2
1. Introducción.....	2
1.1 Justificación.....	3
1.2. Hipótesis.....	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
Capítulo II.....	5
2. Revisión de literatura.....	5
2.3. Alimentos funcionales.....	5
2.3.1. Algunos ingredientes funcionales.....	6
2.3.1.1. Probióticos, prebióticos y simbióticos.....	6
2.3.1.2. Polifenoles.....	6
2.3.1.3. Carotenoides.....	7
2.3.1.4. Fitoesteroles.....	7
2.3.1.5. Compuestos azufrados.....	8
2.3.1.6. Fibra dietética.....	8
2.4. Los cereales y maíz en la alimentación.....	8
2.5. Maíz.....	10

2.5.1. Estructura del grano	10
2.5.1.1. Pericarpio	10
2.5.1.2. Endospermo	11
2.5.1.3. Germen y pedicelo	13
2.6. Nixtamalización	14
2.6.1. Cambios durante la nixtamalización	14
2.7. Tortillas	15
2.7.1. Elaboración artesanal	16
2.7.2. Elaboración a mayor escala	17
2.7.2.1. Harina de maíz nixtamalizado	18
2.8. Características destacables de tortillas blancas y azules	18
2.8.1. Tortilla de maíz blanco	18
2.6.2. Tortilla de maíz azul/morado	19
2.9. Composición nutricional de la tortilla	20
2.7. Clasificación de la tortilla	21
2.10. Hongos comestibles	22
2.11. <i>Pleurotus ostreatus</i>	23
2.11.1. Clasificación taxonómica	23
2.11.2. Características morfológicas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	24
2.11.3. Ciclo de vida	25
2.11.4. Hábitat natural del <i>Pleurotus ostreatus</i>	26
2.12. Importancia del cultivo y producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	27
2.12.1. Importancia ecológica	27
2.12.2. Importancia económica	27
2.13. Contenido nutrimental y funcional del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	27

2.13.1.	Proteína.....	28
2.13.2.	Carbohidratos.....	28
2.13.3.	Lípidos.....	29
2.13.4.	Vitaminas	29
2.13.5.	Minerales.....	30
2.13.6.	Fibra.....	31
2.13.7.	Compuestos bioactivos de bajo peso molecular	32
2.13.8.	Compuestos bioactivos de alto peso molecular	33
2.14.	Aceite esencial de tomillo	33
2.15.	Evaluación sensorial.....	34
Capitulo III.....		37
3.	Materiales y métodos	37
3.1.	Materiales para la elaboración de la tortilla funcional	37
3.2.	Actividades.....	37
3.2.1.	Preparación de materiales.....	37
3.2.2.	Diseño de formulaciones de tortillas.....	38
3.2.3.	Mezcla de ingredientes.....	39
3.2.4.	Moldeado de testales	39
3.2.5.	Formación de los discos o tortillas.....	40
3.2.6.	Cocción de las tortillas.....	40
3.3.	Determinación de la composición nutrimental de las tortillas funcionales.....	41
3.3.1.	Preparación de las muestras.....	42
3.3.2.	Caracterización fisicoquímica	42
3.3.2.1.	Determinación de humedad	42
3.3.2.2.	Determinación de ceniza total	43

3.3.2.3.	Determinación de proteína cruda	43
3.3.2.4.	Determinación de extracto etéreo o grasa total.....	44
3.3.2.5.	Determinación de fibra cruda	45
3.3.2.6.	Determinación de carbohidratos	46
3.4.	Medición de color	46
3.5.	Evaluación sensorial	47
Capítulo IV	48
4.	Resultados y discusión	48
4.1.	Análisis estadístico	48
4.2.	Caracterización fisicoquímica de las tortillas de harina maíz nixtamalizado con <i>Pleurotus ostreatus</i>	48
4.2.1.	Humedad.....	48
4.2.2.	Materia seca.....	50
4.2.3.	Proteína.....	52
4.2.4.	Carbohidratos.....	54
4.2.5.	Extracto etéreo o grasa	56
4.2.6.	Fibra	58
4.2.7.	Cenizas	61
4.2.8.	Valor calórico.....	63
4.3.	Color de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado con <i>Pleurotus ostreatus</i>	65
4.4.	Evaluación sensorial	69
4.4.1.	Apariencia global.....	69
4.4.2.	Rollabilidad.....	71
4.4.3.	Color.....	73

4.4.4. Olor.....	75
4.4.5. Sabor.....	77
4.4.6. Textura	78
4.4.7. Aceptación global	80
4.5. Análisis de componentes principales	82
4.5.1. Componentes principales en tortillas blancas	82
4.5.2. Componentes principales en tortilla azul	84
Capitulo V	87
5. Conclusiones	87
Capitulo VI	88
6. Bibliografía	88
Anexos	97

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido nutrimental de tortillas de maíz blanco, amarillo y azul	21
Cuadro 2. Formulaciones de tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco y azul con <i>Pleurotus ostreatus</i>	38
Cuadro 3. Asignación de códigos a los tratamientos de tortillas.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del grano de maíz..	12
Figura 2. Estructura de amilosa (a) y amilopectina (b)..	13
Figura 3. Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> adulto.	25
Figura 4. Ciclo de vida de un hongo.	26
Figura 5. Contenido de proteína en hongos respecto a vegetales.	28
Figura 6. Contenido de carbohidratos en hongos respecto a vegetales.	29
Figura 7. Ingredientes utilizados.	38
Figura 8. Preparación de la masa.	39
Figura 9. Testales de masa blanca y azul.	40
Figura 10. Tortillas (crudas).	40
Figura 11. Cocción de las tortillas.	41
Cuadro 3. Asignación de códigos a los tratamientos de tortillas.	41
Figura 12. Localización de los puntos de medición de color.	46
Figura 13. Panelista evaluando.	47
Figura 14. Contenido de humedad en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco.	49
Figura 15. Contenido de humedad en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.	50
Figura 16. Contenido de materia seca total en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco.	51
Figura 17. Contenido de materia seca total en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.	52
Figura 18. Contenido de proteína de tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco.	53
Figura 19. Contenido de proteína en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.	54
Figura 20. Contenido de carbohidratos en tortillas de maíz nixtamalizado blanco.	55

Figura 21. Contenido de carbohidratos en tortillas de maíz nixtamalizado azul..	56
Figura 22. Contenido de grasa o extracto etéreo en tortillas de maíz nixtamalizado blanco..	57
Figura 23. Contenido de grasa o extracto etéreo en tortillas de maíz nixtamalizado azul..	58
Figura 24. Contenido de fibra cruda en tortillas de maíz nixtamalizado blanco..	59
Figura 25. Contenido de fibra cruda en tortillas de maíz nixtamalizado azul..	60
Figura 26. Contenido de cenizas en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco..	62
Figura 27. Contenido de cenizas en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul..	63
Figura 28. Valor calórico en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco (porción 100 g).....	64
Figura 29. Valor calórico en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul (porción 100 g).....	65
Figura 30. Parámetro L o luminosidad en las tortillas de harina de maíz blanco nixtamalizado.....	66
Figura 31. Parámetro a* en las tortillas de harina de maíz blanco nixtamalizado.....	66
Figura 32. Parámetro b en las tortillas de harina de maíz blanco nixtamalizado.....	67
Figura 33. Parámetro L de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.....	68
Figura 34. Parámetro a* de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.....	68
Figura 35. Parámetro b de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.....	69

Figura 36. Apariencia global de tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco..	70
Figura 37. Apariencia global de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.	71
Figura 38. Rollabilidad de tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco..	72
Figura 39. Rollabilidad de tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul..	73
Figura 40. Color en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco.	74
Figura 41. Color en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul..	75
Figura 42. Olor de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco..	76
Figura 43. Olor de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul..	76
Figura 44. Sabor de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco.	77
Figura 45. Sabor de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul..	78
Figura 46. Textura en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco..	79
Figura 47. Textura en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.	80
Figura 48. Aceptación global de tortilla funcional blanca con <i>Pleurotus ostreatus</i> ..	81
Figura 49. Aceptación global de tortilla funcional azul con <i>Pleurotus ostreatus</i> ..	82
Figura 50. Gráfica de componentes principales en tortillas de maíz blanco.....	82
Figura 51. Distribución de las muestras de tortillas de maíz blanco de acuerdo a los atributos distintivos.....	83

Figura 52. Gráfica de los atributos descriptivos en relación a los componentes principales de mayor peso.	84
Figura 53. Gráfica de componentes principales que representan las diferencias entre las muestras evaluadas de tortilla de maíz azul.	85
Figura 54. Gráfica de distribución de muestras de acuerdo a los atributos distintivos de las tortillas de maíz azul.	85
Figura 55. Gráfica de los atributos descriptivos en reacción a los componentes principales de mayor peso en tortilla azul.	86

RESUMEN

El mundo está cambiando, el día de ayer se disfrutaba de un tranquilo momento en el que se podía comprar una rica comida y leer tranquilamente nuestro libro favorito, pero de un momento a otro la sociedad se enfrenta a situaciones emergentes de alto riesgo como la aparición de nuevos microorganismos patógenos y desarrollo de enfermedades. Profesionistas de diversos sectores se esfuerzan por encontrar piezas que permitan al humano protegerse y adaptarse. La alimentación es un punto clave en tal acontecimiento, día con día investigadores desarrollan nuevos y mejores alimentos que brinden al consumidor beneficios a la salud.

Los alimentos funcionales han tomado gran importancia en los últimos años, se trata del desarrollo de alimentos a los cuales se les adiciona, extrae o modifica algún componente con la finalidad de mejorarlo y que tenga beneficios en la salud del consumidor. En el presente proyecto se trabajó en la creación de una tortilla funcional a base de harina de maíz nixtamalizado, el grano principal de la alimentación mexicana y gran parte de Latinoamérica, con *Pleurotus ostreatus* mejor conocido como ostra o seta de ostra. Se trata de un hongo comestible reconocido por ser de alta calidad proteica en comparación con los vegetales y otros hongos, diversos estudios señalan que posee componentes bioactivos que brindan propiedades benéficas, tales como, antitumorales, preventivas de enfermedades cardiovasculares, inmunomoduladoras, antidiabéticas, antioxidantes, entre otras.

Se analizaron las propiedades nutricionales de las tortillas funcionales de harina de maíz blanco y azul; como lo son carbohidratos, proteína, grasa, fibra, aporte calórico y cenizas, así como los parámetros de color y aceptación del consumidor mediante una prueba hedónica con escala de nueve puntos. Los resultados indican que efectivamente hay diferencias estadísticamente significativas entre una tortilla control (sin hongo) y las tortillas funcionales (tratadas con el hongo *Pleurotus ostreatus*). Se obtuvo un aumento en el contenido de proteína en las tortillas azules y la aceptación de los atributos de las tortillas blancas y azules son en general similares; lo que da paso a continuar con la investigación a fondo de las propiedades bioactivas de la tortilla funcional, así como la mejora de sus propiedades sensoriales.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La tortilla es el alimento nacional por excelencia, 94% de la población lo consume independientemente del estrato social al que pertenezcan, sin embargo, es necesario señalar que hay una dependencia enorme hacia este alimento, entre más baja sea la clase social (Cruz, 2017; Vázquez, 2013; González, 2020). La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ONUAA, o más conocida como FAO) indica que cerca del 45% del consumo nacional de calorías proviene de los alimentos derivados del maíz. Una tortilla ofrece principalmente energía proveniente de los carbohidratos, carece de proteínas de alto valor biológico, vitaminas y minerales necesarios para el desarrollo de importantes funciones en el organismo; enzimáticas, hormonales, de transporte, cognitivas, entre otras (FAO, 1993).

La sociedad mexicana sufre en diversos grados de enfermedades silenciosas como la diabetes, enfermedades cardiovasculares, desnutrición, obesidad, diversos tipos de cáncer, etc. La mayoría de las enfermedades tienen origen en una mala nutrición, deficiencia de actividad física, consumo de tabaco, alcohol y otras sustancias dañinas. Es necesario que el ser humano tome conciencia de los alimentos y compuestos que el organismo requiere para un buen funcionamiento, así como de aquellos que tienden a perjudicarlo (FECYT: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2005; Consejo Europeo de Información Alimentaria (EUFIC, por sus siglas en inglés), 2020).

La naturaleza es sabia y ofrece infinidad de alimentos con los cuales podemos satisfacer las necesidades del organismo; los hongos pueden ser venenosos o curativos, de fácil y de difícil cultivo, algunos ofrecen grandes ventajas que deberían ser aprovechadas, como es el caso del *Pleurotus ostreatus*. Se trata de un hongo saprófito lignícola de fácil cultivo que además de ser económico es amigable con el medio ambiente. Se obtienen rendimientos muy generosos al utilizar como sustratos los residuos agroindustriales o esquilmos de las producciones agrícolas, no es necesario que se les aplique un pretratamiento como hidrólisis parcial gracias a que este hongo degrada la materia celulósica y ligninas (Pérez *et al.* 2002; Martínez *et al.* 2005; Sánchez 2009 y Royse, 2001).

Diversos autores señalan que la ostra o seta de ostra, también conocido como el “bistec vegetal”, es superior a cualquier alimento vegetal, por su aporte proteico, consistencia, sabor y olor fúngico agradable. Gracias a los diversos compuestos químicos se le atribuyen propiedades bioactivas como antidiabético, estimulante del sistema inmunológico, prevención de tumores, prevención de obesidad, hipocolesterolémico, entre otras (FECYT, 2005; CTICH: Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón La Rioja, 2015; Magdaleno, 2013 citado por Vallejo *et al*, 2017).

A lo largo de los años muchos investigadores se han esforzado por mejorar el alimento principal de los mexicanos y han tenido buenos resultados, pero las propiedades sensoriales de las tortillas no son aceptadas por el consumidor lo cual constituye un aspecto importante en la creación de una tortilla mejorada (Vázquez, 2013). En 1999 que el gobierno autorizo que se enriquecieran todas las harinas fabricadas en México con 5mg/Kg de vitamina B₁, 3mg/Kg de B₂, 35mg/Kg de niacina, 2mg/Kg de ácido fólico y 30mg/Kg de hierro y 20mg/Kg de zinc, desde entonces no ha habido más colaboraciones para mejorar el panorama alimenticio de la población en cuanto a este alimento (ENSANUT: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, 2006 citado por Vázquez 2013).

1.1 Justificación

Actualmente en el mercado hay infinidad de productos, día a día las empresas ofrecen nuevos y “mejores” productos, generalmente procesados y/o altamente procesados. Estos son elaborados mediante distintos métodos de procesamiento y en el caso de los ultraprocesados, a partir de ingredientes industriales. Teniendo como resultado alimentos desbalanceados nutricionalmente, de alta densidad energética que pueden crear hábitos de consumo y adicción. El objetivo para el cual son diseñados es que sean altamente apetecibles, lucrativos y con larga vida de anaquel (OPS: Organización Panamericana de la salud, 2020).

Es responsabilidad de los pioneros de la industria alimentaria ofrecer productos verdaderamente buenos que contribuyan a mantener o mejorar la salud de la población, lamentablemente muchas empresas solo se preocupan por disminuir costos

y generar ganancias sin hacer caso al aumento alarmante de casos de personas diabéticas, con problemas cardiovasculares, obesidad, desarrollo de tumores cancerígenos, desnutrición, entre otras. El desarrollo y consumo de alimentos funcionales es parte fundamental para la mejora del estado de salud de las personas, es necesario generar más investigación en este campo, así como el desarrollo y mejora de los prototipos de alimentos funcionales (AF) ya existentes (OPS, 2020; FECYT, 2005; Financial Food, 2020).

En nuestro país el alimento más importante por su consumo y por cultura, es la tortilla a base de maíz, esta representa una excelente área de oportunidad para mejorar el aporte de nutrientes y de compuestos bioactivos en la alimentación. Una propuesta viable sería la combinación con un hongo comestible, la seta de ostra, la cual ha sido muy investigada por sus propiedades funcionales, es cultivada y también consumida en su forma silvestre (FECYT, 2005; Vázquez, 2013; CTICH, 2015; Vallejo *et al*, 2017).

1.2. Hipótesis

Las propiedades nutricionales de *Pleurotus ostreatus* influyen positivamente en la conformación de una nueva tortilla funcional a base del hongo en fresco con harina de maíz nixtamalizado blanco y otra de maíz azul. Las tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco y azul con *Pleurotus ostreatus* presentan concentraciones positivas nutricionales y de aceptabilidad por parte del consumidor.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar, caracterizar fisicoquímica y sensorialmente la tortilla funcional.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Definir formulaciones de la tortilla con harina de maíz nixtamalizado con *Pleurotus ostreatus*.
2. Determinar un análisis proximal (valor calórico, carbohidratos, fibra dietética, proteína, grasa, humedad y color).
3. Evaluar la calidad sensorial de las tortillas funcionales.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.3. Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales surgieron en el medio oriente como una necesidad para mejorar la salud, reducir el riesgo de contraer enfermedades y los costos que trae consigo los tratamientos de las mismas, así como el aumento de esperanza de vida (Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI, por sus siglas en inglés), 2002; FECYT, 2005; CGCOM (Consejo General de Colegios Oficiales de Médicos), 2011).

Un alimento funcional se puede consumir como parte de una dieta normal, contiene ingredientes o componentes biológicamente activos que benefician la salud, puede contenerlos de manera natural, por extracción, modificación o adición de algún elemento mediante procesos tecnológicos. Para ser considerado como alimento funcional el componente o efecto funcional debe ser diferente del nutritivo, su efecto puede ser la mejora de una o más funciones del organismo incluyendo psicológicas como el bienestar o reducción de riesgo de padecer enfermedades, ayudar a la recuperación de algún cuadro patológico (ILSI, 2002; EUFIC; 2003; FECYT, 2005; Olangero *et al.*, 2007 y CGCOM, 2011).

El alimento funcional puede ser dirigido a la población en general o a un sector específico por las necesidades fisiológicas o psicológicas que padezca. Cuando el alimento es dirigido a un sector de la población en específico por las deficiencias que padece debe participar una organización de salud la cual será responsable de verificar, analizar y autorizar la elaboración del alimento y asegurarse de que el consumo del mismo se lleve a cabo en forma y tiempos adecuados (ILSI, 2002; EUFIC; 2003; FECYT, 2005; Olangero *et al.*, 2007 y CGCOM, 2011).

El efecto del alimento funcional y sus componentes activos se debe demostrar de manera satisfactoria mediante “marcadores”, estos son factores o meramente indicadores que demuestran el efecto funcional en el organismo y pueden o no estar directamente implicados en la mejora o efecto de los compuestos activos, por ejemplo, niveles eritrocitarios de ácido fólico, presión arterial, niveles de hemoglobina glicosilada

como factor de diabetes tipo 2, cuestionarios de bienestar, etc. Dichos marcadores deben ser válidos mediante estudios que sean reproducibles, sensibles y específicos (ILSI, 2002; FECYT, 2007).

2.3.1. Algunos ingredientes funcionales

En la actualidad hay una gran variedad de compuestos bioactivos que se investigan y emplean en la creación de nuevos alimentos funcionales; a continuación, se mencionan algunos.

2.3.1.1. Probióticos, prebióticos y simbióticos

Los probióticos son microorganismos no patógenos que al ser ingeridos en cantidades adecuadas influyen de manera positiva en la microbiota, estimulan el sistema inmunológico y facilitan la digestión al acidificar el tubo digestivo mediante la producción de ácido láctico. Los más investigados y utilizados son *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum*; *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus reuteri*, etc. por su parte el prebiótico es un ingrediente alimentario que estimula el crecimiento y actividad de un número limitado y selectivo de probióticos en el colon. Los más usados son los fructanos o fructoligosacáridos (FOS) como la inulina y galactoligosacáridos (GOS) (FECYT, 2007; CGCOM, 2011; Rosas, 2011).

La combinación de prebióticos y probióticos elude a un sinergismo “simbiótico” en el que ambos cumplan su objetivo; beneficiar al huésped. Existen productos que contienen prebióticos y probióticos, dirigidos principalmente a personas de edad avanzada y a personas con intolerancia a la lactosa y a proteínas (FECYT, 2007; Rosas, 2011).

2.3.1.2. Polifenoles

Son compuestos metabólicos secundarios presentes en las plantas que en el hombre funcionan como antioxidantes. Una dieta rica en vegetales que los contengan ofrece un efecto positivo contra enfermedades cardiovasculares y cáncer. Dentro de los polifenoles destacan las isoflavonas, se encuentran como glucósidos hidrosolubles y se extraen principalmente del germen de la soya. Intervienen en la disminución de

padecimiento de enfermedades relacionadas con las hormonas: como cáncer, síntomas de menopausia, enfermedades cardiovasculares y osteoporosis (FECYT, 2007).

Los flavonoides son fitoquímicos de bajo peso molecular que se encuentran en vegetales, semillas, frutas y bebidas como cerveza y vino. No son considerados nutrientes pero su ingesta proporciona grandes beneficios por ser antioxidantes, tienen efectos antiinflamatorios, antivirales o antialérgico, también tienen un papel protector frente a enfermedades cardiovasculares, cáncer y diversas patologías relacionadas con el estrés oxidativo (FECYT, 2007).

2.3.1.3. Carotenoides

Los carotenoides son pigmentos liposolubles que brindan coloración a los vegetales (zanahoria, espinacas, tomate, papaya, melones y naranjas) los principales encontrados en plasma son β -caroteno, α -caroteno, luteína, criptoxatina y licopeno (Quintana *et al.*, 2018). Las algas también son portadoras de estos compuestos, por ejemplo, las xantófilas que brindan coloración amarilla y roja, también en vegetales (Quintana *et al.*, 2018) como los pimientos. Mediante el procesado de los alimentos mejora la bioaccesibilidad de esos compuestos que son importantes antioxidantes e influyen en la mejora de la respuesta inmune, protección frente a cáncer o a arteroesclerosis; deben incluirse en la dieta mediante un consumo constante y a largo plazo, el humano no es capaz de sintetizar este tipo de compuestos y a pesar de que no son considerados nutrientes, su presencia en el organismo es imprescindible (Takana *et al.*, 1995 & Omenn *et al.*, 1996 citados en Quintana *et al.*, 2018; FECYT, 2007).

2.3.1.4. Fitoesteroles

Fitoesteroles o esteroides vegetales, son análogos estructurales del colesterol se encuentran en aceites vegetales de soja, maíz y de oliva, en frutos secos como almendras, pistaches, nuez, actualmente son adicionados a productos como margarinas, quesos, yogurt, leches y aderezos (FECYT, 2007). Estos compuestos actúan desde el intestino evitando la absorción de colesterol de baja densidad o LDL hasta en un 50%, sin afectar el colesterol de alta densidad o HDL, por ende, previene

enfermedades cardiovasculares, aunque también dependerá de otros factores como la dieta y actividad física (López, 2005; FECYT, 2007 & Pascual, 2017).

2.3.1.5. Compuestos azufrados

Compuestos azufrados son los de las Aliáceas: *Alliaceae* (ajo, cebolla, puerro, etc.) son alicina, dialil sulfuro, aliína, S-alil-cisteína y S-alil-mercapto-cisteína. Estos protegen del desarrollo de enfermedades cardiovasculares, son hipoglucémicos, antioxidantes y anticancerígenos. Los compuestos activos siguen en estudio por la dificultad de conservar su principio activo, debido a que se ven afectados críticamente en la manipulación y procesado industrial (FECYT, 2007).

2.3.1.6. Fibra dietética

La fibra dietética es la fracción no digerible de los alimentos principalmente vegetales, es constituida por polisacáridos como celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y también ligninas. Los alimentos como frutas, verduras y granos enteros son ricos en fibra y brindan sensación de saciedad evitando el desarrollo de sobrepeso y obesidad (Badui, 2006; CTICH, 2015).

La fibra insoluble se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina, no es digerible y resiste el paso por estómago, intestino delgado y grueso, aumenta positivamente la actividad peristáltica, previene el estreñimiento y con ello que las heces fecales estén mucho tiempo en el colon, evitando el desarrollo de enfermedades como diverticulitis, hemorroides, apendicitis y cáncer de colon (Fuentes, 2020).

La fibra soluble aporta beneficios a la salud como la mejora de motilidad intestinal, mayor absorción de agua, menor absorción de grasas y proteína, retraso de absorción de glucosa, es fermentable por la microbiota, genera gases y ácidos de cadena corta. Destacan las pectinas, beta-glucanos y galactomananos (CTICH, 2015; Fuentes, 2020).

2.4. Los cereales y maíz en la alimentación

La fuente energética para la población de los países que se encuentran en pleno desarrollo depende en gran medida de los carbohidratos provenientes básicamente de cereales en grano, obtenidos principalmente de plantas de la familia de las gramíneas.

Los cereales de principal importancia en la alimentación a nivel mundial son el trigo, arroz y maíz, este último tiene gran importancia en México, tanto para la alimentación humana como la de ganado, además la industria explota de manera significativa este cereal para la producción de subproductos (FAO, 1993; Vázquez, 2013; Buendía, 2020).

El cereal por si solo provee de nutrimentos como carbohidratos, encontrados en el endospermo, lípidos en el germen y vitaminas en la capa de aleurona. Una dieta rica en cereales requiere de un complemento con alimentos ricos en proteínas de alto valor biológico, vitaminas A, C y minerales, esto para evitar deficiencias nutrimentales y el desarrollo de enfermedades (FAO, 1993; Buendía, 2020).

Para que el consumo de cereales sea apto se recurre a procesos industriales que faciliten el uso, entre los cuales destaca la molienda de los granos, en esta ocurre una eliminación total o parcial de las capas externas (pálea, gluma, parte del pericarpio) y del germen (alto contenido de lípidos, enrancia las harinas), se pierde fibra, ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas y minerales, algunos de los productos son; harina de maíz, arroz pulido, harina de trigo. Estos tienen en común una característica “pérdida de valor nutrimental” y, aun así, se procede a la elaboración de otros alimentos a partir de estos (FAO, 1993; OPS, 2020).

El maíz tiene gran importancia en el continente americano, Estados Unidos de América (EUA) es el principal productor de este cereal y su uso se destina principalmente a forrajes para ganado, producción de biocombustibles, extracción de aceite de germen, entre otros. Sin embargo, en México y gran parte de América del Sur es la base de la alimentación; se elaboran productos como tortillas, totopos, tostadas, platillos típicos como tamales, pozole, galletas y bebidas como pinole (Buendía, 2020).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: SADER (2020) es la institución encargada de monitorear la producción de maíz en México, señala que el 60 % de la producción nacional de este grano es gracias a pequeños y medianos productores. Para finales de este año se espera un aumento de 5 % más respecto a las toneladas producidas en el 2019, serán un poco más de 28 millones de toneladas de maíz.

2.5. Maíz

Zea mays es el nombre científico de la planta de maíz en su forma cultivada, se trata de una planta perenne de tallo erecto con longitud que va 1 a 5 m, su aspecto es parecido al de la caña, presenta ramificaciones alternas en los nudos y entrenudos, posee una médula esponjosa. Las raíces primarias son fibrosas presentando además raíces adventicias, nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo y mantienen erecta la planta (Jugenheimer, 1998; Kato, *et al.* 2009).

Esta planta tiene flores unisexuales, masculinas y femeninas bien diferenciadas en la misma planta, posterior a la polinización se formará una mazorca que consta de un olote o raquis cilíndrico (central) al cual se une el grano mediante el pedicelo y forma hileras. El grano o cariósipide consta de cuatro estructuras principales (pericarpio, endospermo, germen o embrión y pedúnculo) que le confieren propiedades físicas y químicas (color, textura, tamaño, dureza y nutrientes como lípidos, carbohidratos, proteínas, etc.). El color del grano puede variar de blanco hasta rojo, azul, café o amarillo, el peso y tamaño también varía mucho y depende de la especie (Kato, *et al.* 2009). El maíz puede diferenciarse en grupos en base a las características del grano, existe el maíz dentado, dulce, harinoso, reventador, cristalino, ceroso y tunicado (Buendía, 2020).

2.5.1. Estructura del grano

2.5.1.1. Pericarpio

El pericarpio o cubierta seminal representa del 5 al 6 % del peso del grano y se encarga de proteger al maíz de la deshidratación o ataque de agentes externos, se encuentra constituido principalmente de fibra (77.7 %), proteína (9.1 %), almidón (7.3 %), grasa (1 %) y otras sustancias (4.4 %) (Lorenz *et al.*, 1991) distribuidas entre epicarpio y mesocarpio (pericarpio externo), endocarpio (pericarpio interno) compuesto por una capa de células transversales y otra de células tubulares. Las células transversales protegen el grano de la pérdida de peso y agua durante el acondicionamiento, las células tubulares facilitan el desplazamiento de agua hacia el interior del grano (Figura 1). La fibra presente está formada principalmente por hemicelulosa (75 %), celulosa (25 %) y 0.1 % de lignina en peso seco (Contreras, 2015; Buendía, 2020).

El epispermo (testa o tegumen) y perispermo (hialina y capa nucelar) están al interior del pericarpio y suele quedarse como cubierta del almidón cuando este es lavado posterior a la nixtamalización. La testa contiene la mayoría de los pigmentos naturales que brindan la coloración al grano; las antocianinas pueden ser de color naranja, rojo, púrpura y azul, mientras que los flavonoides dan el color amarillo, los carotenos van de amarillo a naranja y rojo, y los taninos van de color amarillo a marrón. El perispermo está formado por capas que también pueden contener pigmentos, la hialina son células comprimidas unidas fuertemente a la testa y a la capa de aleurona (Beltrán *et al.*, 2001; Buendía, 2020).

2.5.1.2. Endospermo

El endospermo representa un 80 a 85 % del grano de maíz, se encuentra envuelto por la capa de aleurona. Posee un 87 % de almidón y 8 % de proteína y el resto son lípidos (FAO, 1993). La capa de aleurona es la parte más externa del endospermo, aunque en la industria harinera se considera como parte del salvado o salvadillo, son células rectangulares de paredes celulares gruesas que se ordenan para formar una capa (en otros cereales pueden ser dos o más capas de células), tiene un buen contenido de proteínas (albúminas y globulinas), vitaminas (niacina, tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico, ácido fólico), minerales, celulosa, hemicelulosas (pentosas y β glucanos) y lípidos, es considerada de alto valor biológico (Buendía, 2020).

Un porcentaje del endospermo es vítreo o córneo y otro harinoso o suave (Figura 1), los gránulos de almidón vítreo tienen forma poligonal y están correctamente empaquetados en la matriz proteica, por otro lado, los de endospermo harinoso tienen forma esférica y están débilmente envueltos por la proteína (Flores, 1996). Los maíces con mayor contenido de almidón vítreo suelen ser de mayor dureza y por el contrario los que poseen mayor contenido de almidón suave dan origen a un maíz harinoso, este suele usarse en la producción de harinas para la elaboración de tortillas. Las proteínas que contiene el endospermo son prolaminas llamadas zeínas ricas en leucina y glutelinas que forman parte de la matriz proteica, ambas constituyen hasta el 90 % del total de las proteínas del grano (Badui, 1999; Paredes-López., 2009; Buendía, 2020). El maíz es pobre en aminoácidos esenciales como lisina y triptófano seguidos

de isoleucina. Al ser la zeína la proteína dominante se tiene un mayor contenido de leucina, este aminoácido afecta la absorción y utilización de isoleucina, y también aumentan las necesidades de niacina (vitamina B3), causando a largo plazo la aparición de enfermedades como pelagra (Harper, Benton y Elvehjem, 1955; FAO, 1993).

El maíz no es frecuentemente deficiente en aminoácidos como isoleucina, sin embargo, se han presentado casos en los que el contenido de leucina, metionina y valina generan un desequilibrio en el valor biológico de las proteínas del maíz, mismo que se corrige con la adición de isoleucina y treonina, además de lisina y triptófano (Bressani, Elías y Braham, 1968 citados por FAO, 1993). Los efectos en las proteínas están directamente relacionados con los rasgos genéticos en conjunto con el abono nitrogenado utilizado durante el cultivo al igual que el contenido de zeína (FAO, 1993).

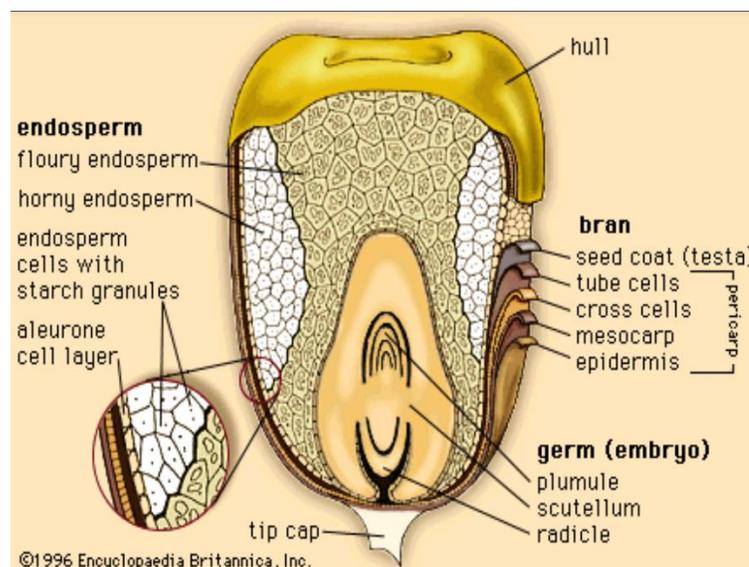


Figura 1. Estructura del grano de maíz. Fuente: Buendía, 2020.

El almidón está constituido por dos polisacáridos muy similares, la amilosa en un 26-31 % y de amilopectina 69 a 74 % (Figura 2); la amilosa se compone de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos α (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200-2 500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa. Por su parte, la amilopectina

contiene ramificaciones, están unidas al tronco central por enlaces α (1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa (FAO, 1993; Badui, 2006).

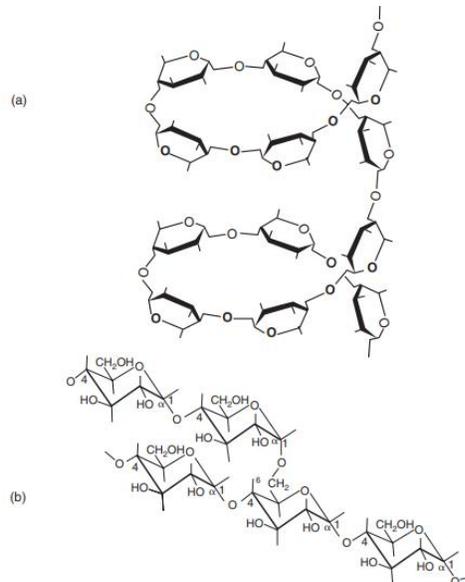


Figura 2. Estructura de amilosa (a) y amilopectina (b). Fuente: Badui, 2006.

2.5.1.3. Germen y pedicelo

El germen o embrión constituye del 10 a 12 % del grano (FAO, 1993) y está conformado por el escutelo y el eje embrionario (plúmula y radícula) (Figura 1), el escutelo funciona como órgano nutritivo del embrión, contiene el material genético y en condiciones adecuadas germina dando origen a una nueva planta. Esta es la parte más susceptible a ataques de plagas como insectos y microorganismos, esto afecta la calidad del grano (Buendía, 2020).

El germen contiene lípidos 33.2 % (83 % del total del grano), proteínas 18.4 %, azúcares 10.8 %, minerales 10.5 % y vitaminas. Las proteínas del germen (gluteína y globulina) proporcionan una cantidad relativamente alta de determinados aminoácidos, aunque no suficiente para elevar la calidad de las proteínas de todo el grano, aporta pequeñas cantidades de lisina y triptófano, los dos aminoácidos esenciales limitantes en las proteínas del maíz (FAO, 1993; Flores, 1996; Contreras, 2015). El germen es la materia prima para la extracción del aceite de maíz, este es de un color naranja o ámbar muy brillante, de olor suave, contiene un 85 % de ácidos grasos insaturados, es rico en ácido oleico y linoleico, contiene fosfolípidos y fitoesteroles, para poder ser

comestible requiere de procesos de refinación y tiene la ventaja de ser estable a altas temperaturas y fritura constante. La torta del germen, restante de la extracción del aceite es utilizado como importante fuente proteica para la alimentación de ganado (Buendía, 2020; Sandoval, 2020).

El pedicelo o piloriza representa entre el 0.8 % del peso del grano, contiene proteínas hasta en un 9 % de su peso (Contreras, 2015; Buendía, 2020), generalmente se pierde en el proceso de lavado posterior a la nixtamalización y es poco valorado.

2.6. Nixtamalización

El proceso de nixtamalización es de gran importancia y es practicado desde tiempos prehispánicos, aunque a lo largo de los años se le han realizado algunos ajustes en base a estudios de las características de las variedades de maíz sobre todo por características de dureza, peso hectolítrico, humedad, ente otros (Vázquez, 2013; Contreras, 2015; Mendoza, 2017).

Básicamente este consiste en someter a cocción los granos de maíz utilizando agua e hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH}_2)$) o cal apagada durante un tiempo y temperatura determinados, a continuación, el ahora “nixtamal” se deja en reposo de 8 a 24 horas y pasado ese tiempo se procede a realizar un drenado del “nejayote” en el cual ocurre un desprendimiento parcial o total del pericarpio. Una vez limpio el “nixtamal” pasa a un proceso de molienda del cual se obtiene la “masa” que será usada para elaborar tortillas, harinas instantáneas o bien para productos secundarios como frituras, tostadas, totopos, tamales, atoles, etc. (Paredes *et al.*, 2009; Vázquez, 2013; Mendoza, 2017).

2.6.1. Cambios durante la nixtamalización

Durante la nixtamalización ocurrirán diversos cambios físicos y químicos que influirán en las propiedades reológicas y nutricionales de los procesos y productos siguientes. En ello interfieren factores como la cantidad de agua, concentración de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH}_2)$), características del grano maíz (dureza, homogeneidad, edad del grano, endospermo, porcentaje de amilosa y amilopectina), temperatura y tiempo de

cocción, tiempo de reposo y procedimiento de lavado (Flores, 1996; González, 2005; Contreras, 2015)

La solución alcalina repercute en un inicio en el pericarpio, provocando una degradación y solubilización parcial de sus componentes permitiendo la entrada de los iones de calcio y agua hacia el interior del grano (Flores, 1996; Contreras, 2015).

En el endospermo ocurre una gelatinización parcial (alrededor del 15 %) inducida por la hidratación de los gránulos de almidón y temperaturas cercanas a 65°C, aunque esto puede variar en base al tipo de almidón (relación amilosa- amilopectina). El gránulo de almidón comienza a hincharse, generalmente en primera instancia los gránulos de mayor tamaño y forma amorfa, la hidratación empieza en las zonas intermicelares amorfas y se comienzan a romper los enlaces de hidrogeno (puentes más débiles) localizados en la estructura desordenada de la amilosa, el gránulo pierde birrefringencia provocando que la amilosa y la amilopectina se dispersen. Para que los gránulos más fuertes o pequeños también gelatinicen se requiere la aplicación de más energía (Flores, 1996; González, 2005; Badui, 2006; Vázquez, 2013; Contreras, 2015).

Durante el tiempo de reposo del nixtamal (8- 24 horas) puede continuar de manera gradual la gelatinización de otros gránulos, pierden birrefringencia y por ende cristalinidad haciendo que el almidón sea soluble, posteriormente ocurre una retrogradación lenta (Flores 1996; Badui, 2006; Vázquez, 2013; Contreras, 2015).

La temperatura y tiempo de cocción durante la nixtamalización afectan las propiedades como la flexibilidad y rollabilidad de masa y tortillas (González, 2005).

2.7. Tortillas

La tortilla es un alimento milenario de la cocina tradicional mexicana cuya tecnología data de tiempos históricos, en 2010 fue inscrita en la lista representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2010).

Desde la época precolombina el maíz (*Zea mays*) hasta la actualidad ha tenido gran importancia por ser el principal alimento en México, especialmente en su forma de tortilla, aunque los derivados como totopos y tostadas también forman parte de la

gastronomía mexicana y tienden a expandirse a otros territorios (Vázquez, 2013). La NOM-187-SSA1/SCFI-2002 señala que la tortilla de maíz es un producto elaborado con masa que puede ser mezclada con ingredientes opcionales y que posteriormente es sometido a cocción. La masa se obtiene de la molienda húmeda de granos de maíz nixtamalizado o bien una pasta homogénea que se forma a partir de harina de maíz nixtamalizado y agua.

La tortilla tendrá forma de pan plano o aplastado y redondo, puede ser de color azul o violeta, blanco y amarilla dependiendo del tipo y variedad de maíz empleado en su elaboración. Sus principales características son: consistencia, flexibilidad, firmeza, uniformidad de su estructura, aspecto higiénico, vida de anaquel y características sensoriales (color, sabor, aroma, textura, olor) (Mendoza, 2017; Vázquez, 2013).

2.7.1. Elaboración artesanal

En las zonas rurales las tortillas se elaboran de manera artesanal, este proceso requiere de mayor tiempo y esfuerzo, es un ritual que se ejecuta todos los días por cientos de mujeres mexicanas de diversas edades (Mendoza, 2017; Vázquez, 2013).

El proceso inicia con la limpieza del maíz; se elimina hojarasca (hojas secas), insectos, piedras, tierra, etc. A continuación, someten a nixtamalización el maíz en recipientes de aluminio o barro sobre fuego con leña, después del reposo se procede a lixiviar (extracción sólido- líquido) dando 2 o 3 enjuagues con agua limpia para eliminar el nejayote y parte del pericarpio, una vez limpio el nixtamal se procede a realizar la molienda en metate hasta obtener una masa fina o bien en molino de discos y posteriormente “repasar” en metate para obtener la finura deseada. En cuanto la masa esta lista se procede a tomar porciones de aproximadamente 50 gramos, aunque dicha cantidad varía mucho en cada hogar dependiendo el tamaño deseado de la tortilla, se forma un “testal” con movimientos circulares y suaves de las palmas de las manos, para formar la tortilla; hay lugares donde aún acostumbran a elaborarlas “a mano” esto requiere de una habilidad que consiste en palmear e ir dando la forma circular hasta disminuir el grosor de los discos, otra manera más sencilla y adaptada en muchos hogares por la rapidez es poner directamente el “testal” en la “tortilladora manual” o

prensa y aplanar, en seguida se debe colocar la tortilla sobre un comal caliente (de barro o de hierro) para que se cuezan (Mendoza, 2017; Vázquez, 2013).

La calidad sensorial de estas tortillas recién elaboradas es la más preferida por los consumidores (Bello, 2016).

2.7.2. Elaboración a mayor escala

Con el paso del tiempo en las urbes se han implementado procesos mecanizados que facilitan la elaboración de las tortillas, misma que adquieren diferentes características físicas y sensoriales a las que son elaboradas de manera artesanal, sin embargo, las etapas o procesos ejecutados en las cuales ocurren cambios importantes son muy similares (Mendoza, 2017; Vázquez, 2013).

En primera instancia, existen tortillerías consideradas de escala mediana porque tiene similitud con el proceso artesanal en la nixtamalización y obtención de la masa, sin embargo, las cantidades de materias primas y producto son superiores al de un proceso artesanal, la meta es cubrir la demanda diaria de este alimento. Se utilizan molinos rotatorios o de tambores, tolvas y rodillos con moldes circulares que forman las tortillas, estas pasan directamente a bandas o mallas de acero inoxidable para entrar a un horno en forma de túnel con 115°C aproximadamente, de esta forma se cuecen y salen listas para ser empacadas y distribuidas a los consumidores (Flores, 1996; González, 2005; Mendoza, 2017; Vázquez, 2013).

Otra manera de elaboración de tortillas es mediante el uso de harina de maíz nixtamalizado para tortillas, esta generalmente es recibida en bultos que son vaciados en batidoras industriales y se adiciona agua purificada, realizan movimientos mecánicos hasta formar una masa consistente (González 2005). Posterior a ello, al igual que el proceso de mediana escala la masa se moldea en los rodillos y las tortillas son cocinadas en hornos (Mendoza, 2017; Compañía global de alimentos, orgullosamente mexicana, líder en la producción de harina de maíz y tortillas a nivel mundial: GRUMA, 2010; Vázquez, 2013).

Las tortillas resultantes de estos procesos difieren de las de un proceso tradicional en cuanto a flexibilidad, resistencia, sabor y olor (Mendoza, 2017).

2.7.2.1. Harina de maíz nixtamalizado

La obtención de harina de maíz es un trabajo importante de la industria alimentaria, dicho producto es esencial para satisfacer la demanda de tortillas, se trata del resultado de la molienda de los granos de maíz nixtamalizado y posterior deshidratación, es un polvo fino, con poca humedad (10-12 %), el olor y color depende del maíz. Se le encuentra en presentaciones de 1, 20 y 22 kg (NOM-187-SSA1/SCFI-2002).

Las condiciones de nixtamalización para el procesamiento de harinas comerciales de maíz cambian un poco; el tratamiento térmico alcalino es en menor tiempo, por ende, el cocimiento es parcial además de que el tiempo de reposo también es más corto que en el tradicional ocasionando que el grano no se hidrate por completo ni que la gelatinización del almidón se complete (García & Vázquez 2016).

El nixtamal es molido para obtener la masa que posteriormente se somete a secado instantáneo, aquí se complementa la gelatinización requerida para que la masa proveniente de esa harina tenga las propiedades deseadas. Este proceso es el más importante y crítico porque un secado rápido trae consigo la inducción a una gelatinización parcial, retrogradación y reducción en la cristalinidad del almidón, en consecuencia, afecta propiedades reológicas de rehidratación en la harina, disminuye la cohesividad, la plasticidad y la vida de anaquel de los productos e incrementa la retrogradación de la tortilla, una tortilla muy dura y con desagrado para su consumo (García & Vázquez 2016).

2.8. Características destacables de tortillas blancas y azules

2.8.1. Tortilla de maíz blanco

El maíz blanco se produce exclusivamente para consumo humano por el alto contenido de nutrientes, tiene un importante papel en la seguridad alimentaria de diversos países en desarrollo (FAO, 1993). Su color se debe a la ausencia de pigmentos de aceite carotina, estos producen el color amarillo (Jiménez, *et al.* 2012).

Durante la nixtamalización del maíz se genera disponibilidad de minerales como calcio, fósforo y potasio, asimismo hay pérdida de proteínas solubles durante el lavado del

nejayote, principalmente del pericarpio, del germen y de la capa de aleurona que es parcialmente destruida. A pesar de que se pierden nutrientes del maíz en el proceso térmico alcalino, hay ciertas recuperaciones por cambios químicos que permiten la biodisponibilidad e incremento de lisina y triptófano, importantes aminoácidos esenciales que hacen mejore la calidad proteica nutricional de la tortilla en comparación con el grano crudo (Muñoz *et al.*, 1999; Figueroa *et al.*, 2001; Gaytán *et al.*, 2012), ellos encontraron similitudes entre el contenido proteico de tortillas elaboradas con un procedimiento tradicional y tortillas integrales. Bressani *et al.* (2001) y Flores *et al.* (2002) reportaron valores para harina comercial en México de 8.11-6.68% y 10.49- 9.2%, los autores mencionan que las variaciones encontradas en harinas de un proceso tradicional y harinas comerciales se deben al genotipo de maíz usado para la obtención de la harina.

2.6.2. Tortilla de maíz azul/morado

En México se consume en mayor proporción la tortilla de maíz blanco (Espejel, *et al.*, 2016), gracias a la disponibilidad del grano de maíz en variedades de color azul/morado y rojos se ha generado un mayor interés y consumo de estas tortillas, son un alimento con beneficios para la salud (Salinas, 2017; Ramírez, *et al.* 2020).

La tortilla azul contiene antocianinas, que son flavonoides o fitoquímicos resultantes del metabolismo secundario de las plantas, se localizan en la capa periférica; aleurona del grano, proporcionan esa coloración azul/morada. Se han encontrado razas en las cuales se pueden encontrar pigmentos en el endospermo (Salinas, 2017; Buendía, 2020).

No solo las antocianinas del grano tienen función antioxidante, hay un grupo más amplio de sustancias que están presentes en los maíces pigmentados y que son benéficas para los seres humanos. Entre estos compuestos fitoquímicos están los fenoles, flavonoides, ácido ferúlico, luteína, zeaxantina, β -criptoxantina y carotenos, entre otros. Todos estos han sido estudiados en otros vegetales y han demostrado efectos benéficos en la salud y prevención de enfermedades (Sebastián, 2018).

Se ha observado que estas sustancias proveen: protección contra el estrés oxidativo de las células, previniendo así el envejecimiento celular y la aparición de enfermedades degenerativas, superando el efecto antioxidante de la vitamina E. Tienen también propiedades anti-inflamatorias, antialérgicas, antitumorales y antimicrobianas. Protegen los vasos sanguíneos del daño ocasionado por los altos niveles de azúcar en pacientes diabéticos gracias a su efecto vaso-relajante (Ramírez, *et al.* 2020).

El contenido de almidón es menor y por ende un índice glucémico inferior a la tortilla de maíz normal, tiene una carga proteica en un 20 % superior a la de maíz blanco (Méndez *et al.*, 2005). Ofrece características de textura, aroma y sabor, mejores respecto a la tortilla de maíz blanco. Salinas (2017) encontró que no hay diferencia significativa en el contenido de minerales en las tortillas de maíz azul/morado y las de maíz blanco, excepto en el contenido de zinc de la variedad azul Chalqueño, su contenido es superior a los demás (Elotes cónicos y bolita, ambas azul/morado y maíz blanco).

2.9. Composición nutricional de la tortilla

Existen diversas variedades de maíz de las cuales depende el color de las tortillas, así como el contenido de los nutrientes. Son fuente rica en carbohidratos, seguido de proteínas, son bajas en sodio y grasa. En la nixtamalización, la adición de cal permite un mayor aporte de calcio, fósforo y potasio. El contenido de proteínas del maíz amarillo es ligeramente mayor a la del blanco, además tiene un pigmento que ayuda a asimilar la vitamina A (FAO, 1993; Salinas, 2017).

En el proceso de cocción ocurren cambios que modifican el contenido de otros nutrientes (González, 2005; Contreras, 2015). En el cuadro 1 se muestra el contenido nutrimental de tortillas de maíz amarillas, blanca y moradas o azules, se puede observar que no hay aporte de vitaminas liposolubles: A, D y E. Es importante señalar que la tortilla es de los productos más consumidos en el país y mientras más bajo es el nivel socioeconómico mayor es la dependencia hacia este producto, por lo que el aporte de algunos nutrientes resulta deficiente (FAO, 1993; Vázquez, 2013).

Cuadro 1. Contenido nutrimental de tortillas de maíz blanco, amarillo y azul

Componente	Tortilla de maíz amarillo	Tortilla de maíz blanco	Tortilla de maíz morado/azul
Energía (Kcal)	239.06	204.00	302.00
Humedad (g)	42.20	47.80	28.20
Cenizas (g)	0.83	0.80	0.90
Extracto etéreo (g)	3.02	1.00	2.93
A.G.S	0.20	0.10	*
A.G.M.I	0.50	0.40	*
A.G.P.I	0.90	0.80	*
Colesterol (mg)	0.00	0.00	*
Proteína bruta (g)	5.50	5.40	6.53
Hidratos de carbono (g)	47.47	44.90	56.42
Fibra bruta (g)	0.98	*	0.89
Fibra D.T. (g)	5.50	4.40	4.70
Fibra D. Insol. (g)	4.90	4.10	4.20
Ca (mg)	66.66	124.00	86.34
P (mg)	155.65	123.00	163.47
Fe (mg)	1.40	0.20	1.87
Na (mg)	0.00	*	13.08
K (mg)	151.78	*	209.13
Mg (mg)	61.82	*	67.05
Cu (mg)	0.36	0.33	0.44
Zn (mg)	1.53	2.44	2.15
Vit. A (ug RAE)	20.00	2.00	*
Vit. B1 (mg)	0.12	0.10	0.13
Vit. B2 (mg)	0.05	0.04	0.08
Niacina (mg)	1.02	1.02	2.50

© Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). 2015

2.7. Clasificación de la tortilla

La clasificación que se muestra a continuación es únicamente haciendo referencia a las originadas del proceso de nixtamalización de maíz y están agrupadas de acuerdo a sus características más notorias.

- **Por su color:** las hay amarillas, blancas, rojas, verdes y azules o moradas, esto depende del tipo de maíz ya que este proporciona cualidades únicas a la tortilla, para obtener tortillas verdes se adiciona un porcentaje de harina de nopal.
- **Por su forma:** la tortilla es redonda y plana, pero si es hecha artesanalmente tendrá las orillas diferentes a las que son hechas en máquinas tortilladoras. Las

tortillas destinadas para platillos tendrán formas diferentes: muy redondas y finas para tacos, ovaladas para flautas, ovaladas y gruesas para “huaraches”, quesadillas, etc.

- **Por su tamaño:** hay un tamaño estándar que es el que generalmente tienen las que son elaboradas en las tortillerías, las taqueras son mucho más pequeñas, otras muchos más grandes que se elaboran en estados como Oaxaca para las tlayudas y los totopos (hasta 20 o 30 cm de diámetro).
- **Por su método de cocción:** pueden ser cocidas en comal con fuego de gas, leña o carbón o en comal de barro sobre las brasas.

La tortilla de harina de trigo tiene gran consumo al norte del país, hay tortillas con ambos tipos de harina (maíz y trigo) éstas poseen una textura más suave y mejor rollabilidad (Choperene, 2020).

2.10. Hongos comestibles

Los hongos son organismos, en su mayoría filamentosos con crecimiento apical, eucarióticos, aclorófilos, heterótrofos por absorción, con reproducción asexual y sexual por medio de esporas, y con pared celular principalmente constituida por quitina o celulosa (Herrera y Ulloa, 1990).

Han sido descritas 300, 000 taxa, con cerca de 10, 000 especies de macromicetos, de esta cantidad, alrededor de 2, 000 especies se consideran comestibles (Rossman 1994). Un informe de la FAO (2005) señala que puede un hongo ser comestible, aunque no sea consumido (alimento), esto debido a la cultura y conocimiento de las diversas zonas de cada país.

Los hongos comestibles se encuentran de manera natural creciendo en troncos, hojas, ramas muertas y de manera simbiótica o bien siendo cultivados en sustratos (residuos o esquilmos de trigo, caña, café, frijol, algodón, etc.), son estos los que más se consumen y comercializan (Núñez, 2019).

Los hongos comestibles aportan entre 26- 35 Kcal por cada 100 gramos, posee de un 80 a 90 % de agua. Son buena fuente de proteína, alto contenido en fibra y bajo contenido graso, aportan una importante cantidad de vitaminas del grupo B (niacina,

tiamina y B₁₂) y de precursores de vitamina D como el ergosterol que favorecen la absorción de calcio y fosforo (Barros *et al.*, 2007). Los hongos comestibles aportan compuestos bioactivos por lo que se han convertido en un foco de estudio para la creación de nuevos alimentos funcionales (CTICH, 2015).

2.11. *Pleurotus ostreatus*

Seta de ostra, Orellana, oreja blanca, gírgola, champiñón ostra y otros nombres es como se conoce al *Pleurotus ostreatus*, se trata de un hongo lignícola saprófito (crecimiento en materia orgánica muerta), pluricelular, macroscópico, considerado como carne vegetal por su aporte de proteínas, sabor y olor fúngico- agradable. Además de tener buenos rendimientos y ser un cultivo de impacto ecológico por el uso de residuos agroindustriales (CTICH, 2015; Núñez, 2019).

La lignina es un compuesto que sólo puede ser degradada por un número limitado de bacterias y hongos. *Pleurotus ostreatus* pertenecen al grupo de Basidiomycetes, los cuales producen exoenzimas que degradan eficientemente la celulosa, hemicelulosa y lignina en compuestos de bajo peso molecular que representan su fuente de carbono y energía (Pérez *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2005; Sánchez 2009), esta característica viene a facilitar la producción del mismo debido a que los sustratos a utilizar no necesitan un pretratamiento más que la esterilización del mismo (Núñez, 2019).

2.11.1. Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

Subdivisión: Eumicotina

Clase: Basidiomycetes

Subclase: Homobasidiomicetidae

Orden: Agaricales

Familia: Agaricaceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *Ostreatus*

Nombre científico: *Pleurotus ostreatus*

(Romero, 1993)

2.11.2. Características morfológicas de *Pleurotus ostreatus*

- Sombrero o píleo, el tamaño y forma depende de la edad y las condiciones en que se desarrolla, va de 5 a 20 cm de diámetro, en un principio tiene forma abombada y redonda, a medida que crece este se va ensanchando hasta tener forma de ostra, con una textura lisa en la parte superior y laminillas en la inferior, su color varía desde blanco, gris claro a oscuro y azulado (color más oscuro en presencia de humedad y pálidos en ambientes secos) y amarillento en etapas más avanzadas de edad. Los bordes son ondulados, delgados y algunas veces enrollados (Figura 3) (Sánchez & Royce, 2001).
- Las laminillas o himenio son desiguales, espaciadas se encuentran dispuestas radialmente desde el tallo o pie hasta el borde de sombrero (en la parte inferior), su color puede ser blanco, crema o marfil, son suaves y frágiles al tacto. En ellas se encuentran las esporas (Sánchez & Royce, 2001; García 2003; Núñez, 2019).
- Las esporas vistas al microscopio, son alargadas, casi cilíndricas y miden de 7 a 11.5 x 3 a 5.6 micras. Cuando se depositan en masa forman un polvillo harinoso de color blanco con tono lila-grisáceo (García, 2003).
- Pie, también llamado estípite y su función es sostener el sombrero, suele ser corto de 1 a 4 cm y en ocasiones ausente, es oblicuo, un poco duro y de color blanco. Su inserción en el sustrato es algo lateral u horizontal y depende de si crece de forma aislada o en grupo (superpuestos). Su textura es lisa y aterciopelada en la base (Núñez, 2019).



Figura 3. Hongo *Pleurotus ostreatus* adulto (Arrúa y Quintanilla, 2007).

2.11.3. Ciclo de vida

Los hongos comestibles se reproducen mediante la formación de semillas muy pequeñas denominadas esporas o basidiosporas localizadas en el himenio que son las encargadas de producirlas, hay dos tipos de esporas: espora (+) y espora (-), cuando la espora entra en contacto con un sustrato y encuentra humedad, temperatura y pH adecuados, germina formando un pequeño tubo o filamento que recibe el nombre de hifa. El filamento está formado por varias células que se sitúan una a continuación de otra, las hifas crecen y se dividen, formando una red de hifas debajo del suelo que recibe el nombre de micelio primario bien desarrollado, conocido como homocarión por tener un solo tipo de núcleo generalmente haploide (Figura 4) (Sánchez y Royse, 2001).

Pleurotus ostreatus pertenece a la clase Basidiomycetes, en este grupo el micelio homocarión no fructifica, pero es capaz de crecer vegetativamente. En ciertos tipos de hongos comestibles, puede formar esporas asexuales del tipo oídio que al germinar dan origen a un micelio homocarión. En otros casos los oídios funcionan como gametos masculinos y se unen a hifas de micelio compatible para formar el micelio heterotálico, típico de la reproducción sexual (Ardón, 2007).

Micelios distintos o compatibles se fusionan por plasmogamia (Figura 4), mediante una hifa procedente de cada uno dando origen a un micelio secundario o dicarion (también heterocarion); se caracterizan por tener células con dos núcleos haploides y fíbulas en los septos de las hifas. Las fíbulas son estructuras especializadas que permiten el

intercambio de núcleos entre cada compartimento hifal, aunque no necesariamente el dicarion las forma (Velásquez, 1995; Ardón 2007).

El micelio heterocarión es capaz de crecer vigorosamente y de multiplicarse vegetativamente en esta condición de forma indefinida. Aun cuando la inducción y la formación de los basidiocarpos o setas (Figura 4), son regulados por la interacción de un gran número de factores, se pueden mencionar que estas son favorecidas por los cambios bruscos de humedad y concentración de CO₂. El ciclo reproductivo del hongo (setas) es de 7 a 8 semanas. Inicia cuando el hongo maduro suelta sus esporas, las cuales son las células que van a dar origen al micelio (o semilla) éste a su vez va a dar origen a la seta. El ciclo concluye cuando el hongo seta maduro termina de soltar las esporas e inicia a degradarse y muere (Sánchez y Royse 2001; Ardón 2007).

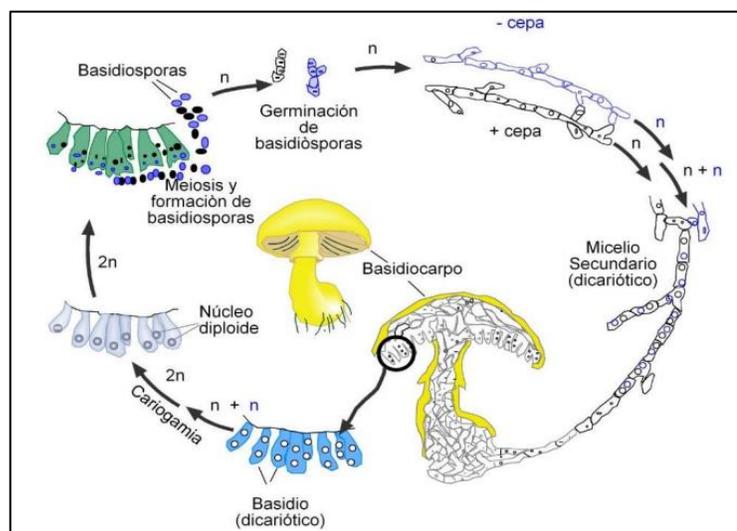


Figura 4. Ciclo de vida de un hongo. Fuente: Barba & López, 2017.

2.11.4. Hábitat natural del *Pleurotus ostreatus*

En México existen más de 300 especies de hongos comestibles que se recolectan en temporada de lluvias, dado que el crecimiento de estos se ve favorecido por la humedad, *Pleurotus ostreatus* crece en hojarasca y troncos de árboles caídos, generalmente en bosques de zonas tropicales y subtropicales, con árboles como fresnos, chopos, sauces y otros de hojas anchas (Núñez, 2019).

2.12. Importancia del cultivo y producción de *Pleurotus ostreatus*

La producción de hongos de *Pleurotus ostreatus* en México y en el mundo tiene gran impacto e importancia por los beneficios económicos, sociales, ecológicos, entre otros (Núñez, 2019).

2.12.1. Importancia ecológica

Este hongo es de carácter descomponedor, mantiene el equilibrio en la naturaleza; reciclan y liberan nutrientes que son esenciales para los demás organismos naturales como plantas y animales (Núñez, 2019). Tiene la habilidad de degradar lignina, hemicelulosa y celulosa, utiliza los desechos en su estructura original, no necesita que sean sometidas a un proceso de degradación bioquímica o microbiológica completa o parcial, es por eso que al año se logran emplear toneladas de subproductos agrícolas, de la agroindustria y forestales (Reyes, 2016; Carrasco *et al.*, 2017). También es capaz de degradar productos como papel, pinturas, etc. Después del uso de estos sustratos se pueden utilizar como abono (Martínez, 2002; Sánchez y Royse, 2001).

2.12.2. Importancia económica

Este cultivo en comparación con otros convencionales y agroindustriales, tiene una excelente eficiencia en el proceso de producción para utilizar y convertir el agua y la energía en alimento humano. Se estima que para producir 1 kg de *Pleurotus ostreatus* empleando tecnologías rústicas se requieren 28 L de agua, en un periodo de 25-30 días después de la incubación (López, 2011).

2.13. Contenido nutrimental y funcional del hongo *Pleurotus ostreatus*

Los hongos contienen compuestos micoquímicos con bioactividades como son los polisacáridos, péptidos, proteínas, triterpenos, policétidos, nucleótidos, etc. Estos poseen capacidades antioxidantes, propiedad inmunomoduladora, anticancerígena, antiglicémica, antihipertensivo, antiinflamatorio, antiviral, y hepatoprotectora (CTICH, 2015; Carrasco, 2017; Núñez, 2019). Las cantidades de los compuestos dependen de las condiciones bajo las cuales se produce el hongo, por ejemplo: el sustrato, la forma de cultivo, condiciones de almacenamiento y procesamiento a los cuales se someten (López, 2011; Núñez, 2019). Es un alimento ideal, científicos proponen incluirlos en la dieta por ser un alimento de baja densidad calórica y energética (CTICH, 2015).

2.13.1. Proteína

El género *Pleurotus* parece ser el que mayor calidad proteica presenta, específicamente *Pleurotus ostreatus* contiene 23.0 % comparable a proteína de guisante (20-30 %) o garbanzo (20-25 %) (Carrasco *et al.*, 2017). Es llamado el “bistec vegetal” porque su composición es parecida a la de origen animal, posee excelente digestibilidad proteica y satisface los requisitos nutricionales de aminoácidos para adultos los que predominan alanina, ácido glutámico y glutamina, seguidos de leucina, isoleucina, valina, triptófano, lisina, treonina, histidina y arginina (Breene, 1990; Fennema, 2000; Carrasco *et al.*, 2017).

En la figura 5 se observa que *Pleurotus* es de los hongos que contienen un nivel de proteína superior al de los vegetales más comunes, con excepción de la alcachofa.

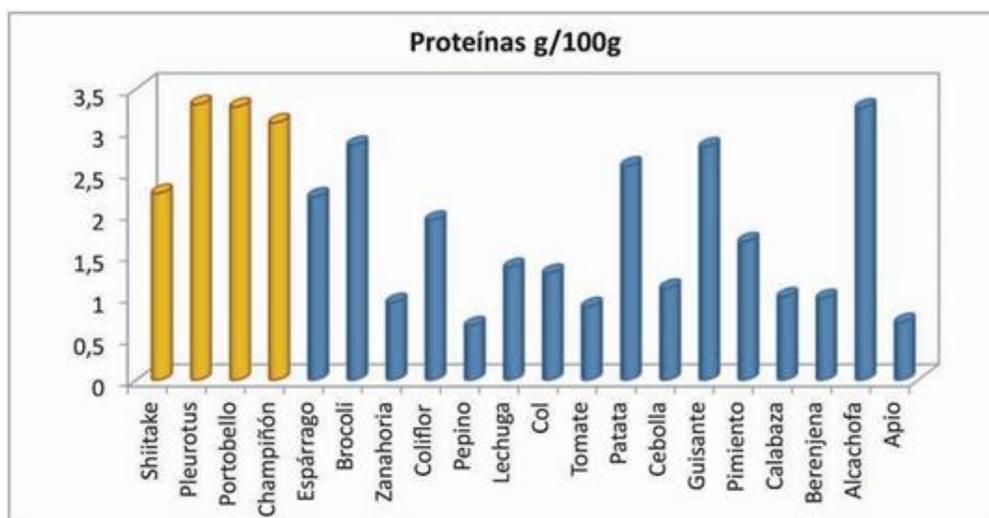


Figura 5. Contenido de proteína en hongos respecto a vegetales.
Fuente: U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>.

2.13.2. Carbohidratos

El contenido de carbohidratos es bajo 9.30 g/ 100 g, la composición consta de pentosas, hexosas, sacarosa, alcohol- azúcares, metilpentosas y amino- azúcares como la quitina (Breene, 1990).

El contenido de carbohidratos complejos en conjunto con la fibra permite que sea un alimento con bajo índice glucémico (IG=15), permitiendo una digestión más lenta y

liberación moderada de azúcar, esto es recomendable en personas diabéticas. Tal como se observa en la figura 6, el contenido de carbohidratos en los hongos es inferior e incluso similar a varios de los vegetales más comunes, por lo que al igual que estos se consideran como poco calóricos (CTICH, 2015).

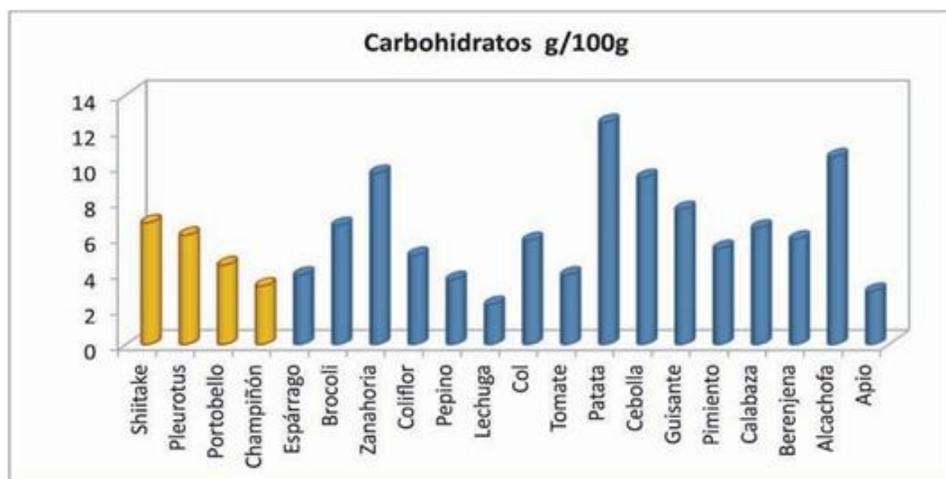


Figura 6. Contenido de carbohidratos en hongos respecto a vegetales.
Fuente: U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>.

2.13.3. Lípidos

El contenido de grasa es relativamente bajo (menos del 5 % en peso seco), posee un perfil de ácidos grasos en donde destacan los monoinsaturados (ácido oleico) y el ácido linoleico (omega 6) hasta en un 80 % del total de ácidos grasos. Aunque en menor cantidad, también contiene di y triglicéridos, esteroides, esteroides y fosfolípidos (Breene, 1990; Diez y Álvarez, 2001; Reis *et al.*, 2012).

Los ácidos monoinsaturados tienden a beneficiar el sistema cardiovascular al disminuir el LDL (lipoproteínas de baja densidad, por sus siglas en inglés) o colesterol malo. El ácido linoleico y linolénico son fundamentales en la etapa de gestación, lactancia e infancia, permiten el desarrollo adecuado de tejidos y de órganos como el cerebro y retina (FECYT, 2005).

2.13.4. Vitaminas

Las vitaminas esenciales deben ser integradas en la dieta y en su mayoría son coenzimas, estos compuestos son fundamentales en la catálisis de reacciones

químicas del metabolismo de los alimentos, los hongos se consideran una fuente importante de vitaminas (CTICH, 2015).

Del complejo B *Pleurotus ostreatus* contiene tiamina (B₁) entre 0.60 y 0.90 mg/100 g Sobre Materia Seca (s.m.s.), esta es necesaria para convertir los carbohidratos en energía para el cerebro y sistema nervioso; riboflavina (B₂) no más de 0.40 mg/100 g s.m.s., es responsable de la degradación y liberación de energía de ciertas moléculas como ácidos grasos, aminoácidos y carbohidratos así como de la producción de glóbulos rojos y mantenimiento de la salud ocular; también contiene niacina (B₃) en forma de ácido nicotínico cuyo contenido oscila entre 34 y 109 mg/ 100 g s.m.s. actúa como coenzima en reacciones de óxido- reducción en el metabolismo energético de moléculas de glucosa, grasa, alcohol, y tiene repercusiones en el sistema nervioso, aparato digestivo y la piel. El contenido de la vitamina B₁₂ es relativamente bajo, entre 0.60 y 0.80 µg/ 100 g s.m.s. dicha vitamina es clave para metabolizar proteínas, es importante en la formación del ADN y previene anemia megaloblástica. El contenido de estas vitaminas suele ser mucho menor en vegetales como espárrago, brócoli, zanahoria, coliflor, pepino, col, tomate, cebolla, guisante, papa, pimiento, calabaza, berenjena, alcachofa, apio, entre otros (CTICH, 2015).

La vitamina D es punto clave en la regulación de calcio y fósforo en sangre, así como la absorción en estómago, intestinos y riñones, contribuye a la formación y mineralización ósea, además de que se le atribuyen cualidades positivas en tratamiento y prevención de enfermedades cardiovasculares, disfunción muscular y cáncer. *Pleurotus ostreatus* contiene en promedio 30 IU/ 100 g de vitamina D en forma de su precursor ergosterol, siendo esta cantidad superior a la que contienen otros hongos como shiitake, portobello, champiñón y vegetales en general (CTICH, 2015).

2.13.5. Minerales

Los minerales son de vital importancia en la dieta humana, suelen tener funciones metabólicas esenciales y de estructura. Los hongos tienen la capacidad de acumular minerales en sus cuerpos fructíferos, poseen macroelementos como potasio, fósforo, magnesio, sodio y calcio, también microelementos entre los que destacan cobre, selenio, hierro y zinc. Esta último actúa como un antioxidante, además, es un

componente de varias selenoproteínas con función preventiva de algunas formas de cáncer (Lu y Holmgren, 2009; Carrasco *et al.*, 2017).

Pleurotus ostreatus tiene de 20 a 30 mg/ 100 g de sodio, por lo general las setas aportan un bajo contenido de este compuesto y poseen el aminoácido glutamato de manera natural que hace de este un alimento recomendable para hipertensos por su aporte de sabor sin riesgos a su salud (CTICH, 2015).

El cuerpo fructífero de este hongo rico en calcio puede proporcionar el 33 % del valor diario recomendado (1000 mg/ 100 g), además, se encontró que puede contener 83.3 mg/ 100 g que es 4.62 veces el valor diario recomendado (Carrasco *et al.*, 2017).

2.13.6. Fibra

La fibra es un polisacárido cuya estructura no logra ser hidrolizada por el metabolismo humano, los alimentos ricos en fibra son recomendables para prevenir enfermedades como diabetes, cáncer, colesterol alto, obesidad, padecimientos cardiovasculares y tienden a mejorar tránsito intestinal.

Los hongos contienen una cantidad de fibra muy aceptable (*Pleurotus ostreatus* 2.5-3.0 g/ 100 g); soluble e insoluble, entre los compuestos que la conforman están la lignina y β -glucanos que se han asociado ampliamente con prebióticos y efectos positivos para la salud tales como anti-colesterol, anti-cáncer y propiedades inmunomoduladoras (Carrasco *et al.*, 2017).

Estudios señalan que el compuesto β -glucano del género *Pleuran* tiene un efecto supresor de tumores y estimula el sistema inmunológico (Karácsonyi & Kuniak, 1994; Khan y Tania, 2012). Beneficia la modulación humoral y celular disminuyendo consigo la morbilidad por infecciones respiratorias (Jesenak *et al.*, 2013). Actualmente el género *Pleurotus* es reconocido por la bioactividad de sus β -glucanos demostrada en humanos y se comercializa como inmunoestimulante natural (Carrasco *et al.*, 2017).

Los β -glucanos del género *Pleurotus* previenen la ganancia de peso y la hiperlipidemia, estudios realizados por el CTICH en colaboración con CIBIR (Centro de Investigación Biomédica de La Rioja) demostraron que el extracto de *Pleurotus ostreatus* sobre cultivos celulares aumentaba la lipólisis, este proceso es de gran importancia porque

metaboliza los triglicéridos almacenados disminuyendo con ello el tamaño del adipocito y por ende el tejido adiposo, además se observó una disminución en los niveles de leptina en adipocitos subcutáneos, esta hormona suele estar en niveles alarmantes en las personas con problemas de obesidad (Kanagasabapathy *et al.*, 2013; CTICH, 2015).

Estos mismos compuestos tienen un efecto regulador de colesterol, los β -glucanos e inhibidores de la enzima HMG-CoA reductasa (3-hidroxi-3-metil-glutaril-CoA reductasa, abreviada oficialmente como HMGCR) son derivados del ergosterol. Pueden sintetizar lovastatina, una enzima hipocolesterolémica que inhibe la enzima HMG-CoA reductasa, también aumenta la actividad de los receptores LDL. Algunos β -glucanos se unen a ácidos biliares, evitando la formación de micelas y absorción de colesterol (Fidge, 1993; Bobek y Galbavy, 1999; Gil-Ramírez *et al.*, 2013; CTICH, 2015).

La cantidad de fibra en los hongos sufrirá cambios dependiendo los sustratos y condiciones de cultivo empleados en su producción, así como por los métodos de procesamiento y preparación, los porcentajes son un tanto inferiores al de vegetales como alcachofas, berenjena, zanahoria, coliflor, entre otros (CTICH, 2015; Núñez, 2019).

Li *et al.*, 2015 señala que se pueden realizar modificaciones fisicoquímicas de polisacáridos, como el grado de ramificación y adición de grupos sustituyentes (sulfatos, selenatos), que influyen en gran medida en la bioactividad. La sulfatación de los polisacáridos de *Pleurotus* aumenta la solubilidad y la actividad antiviral, anticancerígena, anticoagulante y actividades antioxidantes (Carrasco *et al.*, 2017).

2.13.7. Compuestos bioactivos de bajo peso molecular

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios que intervienen en la calidad sensorial de los alimentos frescos y procesados, hay un gran interés en estos fitoquímicos porque contribuyen al mantenimiento de la salud; tienen una alta capacidad antioxidante que se asocia con la disminución de enfermedades cardiovasculares y cáncer, además la presencia de estos compuestos tiende a

disminuir la utilización de aditivos antioxidantes, pudiendo con ello englobarlos como alimentos funcionales (Posada *et al.*, 2003). En especies de setas como *G. frondosa*, *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus* se ha mostrado que sus extractos acuosos y metanólicos son ricos en compuestos fenólicos y tienen alta capacidad antioxidante *in vitro* (Elmastas *et al.*, 2007; CTICH, 2015).

La ergotioneína es otro compuesto antioxidante *in vivo* de los hongos, *Boletus edulis* es el hongo con mayor contenido de entre todos los alimentos (528.1mg/ kg sobre masa húmeda (s.m.h.)), *Pleurotus ostreatus* posee este compuesto (2- 2.59 mg/kg s.m.s.) que protege a las células de daño oxidativo y es apropiado para integrarlo a la dieta (Dubost *et al.*, 2007; CTICH, 2015).

2.13.8. Compuestos bioactivos de alto peso molecular

En especies de *Pleurotus* se han aislado lecitinas que contienen glucosa, arabinosa, galactosa, manosa y xilosa, estas son proteínas que se unen a azúcares con una especificidad alta, generan acción inmunomoduladora, antiproliferativa, antitumoral y actividad hipoglucémica (CTICH, 2015).

2.14. Aceite esencial de tomillo

Tomillo (*Thymus vulgaris* L.) es una planta pequeña, ramificada de color gris-verde y racimos de flores que pueden ser de color púrpura o rosa, es perenne perteneciente a la familia Lamiaceae, es aromática y rica en aceites esenciales utilizados en el área de la medicina y también en la gastronomía (Naturvegan Ecológico S.L., 2021).

El aceite esencial se obtiene de las partes aéreas de la planta de tomillo. Se pueden utilizar diferentes métodos de extracción, pero el más común y extendido es la destilación por vapor, realizada preferentemente durante la época de floración cuando sus componentes alcanzan la mayor concentración. Tiene un aroma picante, fresco y balsámico que es muy penetrante (Farmacopea Europea, 2008; Naturvegan Ecológico S.L., 2021).

Los aceites esenciales constituyen los metabolitos secundarios de las plantas, mismos que no participan en la alimentación, pero pasan a formar parte esencial de otras

funciones por ejemplo en su defensa natural, pigmentación de los frutos, tallos, hojas y flores (Fuentes, 2020).

Los metabolitos secundarios son de gran interés para el ser humano debido a que el consumo y aplicación trae consigo beneficios a la salud, en el caso del aceite esencial de tomillo, es compuesto por más de 200 moléculas entre las cuales destacan los monoterpenos como carvacrol, timol, p-cimeno, gamma-terpineno, limoneno, borneol, linalool, entre otros, en conjunto brindan una característica importante al aceite esencial de tomillo, su capacidad antimicrobiana muy similar a las del orégano (Fuentes, 2005).

Las composiciones de los aceites esenciales están muy influenciadas por factores intrínsecos como las variantes de especies, clones, ecotipos y factores ecológicos como el origen geográfico, condiciones climáticas, suelo, técnicas de cultivo, procesos de recolección, condiciones de secados y almacenamiento, entre otros (Naturvegan Ecológico S.L., 2021).

2.15. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina científica encargada del estudio y análisis de la interpretación de respuestas y reacciones a las características de los alimentos y otras sustancias que se perciben mediante los sentidos: vista, olfato, gusto, tacto y oído. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que significa sentido, el análisis o evaluación sensorial permite conocer y describir las características, detectar si hay aceptación o rechazo del alimento y también el grado en el que ocurre, esta disciplina se auxilia de otras como la química, física, matemáticas, psicología y sobre todo de la estadística (Hernández, 2005).

La aplicación de la evaluación sensorial en industrias alimentarias tiene gran importancia de diversos aspectos:

- Control y aseguramiento de la calidad en entrada, proceso y salida de productos y de materias primas.
- Vigilancia del producto y del almacenamiento; vida útil y estabilidad.
- Creación de estándares de calidad.

- Diseño de nuevos productos, reformulaciones, etc.
- Evaluación del impacto de diferentes procesos de elaboración, cambio de parámetros, condiciones ambientales, sustitución de ingredientes, etc.
- Descripción de nuevos productos.
- Preferencias del consumidor.
- Implementación de marketing.

(Cruz, 2005; Hernández, 2005).

Existen diferentes tipos de pruebas, cada una con diferente finalidad y en cada una varían las condiciones bajo las cuales se ejecutan, tales condiciones son: temperatura, espacio, iluminación, materiales, panelistas, en tiempo de realización, entre otras. Existen tres tipos diferentes que a su vez estarán divididas en otras, su uso depende del objetivo:

1. Pruebas afectivas: permite conocer el nivel de agrado y preferencia de un producto por parte del consumidor, para ejecutar este tipo de pruebas no es necesario que el panelista tenga entrenamiento o consumidores usuales del producto, incluso se puede aplicar en la zona donde comúnmente se adquiere o consume el producto. Para que tenga validez estadística es necesario realizar en promedio 60 ensayos.

Dentro de las pruebas afectivas están las siguientes:

- Prueba de aceptación: permite conocer si le gusta o no el producto y si está dispuesto a adquirirlo.
- Prueba de preferencia: se emplea para conocer el nivel de agrado de un producto sobre otro. Puede ser una prueba pareada en caso de ser dos productos o formulaciones, o bien de ordenamiento que es cuando hay un mayor número de muestras.
- Pruebas de satisfacción: hedónica verbal o hedónica facial (grafica), brinda información sobre el grado de satisfacción de un producto empleando escalas desde me disgusta mucho hasta me gusta mucho, puede aplicarse incluso en niños como en caso de la escala hedónica facial.

Pruebas discriminativas: se comparan dos o más muestras y analizar si se perciben diferencias en algún grado o característica de alimentos, así como la magnitud de la misma. El panelista requiere de un entrenamiento medio, de 12 a 20 personas y debe realizarse en un laboratorio adecuado para que no haya interferencia con los resultados.

Dentro de estas podemos localizar las siguientes:

- Pruebas de diferenciación: pueden ser para comparar entre dos y cinco muestras, reciben nombre de prueba de comparación de pares, prueba dúo-trío y prueba triangular, si se usan más de cinco muestras entonces se recurre a escalas de control y pruebas de ordenamiento.

- Pruebas de sensibilidad: son aplicadas para determinar la habilidad del panelista de percibir una mínima cantidad o si reconoce el cambio de intensidad de acuerdo a las características evaluadas de la muestra. Se clasifican en prueba de umbral de detección y prueba de umbral de reconocimiento.

Pruebas descriptivas: para la ejecución de este tipo de pruebas es necesaria la colaboración de 6 a 12 jueces entrenados y se debe realizar en un laboratorio específicamente para pruebas sensoriales, este tipo de pruebas en ocasiones llevan más tiempo. Se ejecutan reconocimientos de características de un producto, descripción de las mismas y de las exigencias del consumidor, pudiendo realizar con ello mejoras en formulaciones. Estas se clasifican en: escalas de clasificación, perfil de textura, perfil del sabor y pruebas de análisis descriptivo cuantitativo (Hernández, 2005).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Evaluación Sensorial perteneciente al Departamento Ciencia y Tecnología de Alimentos de la División de Ciencia Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Saltillo, ubicada en la ex hacienda de Buenavista, municipio de Saltillo; Coahuila, a 7 km al sur de esta ciudad, sobre la carretera 54 (Saltillo-Zacatecas). Se localiza entre las coordenadas geográficas 25°22' de latitud norte y 101°02' longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm. Clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias en verano y una precipitación invernal superior al 10 % del total anual. La precipitación total anual media de 350-400 mm. La temperatura media anual de 19.8 °C.

3.1. Materiales para la elaboración de la tortilla funcional

Para la elaboración de las tortillas funcionales se utilizaron 2 tipos de harina comercial de la marca Maseca; harina blanca sin gluten y azul (o morada).

Las formulaciones se diseñaron en base a 250g de harina como un 100 %, se sustituyó con 15 y 20 % de hongo *Pleurotus ostreatus* en fresco del peso de la harina. Se adiciono un ingrediente extra, aceite esencial de tomillo en una cantidad de 0.0025 µl para no alterar las propiedades organolépticas de las tortillas, principalmente el olor y sabor.

3.2. Actividades

3.2.1. Preparación de materiales

Las harinas comerciales Maseca (harina de maíz nixtamalizado) se adquirieron en un centro comercial Al Super de la ciudad de Saltillo, para ello se consideró utilizar harina blanca y azul o también conocida como morada. Se mantuvieron a temperatura ambiente en el empaque perfectamente cerrado.

El hongo *Pleurotus ostreatus* se solicitó al Área de Fitotecnia del Departamento de Fitomejoramiento, posteriormente se almacenaron en bolsas de plástico cerradas

herméticamente y en refrigeración a 4° C hasta el momento de elaborar cada formulación de tortilla funcional.

El aceite esencial de tomillo fue proporcionado por la Dra. Xóchitl Ruelas Chacón del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la UAAAN. En la figura 7 se muestran los ingredientes utilizados.



Figura 7. Ingredientes utilizados.

3.2.2. Diseño de formulaciones de tortillas

Se diseñaron dos formulaciones para cada harina, una con 15 % de hongo y la segunda con 20 %. Se utilizó como referencia la cantidad necesaria para una tortilla tal como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Formulaciones de tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco y azul con *Pleurotus ostreatus*.

Ingredientes	Control		Blanca		Azul	
	Blanca	Azul	15 % Hongo	20 % Hongo	15 % Hongo	20 % Hongo
Harina, %	40.48	43.47	32.96	30.47	35.97	33.46
Hongo, %	0	0	15.00	20.00	15.00	20.00
Agua, %	59.52	56.53	52.03	49.52	49.02	46.52
Aceite esencial, %	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01

Elaboración propia.

La cantidad de agua se consideró de acuerdo a ensayos y repeticiones que se realizaron hasta obtener una masa firme, suave y sin que se pegara o batiera.

3.2.3. Mezcla de ingredientes

Las cantidades empleadas de cada ingrediente son en base al cuadro 2 y a la cantidad de tortillas deseadas.

Se pesó la cantidad adecuada de harina y hongo *Pleurotus ostreatus* en una balanza (Marca: Ohaus, Modelo: Compass Cx), la harina se colocó en un recipiente de plástico amplio y limpio. El hongo se trituró con 50 % de la cantidad total de agua a utilizar en un procesador de alimentos (Marca: Nutribullet, Modelo: 600atts NBR-0804R), hasta obtener una pasta firme sin grumos. En un vaso de precipitado se agregó 5 % de la cantidad total de agua con el aceite esencial de tomillo y se colocó en la parrilla de calentamiento (Marca: Lab Companion, Modelo: HP-30100) a 400 rpm y 70°C durante 1 min. Se adiciono la pasta del hongo, el agua y aceite esencial a la harina y se mezclaron de forma manual hasta homogenizar completamente, tal como se muestra en la serie de imágenes de la figura 8.



Figura 8. Preparación de la masa.

3.2.4. Moldeado de testales

Los testales se moldearon manualmente, de la masa blanca; control 29 g y 23 g aproximadamente para las que contenían hongo (15 y 20 %), en las azules control 23

g y 19 g para las de hongo (15 y 20 %). Todos los testales se colocaron en una charola de plástico (Figura 9).



Figura 9. Testales de masa blanca y azul.

3.2.5. Formación de los discos o tortillas

Una vez listos los testales se procedió a formar las tortillas utilizando una prensa o tortilladora manual de aluminio (de 18 cm de diámetro, marca: Sellatodomx, México) y se colocaron en un plato tal como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Tortillas (crudas).

3.2.6. Cocción de las tortillas

Al término de la elaboración de las tortillas se procedió a cocerlas en un comal antiadherente a fuego medio con una temperatura de 120°C; las tortillas se colocaron y dejaron 20 s de un lado, en seguida fueron volteadas 3 veces; 30 s, luego 15 s y por último 5 s justo cuando se inflaron (Figura 11). Completado los intervalos de tiempo

sobre el comal, fueron retiradas y colocadas en un tortillero listas para la evaluación sensorial y determinación de análisis bromatológico.



Figura 11. Cocción de las tortillas.

3.3. Determinación de la composición nutrimental de las tortillas funcionales

Se tiene en total 4 formulaciones de tortillas funcionales más las muestras control, las cuales fueron ordenadas y nombradas como se muestra en el cuadro 3.

Las tortillas fueron almacenadas en bolsas selladas y puestas en congelador a -18°C para evitar la proliferación de microorganismos y descomposición de las mismas.

Cuadro 3. Asignación de códigos a los tratamientos de tortillas.

Formulaciones		Códigos
Harina de maíz nixtamalizado blanco	Sin hongo	MA0%
	Con 15 % de <i>Pleurotus ostreatus</i>	MA15%
	Con 20 % de <i>Pleurotus ostreatus</i>	MA20%
Harina de maíz nixtamalizado azul	Sin hongo	MM0%
	Con 15 % de <i>Pleurotus ostreatus</i>	MM15%
	Con 20 % de <i>Pleurotus ostreatus</i>	MM20%

Elaboración propia

3.3.1. Preparación de las muestras

Las muestras se llevaron al Laboratorio de Bioquímica del Departamento de Ciencias Básicas donde fueron trituradas en una licuadora (Marca; Osterizer BLENDER®, Modelo; 450-10, 0451-13) y puestas en frascos de plástico con tapa hermética e identificados con los códigos de la tercera columna señalados en el cuadro 3, nuevamente se guardaron en refrigeración listas para los análisis posteriores.

3.3.2. Caracterización fisicoquímica

Se realizó un análisis proximal por triplicado a cada tratamiento, el cual consiste en ejecutar diversos procedimientos (métodos oficiales AOAC, 1995), para conocer la composición nutrimental, los cuales consisten en: contenido de humedad, materia seca total, cenizas, proteína, fibra, grasa, carbohidratos y contenido calórico.

3.3.2.1. Determinación de humedad

El contenido de agua de la muestra se determina mediante la pérdida de peso bajo condiciones determinadas.

Cada tratamiento de tortilla funcional de acuerdo al cuadro (2 y 3) se analiza por triplicado. Para tener a peso constante los crisoles se procede a identificarlos con códigos, se sometieron a una temperatura de 105°C durante 24 horas en una estufa (Marca; Barnstead International, Modelo; 3513), pasado ese tiempo los crisoles fueron retirados con pinzas y se colocaron en desecador de 15 a 20 minutos. A continuación, se pesan los crisoles en una balanza analítica (Marca; Adventurer™ Pro, Modelo; AV213). Se registran los pesos de los crisoles.

Se colocan 2 g de muestra en un crisol y se colocan en la estufa por un periodo de 24, pasado el tiempo se retira con pinzas y se colocan en un desecador por 20 minutos. Por último, se debe pesar cada crisol en la balanza analítica y aplicar la fórmula que se presenta a continuación:

$$\%MST = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso del crisol vacío})}{\text{gramos de la muestra}} \times 100$$

$$\%H = 100 - \%MST$$

Con los datos anteriores se tiene el porcentaje de humedad, el cual mediante una diferencia nos permite obtener el porcentaje de materia seca total.

3.3.2.2. Determinación de ceniza total

Los crisoles con la muestra seca del procedimiento anterior se utilizan para determinar el contenido total de cenizas; para ello se procede a pre- incinerar cada muestra en una parrilla a fuego medio, sin corrientes de aire y usando pinzas o guantes. Una vez que no se produzca humo en el crisol, cuidadosamente se colocan dentro de la mufla (Marca; Barnstead International, Modelo; FD1535M) a una temperatura de 600°C por 3 horas, terminado el tiempo se apaga la mufla, esperar unos minutos a que baje un poco la temperatura, después sacar cada crisol y colocarlos en el desecador aproximadamente 30 minutos. Una vez que estén a temperatura ambiente se pesan en la balanza analítica, se registran los datos y se aplica la siguiente fórmula:

$$\%Ceniza = \frac{(peso\ del\ crisol\ con\ cenizas - peso\ del\ crisol\ solo)}{gramos\ de\ la\ muestra} \times 100$$

3.3.2.3. Determinación de proteína cruda

El método oficial Kjendahl permite determinar el contenido de nitrógeno en muestras orgánicas e inorgánicas, con un factor de conversión (de acuerdo a la muestra analizada) se estima el porcentaje de proteína que contiene la muestra.

Este consta de tres etapas, la primera es la digestión de la muestra donde se rompen todos los enlaces de nitrógeno y se convierten en iones de amonio (NH_4^+), para ello se colocó 1 g de muestra con 6 perlas de vidrio en un matraz Kjendahl, se agregó una cucharada de mezcla reactiva de selenio como catalizador y 30 mL de ácido sulfúrico concentrado. El matraz fue colocado en la parrilla del digestor Kjendahl a una temperatura de entre 350 y 380°C. la digestión termina cuando la muestra pasa de espuma negra a un líquido verde claro, se apaga el digestor y se deja enfriar la muestra.

La segunda etapa es la destilación; los iones de amonio (NH_4A^+) se convierten en amoniaco (NH_3) mediante la adición de una solución alcalina (NaOH). El amoniaco es

captado en un vaso con una solución absorbente de ácido bórico (H_3BO_3) y se forman iones amonio solvatados. Una vez que se enfrió la mezcla verde claro del matraz Kjendahl es colocado en un recipiente con agua y levemente inclinado para contrarrestar la reacción exotérmica, se adiciona lentamente y por las paredes del matraz 300 mL de agua, 100 mL de NaOH al 45 % y una cucharada de granallas de zinc, sin agitar se coloca inmediatamente al condensador e inicia la destilación. Previamente se preparó un matraz Erlenmeyer con 50 mL de H_3BO_3 al 4 % con 5 gotas de indicador mixto, fue conectado a la manguera para recibir el NH_3 hasta que se recuperó 300 mL de solución.

En la última etapa se realiza una valoración ácido- base. La solución captada en el matraz Erlenmeyer se tituló con H_2SO_4 a 0.1 N. hasta que viro a rosa pálido. Se tomó lectura de los mL gastados para realizar los siguientes cálculos:

$$\%N = \frac{(mL \text{ gastados de } H_2SO_4 - mL \text{ del blanco})(N \text{ de } H_2SO_4)(0.014)}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\%Proteína \text{ cruda} = (\%N)(5.83)$$

Dado que las muestra son tortillas de harina de maíz se utiliza el factor de conversión de nitrógeno a proteína 5.83, es el indicado para el cereal maíz.

3.3.2.4. Determinación de extracto etéreo o grasa total

La extracción de grasa se realiza con el método de Soxhlet usando un solvente no polar: hexano, benceno o éter de petróleo, bajo condiciones convencionales. La desventaja es que se extraen consigo otras sustancias como ceras y pigmentos.

Se ponen a peso constante matraces bola de 250 mL junto con 4 perlas de vidrio en estufa (Marca; QUINCY LAB INC., Modelo; 20 GC Lab Oven) durante 24 horas. Al terminar ese periodo se dejan 20 minutos en desecador y luego se procedió a pesarlo en balanza analítica. En papel filtro celulosa se pesaron 4 g de muestra y se envolvió correctamente, a continuación, el envoltorio de muestra se colocó dentro de un dedal para posteriormente introducirlo en el sifón. En los matraces bola a peso constante se agregaron 200 mL de hexano. El sifón es conectado al matraz bola y al refrigerante (con corriente continua de agua fría), se coloca sobre una parrilla (Marca; IKA®,

Modelo; C-MAG HS7) vigilando que se mantenga una velocidad de 2 a 3 gotas por segundo, pasadas 16 horas se recupera el hexano, el envoltorio de la muestra y el matraz bola con el extracto etéreo se metieron a la estufa a 80 °C durante una noche, pasado ese tiempo se dejaron en desecador durante 30 minutos y luego se pesaron, con los datos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%Extracto\ etéreo = \frac{(peso\ del\ matraz\ con\ grasa) - (peso\ matraz\ solo)}{gramos\ de\ la\ muestra} \times 100$$

3.3.2.5. Determinación de fibra cruda

La fibra cruda es una mezcla de compuestos indigeribles (celulosa y hemicelulosa) por un estómago simple. Se realiza una digestión doble, primero con ácido sulfúrico y después con hidróxido de sodio a concentraciones conocidas. Para ello se utilizó la muestra desengrasada y seca del envoltorio de celulosa del procedimiento anterior, se pesó cada una y fue colocada en vasos Berzelius con 100 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0.255 N, a continuación, el vaso fue llevado a ebullición durante 30 minutos en un aparato de extracción con sistema de refrigeración circulante (Marca; LABCONCO International, Modelo; 3513). Transcurridos los 30 minutos se filtró en tela de lino el contenido de cada vaso y lavó con agua destilada caliente para retirar el residuo de ácido, tanto del vaso como de la muestra. Nuevamente la muestra se coloca en el vaso Berzelius y adiciona 100 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.313 N, se pone a ebullición por 30 minutos en el extractor. Terminada la segunda digestión se procede a lavar y filtrar como en el paso anterior.

Por último, la muestra fue colocada en un crisol y puesta en estufa a 120° C durante 24 horas, se dejó enfriar en desecador y luego pesado en balanza analítica. El crisol fue puesto a calcinar a 600°C por 30 minutos, una vez que se enfrió se registró nuevamente el peso para aplicar la siguiente fórmula:

$$\%Fibra\ Cruda = \frac{(g\ del\ crisol\ secado\ en\ estufa) - (g\ del\ crisol\ calcinado\ en\ mufla)}{peso\ de\ la\ muestra} \times 100$$

3.3.2.6. Determinación de carbohidratos

Para determinar el porcentaje de carbohidratos contenido en cada muestra fue necesario haber ejecutado todos los procedimientos anteriores en conjunto con la aplicación de cada fórmula, cabe mencionar que mediante una diferencia de los parámetros obtenidos anteriormente se determina el extracto libre de nitrógeno (ELN), el cual nos presenta el contenido total de carbohidratos, en base a ello se aplica la siguiente fórmula:

$$\%Carbohidratos = (\%MST) - (\%Cenizas + \%Extracto\ etéreo + \%Proteína\ cruda + \%Fibra\ Cruda)$$

Una vez obtenidos los porcentajes de grasa, proteína y carbohidratos de las muestras se aplica la siguiente fórmula para conocer el valor calórico de cada tratamiento:

$$Valor\ calórico = [Carbohidratos\ (g) * 4] + [Proteinas(g) * 4] + [grasa\ (g) * 9] = Kcal$$

3.4. Medición de color

Se utilizó un colorímetro digital (Marca: Minolta Modelo: CR-400), para ello se tomó una tortilla de cada tratamiento incluida la muestra control y con el equipo se tomó lectura en diferentes puntos como se muestra en la figura 12 marcadas con una X.

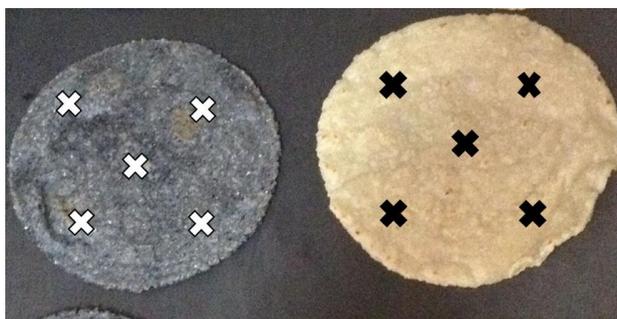


Figura 12. Localización de los puntos de medición de color.

3.5. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con una prueba hedónica de 9 puntos y con la participación de 30 panelistas entrenados.

Al momento de iniciar la evaluación sensorial; las tortillas fueron calentadas en comal y puestas en bolsas de plástico dentro de tortilleros de unicel, para evitar se enfriarán rápido, en la figura 13 se observa al panelista evaluando las tortillas.



Figura 13. Panelista evaluando.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico para cada parámetro evaluado, los resultados se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) en complemento con una prueba de medias de Tukey para aquellos en los que se encontró diferencia significativa, se consideró un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ utilizando el paquete estadístico InfoStat-Statistical Software versión 2015.

4.2. Caracterización fisicoquímica de las tortillas de harina maíz nixtamalizado con *Pleurotus ostreatus*

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia estadística $p \leq 0.05$ para cada parámetro evaluado; materia seca total, humedad, proteína, carbohidratos, valor calórico, grasa, fibra y cenizas. Así mismo se asignan códigos a los tratamientos de tortilla de harina de maíz blanco; tortilla control (MA0 %), tortilla con 15 % de *Pleurotus ostreatus* (MA15 %) y tortilla con 20 % de *Pleurotus ostreatus* (MA20 %). Para las tortillas de harina de maíz azul; tortilla control (MM0 %), tortilla con 15 % de *Pleurotus ostreatus* (MM15 %) y tortilla con 20 % de *Pleurotus ostreatus* (MM20 %).

4.2.1. Humedad

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 14 se muestra el resultado de la prueba de medias Tukey en donde se observa que hay diferencia significativa respecto al porcentaje de humedad contenido en las muestras; el tratamiento con 15 % de *Pleurotus ostreatus* (MA15 %) posee un 2 % de humedad más que el tratamiento con 20 % de *Pleurotus ostreatus* (MA20 %), y la humedad de la muestra control es inferior a las otras, esto es debido a la inexistencia de hongo en ella, dado que el hongo en fresco se encuentra constituido con hasta 80 % de agua.

Respecto a la diferencia de humedad entre los tratamientos con hongo, esta resultó inversamente proporcional; la de mayor contenido de hongo perdió más agua, es probable que este fenómeno se deba al tamaño (menor) en comparación de la MA15 %, lo que generó que el impacto de la superficie metálica caliente del comal ocasionara una rápida y mayor evaporación.

En la Revista Fitotecnia Mexicana, Antuna *et al.* (2008) señala que la humedad de una tortilla oscila en un rango de 32.2 a 47.9 %, una tortilla elaborada con maíz pepitilla (blanco) contiene 43.8 % de humedad, este valor es muy similar al de la muestra control analizada, por ende, el tratamiento MA20 % con 44.5 % de humedad es aceptable al ser estadísticamente igual a MA0 % con 43.6 % de humedad. En el tratamiento MA15 % se puede presentar la desventaja de menor vida de anaquel al contener mayor humedad (46.2 %) (Badui, 2006).

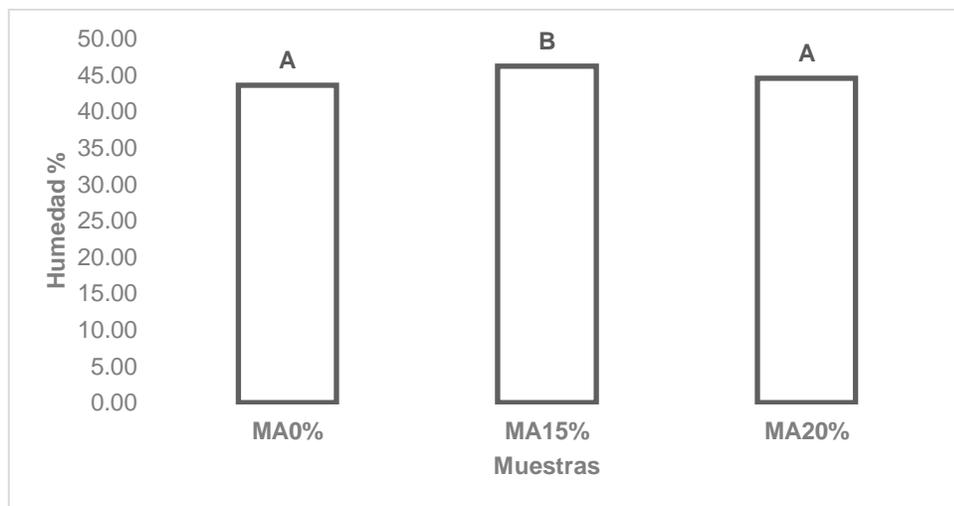


Figura 14. Contenido de humedad en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus de ostreatus*

En los tratamientos de harina de maíz nixtamalizado azul hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) respecto al porcentaje de humedad, en la figura 15 se muestran los resultados de la prueba de medias de Tukey; el tratamiento MM20 % con 41.2 % de

humedad es estadísticamente igual a la muestra control (MM0 %) de 42.2 % de humedad.

El endospermo de maíces azules es suave y la humedad en las tortillas es de 40.6 a 45.8 % (Salinas *et al.*, 2010), este tipo de maíces absorbe mucha agua debido a la suavidad del grano; tiene una mayor proporción de amilopectina en su almidón que permite mayor absorción del agua en el granulo formando una gran “ampolla”, y debido a ese tamaño también puede haber una rápida evaporación durante el cocimiento de las tortillas, el tratamiento control (MM0 %) tuvo menor perdida de agua a causa menor tamaño de “ámpula” y por ausencia del hongo, y un menor impacto de la temperatura en el proceso de cocción, en cambio el tratamiento MM15 % a diferencia del MM20 % que contenía menor humedad (39.1 %) por el menor contenido de hongo y el someterlas a las mismas condiciones de tiempo y temperatura que la muestra control perdió más humedad.

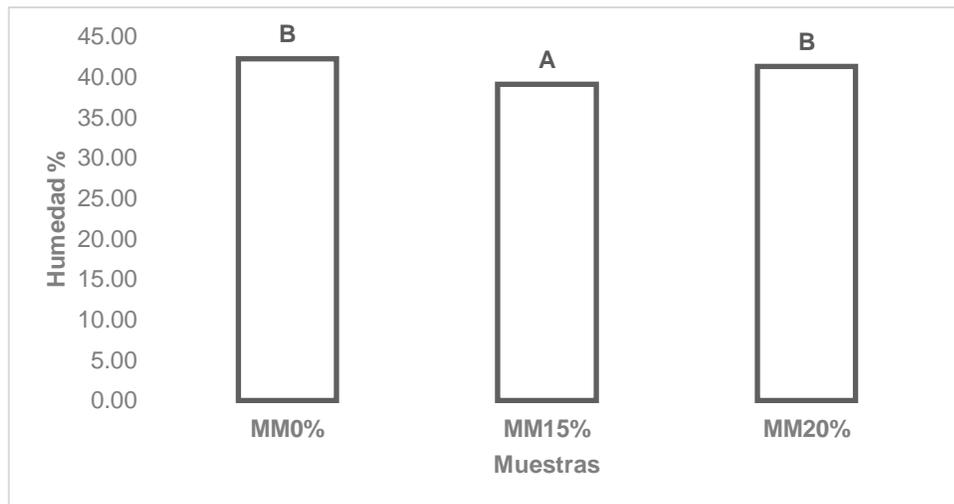


Figura 15. Contenido de humedad en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

4.2.2. Materia seca

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

El contenido de materia seca total es diferente estadísticamente en los tratamientos, en la figura 16 se muestra que el tratamiento MA15 % con 53.8 % de MST es diferente

de la muestra control con y de MA20 % (56.3 % y 55.4 % respectivamente). Es muy favorable que el contenido de materia seca total de MA20 % sea superior y a la vez estadísticamente igual que MA0 %, esto permite una menor disponibilidad de humedad para el desarrollo de microorganismos (OPS, 2020).

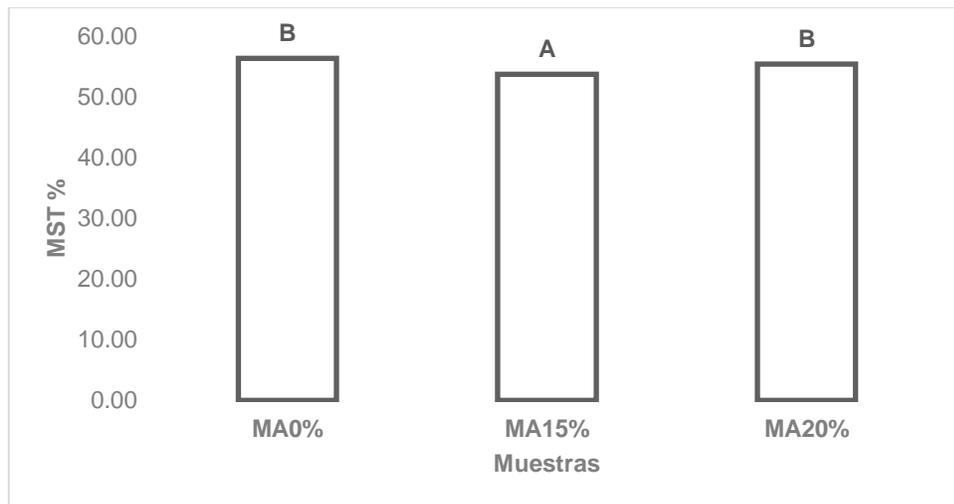


Figura 16. Contenido de materia seca total en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 17 se observa que el tratamiento MM15 % es diferente, presenta 60.9 % de MST, más de 2 % que el tratamiento MM20 % (58.7 % MST) y casi 3 % más del que contiene la muestra control (57.7 % MST), esto es coherente respecto al contenido de humedad en el cual también se encuentra fuera del rango establecido para esta variedad de tortilla.

Cabe mencionar que la muestra MM15 % tiene mayor ventaja en cuanto al bajo contenido de agua y mayor contenido de materia seca (OPS, 2020), pero el estar fuera del rango de humedad y materia seca total trae consigo la desventaja que de por sí presentan las tortillas; el rápido endurecimiento por pérdida de humedad, cambios físicos y bioquímicos; como la retrogradación de los almidones previamente gelatinizados y la sinéresis, estos fenómenos afectan la vida útil de la tortilla y por ende

la distribución comercial (Fernández *et al.*, 1999; Abd Karim *et al.*, 2000; Palacios, 2004)

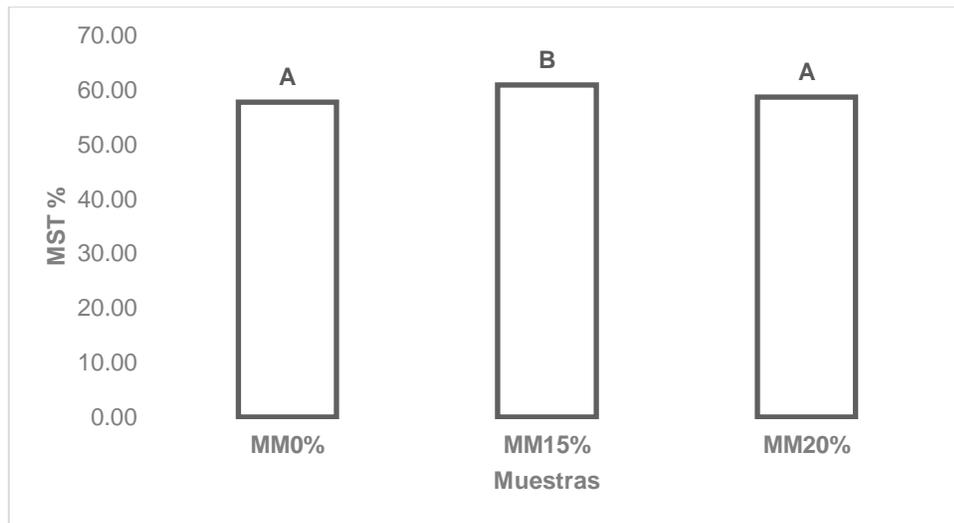


Figura 17. Contenido de materia seca total en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

4.2.3. Proteína

a) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

FAO (1993) indica que la proteína mayoritaria del maíz, la zeína carece de algunos aminoácidos esenciales mientras que el aporte de otros es en exceso (leucina) y puede ser perjudicial para la salud del ser humano, sin embargo, remarca que el proceso de nixtamalización y elaboración de tortillas permite que la eficiencia proteínica incremente, las pérdidas de lisina y triptófano -los aminoácidos limitantes- son mínimas, además de que las proteínas del hongo contienen la mayoría de los aminoácidos y complementan positivamente las tortillas funcionales (Bermúdez *et al.*, 2003; CTICH, 2015)

En la figura 18 se muestra el resultado del contenido de proteína en las tortillas de harina nixtamalizada blanca: MA0 % con 5.0 %, M15 % con 5.1 % y MA20 % con 5.2 % de proteína. Los tratamientos son estadísticamente iguales a una $p \leq 0.05$, por lo

que se considera que los porcentajes de hongo empleados en estos tratamientos no fue suficiente para aumentar el contenido de proteína de manera significativa.

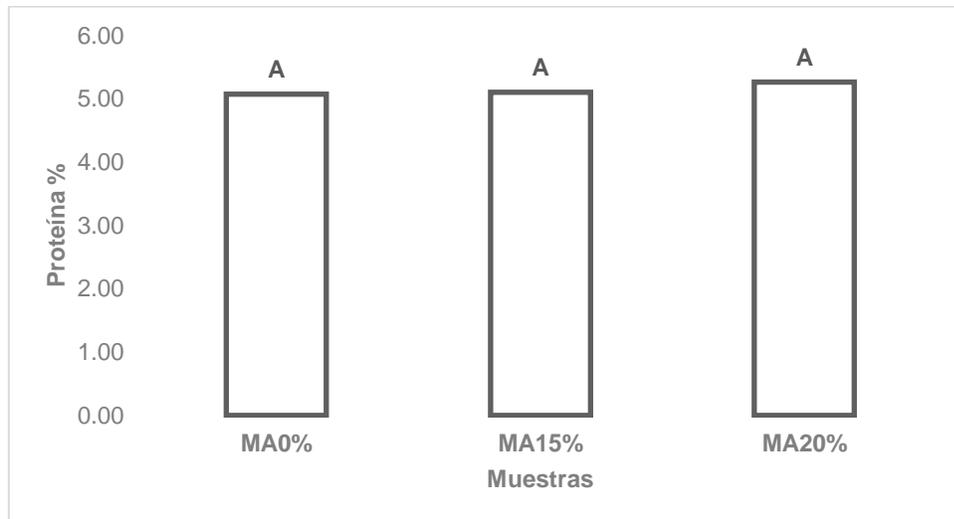


Figura 18. Contenido de proteína de tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

En la tabla nutricional de Maseca señala que en una porción de 60 g de tortilla contiene 2.20 g de proteína, lo que equivale a un 3.67 % de proteína, este valor es inferior al detectado en la muestra control MA0 %. Esta diferencia del valor proteico respecto al indicado en el empaque de la harina puede ser ocasionada por interferencia de nitrógeno no proteico, o bien de acuerdo al uso del factor de conversión dado que en el presente análisis se usó 5.58 (factor N del maíz).

b) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En el análisis estadístico del contenido de proteína en tortillas moradas se encontraron diferencias estadísticamente significativas una $p \leq 0.05$. En la figura 19 se muestra que los tratamientos con *Pleurotus ostreatus* contienen más proteína que la muestra control (5.2 %), esto debido a la presencia del hongo *Pleurotus ostreatus*: MM15 % tiene 5.7% y MM20 % 5.6 % de proteína. Tal como se menciona en el informe de propiedades nutricionales y saludables de los hongos y la FAO; la cantidad y calidad proteica de los hongos es mayor que la de la mayoría de los vegetales y es comparable con la proteína animal (FAO, 1981; Guillamon *et al.*, 2010; CTICH, 2015).

La tabla nutricional de Maseca harina de maíz nixtamalizado azul menciona que contiene cerca del 4 % de proteína, este valor se acerca al encontrado en el análisis proximal de la muestra control (MM0 %).



Figura 19. Contenido de proteína en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

4.2.4. Carbohidratos

a) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

En el contenido de carbohidratos hay diferencia significativa entre tratamientos, en la figura 20 se puede observar que la muestra control (MA0 %) tiene un mayor contenido de carbohidratos y es similar al tratamiento MA20 % con un 46.9 %, que a su vez no difiere del 45.7 % que contiene la muestra MA15 %, esto indica que el bajo contenido de carbohidratos del hongo no provoca diferencias en las tortillas funcionales (MA15 % y MA20 %).

El 48.2 % de carbohidratos de la tortilla MA0 % (control), en definitiva, serán superior debido a que está hecha solamente con harina de maíz nixtamalizado, la cual a su vez está constituida por polisacáridos como almidón (hasta 87 % en maíz y de 40 a 56 % en tortillas), (FAO, 1993; INCMNSZ, 2016; Buendía, 2020).

Para un prototipo de tortilla funcional resulta benéfico que el contenido de carbohidratos sea más bajo que el que normalmente se encuentra en las tortillas de maíz; trae consigo una disminución del índice glucémico (IG), este es un indicador que mide el efecto inmediato en el aumento de glucemia, los alimentos con bajo índice glucémico son recomendables para las personas que padecen diabetes puesto que suponen un menor aumento de la glucemia postprandial. Además, los carbohidratos que contienen los hongos se encuentran constituidos por manitol, glucosa, glucógeno y otros no digeribles que constituyen la mayor porción como trehalosa, quitina, β -glucanos y mananos, son un alimento que al tener menor índice glucémico permiten que la digestión sea más lenta y los azúcares se vayan liberando poco a poco (CTICH, 2015; Waktola & Temesgen, 2020).

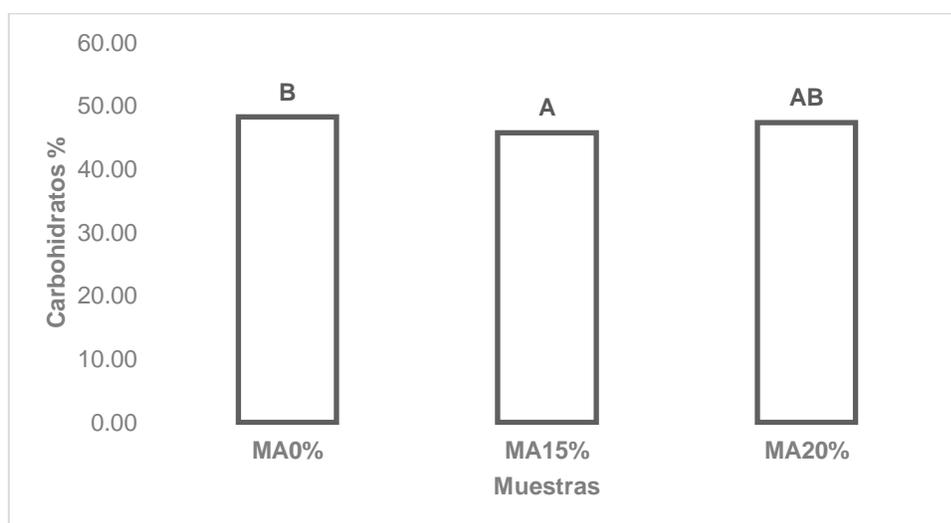


Figura 20. Contenido de carbohidratos en tortillas de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

b) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

El porcentaje de carbohidratos contenido en las muestras de tortilla azul es diferente estadísticamente, en la figura 21 se observa como nuevamente el tratamiento MM15 % (5.7 %) es diferente de los otros, esto en consecuencia del elevado porcentaje de materia seca (ver figura 18), pero es raro que la muestra control tenga un menor contenido de carbohidratos (5.2 %), resulta contradictorio porque es una muestra sin

hongo y pura en cuanto a harina de maíz nixtamalizado azul. Al analizar el procedimiento del apartado 3.3.2.6. de determinación de carbohidratos, base de datos y demás ANOVA's, se encontró que el porcentaje de carbohidratos en MM0 % es ligeramente inferior porque a diferencia de los tratamientos con hongo, ésta tiene un porcentaje de grasa superior a ellos (ver figura 23) esto ocasiona que disminuya un poco el resultado del porcentaje de carbohidratos tal como se ve en la figura 21.

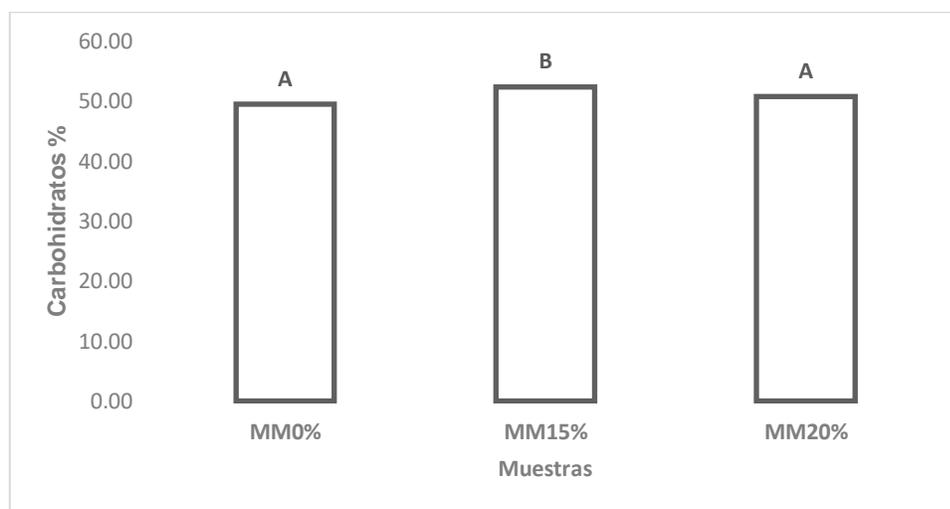


Figura 21. Contenido de carbohidratos en tortillas de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

4.2.5. Extracto etéreo o grasa

a) Tortillas con harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

En el análisis estadístico del contenido de extracto etéreo se encontró que no hay diferencia significativa. Las tortillas de maíz blanco poseen un bajo contenido de grasa (2.4 %) al igual que el hongo *Pleurotus ostreatus*, la adición de aceite esencial tampoco generó gran impacto debido a que se usó 0.01 %, casi imperceptible. En la figura 22 se observan las gráficas de prueba de medias de Tukey; los tratamientos son iguales estadísticamente 2.1 % para MA15% y 2.4 % en MA20%. El contenido de grasa es bajo, se considera una característica favorable en la tortilla dado que en conjunto con el alto contenido de humedad en las tortillas puede ocasionar rancidez, sabores desagradables y una vida de anaquel más corta (Gaytan *et al.*, 2012).

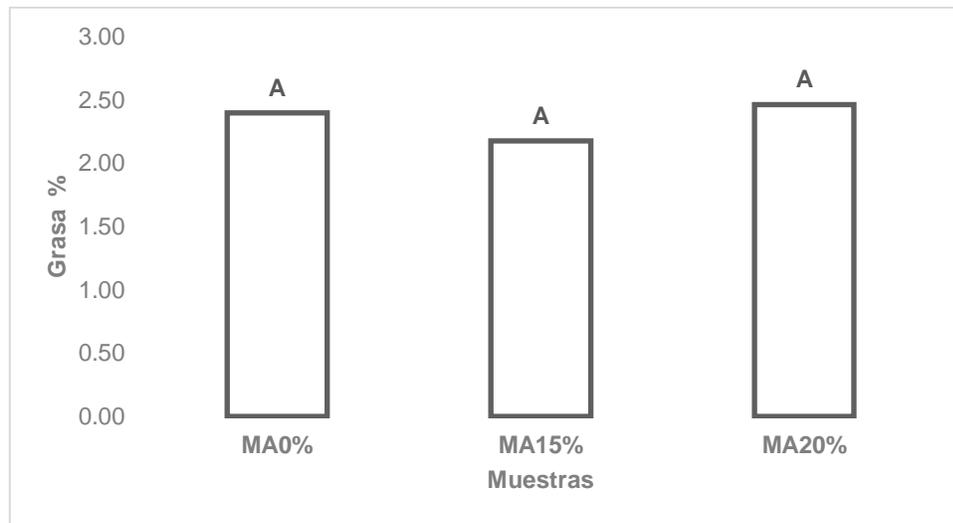


Figura 22. Contenido de grasa o extracto etéreo en tortillas de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

El poco contenido de grasa es de gran calidad; el hongo aporta lípidos monoinsaturados (ácido oleico) y otros compuestos como esteroides y fosfolípidos los cuales tienden a beneficiar el sistema cardiovascular disminuyendo el colesterol malo o LDL. Del maíz es el germen el que aporta lípidos poliinsaturados, ácido linoleico en primer lugar, seguido de ácido oleico acompañados de antioxidantes naturales (FAO, 1993; CTICH, 2015).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En el contenido de extracto etéreo de las tortillas de maíz azul sí hay diferencia significativa, en la figura 23 se observa que la muestra control es igual a MM15 % (1.9 % y 1.6 % respectivamente) pero diferente de MM20 % (1.4 %), se observa una disminución del contenido graso conforme aumenta el porcentaje de *Pleurotus* adicionado a las formulaciones.

El hongo tiene pocos lípidos, el maíz azul tiene hasta un 5 % de lípidos localizados en el endospermo, son triglicéridos formados por ácidos grasos linoléico (50 %), oleico (35 %), palmítico (13 %), esteárico y linolénico, de muy buena calidad gracias a que el mismo maíz contiene altos niveles de antioxidantes, lo que lo hace una fuente excelente de ácidos grasos y aceites de buena calidad (Castañeda, 2011), las

cantidades no son elevadas y no hay presencia de grasas saturadas que ocasionen preocupación al consumidor.

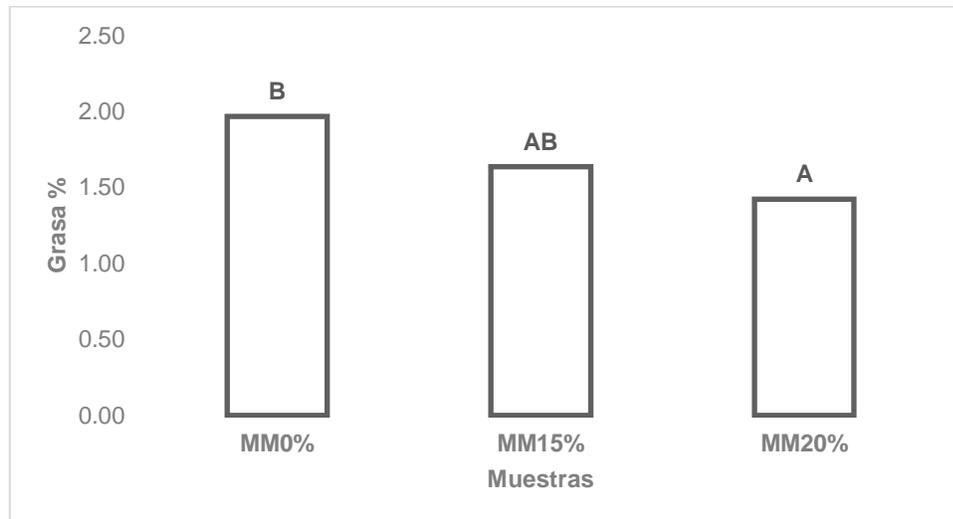


Figura 23. Contenido de grasa o extracto etéreo en tortillas de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

En el cuadro 1 (Contenido nutrimental de tortillas de maíz blanco, amarillo y azul), Salinas *et al.* (2017) y Castañeda (2011), señalan que el contenido de extracto etéreo de las tortillas azules (3-3.8 %) es superior al de las blancas, los resultados del análisis proximal indican que las muestras control; MA0 % y MM0 % , indican lo contrario a lo que esos autores señalan, sin embargo, Salinas *et al.* (2017) encontró en tortillas de la variedad Bolita (variedad azul) tiene un porcentaje de aceite igual al de tortillas de maíz blanco, Martínez *et al.* (2002) y Yahuac *et al.* (2013) indican que el contenido de aceite en la tortilla se verá afectado por el contenido original del grano y pérdidas durante el proceso de nixtamalización, mermas de hasta un 10.3 % en tortillas de un maíz comercial a causa de la saponificación de los aceites.

4.2.6. Fibra

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

El aporte de fibra en tortillas de maíz es bueno gracias a la remoción incompleta del pericarpio, en la figura 24 se observan los resultados del porcentaje de fibra entre

tratamientos en los cuales no hay diferencia estadísticamente significativa a una $p \leq 0.05$: MA0 % contiene 1.0 %, MA15 % con 1.4 % y MA20 % con 1.6 % de fibra.

Es ampliamente conocido que la fibra está constituida por polímeros procedentes de plantas, estos no son hidrolizados por nuestro organismo, sin embargo, tienen efectos beneficiosos en la salud; promueven el desarrollo de la microbiota, estimulan el sistema inmunológico e intervienen en la prevención de ciertas enfermedades como diabetes, cáncer, enfermedades cardiovasculares, obesidad, entre otras, además de que brinda saciedad al momento de consumir este tipo de alimentos. El Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón de La Rioja (2015) hace hincapié en que los β -glucanos del género *Pleurotus* tienen una significativa actividad anticarcinogénica y estimulante de la inmunidad (Khan & Tania, 2012), tiene efectos reductores de colesterol y LDL en sangre y mejora el estatus antioxidante (Bobek & Galbavy, 2001).

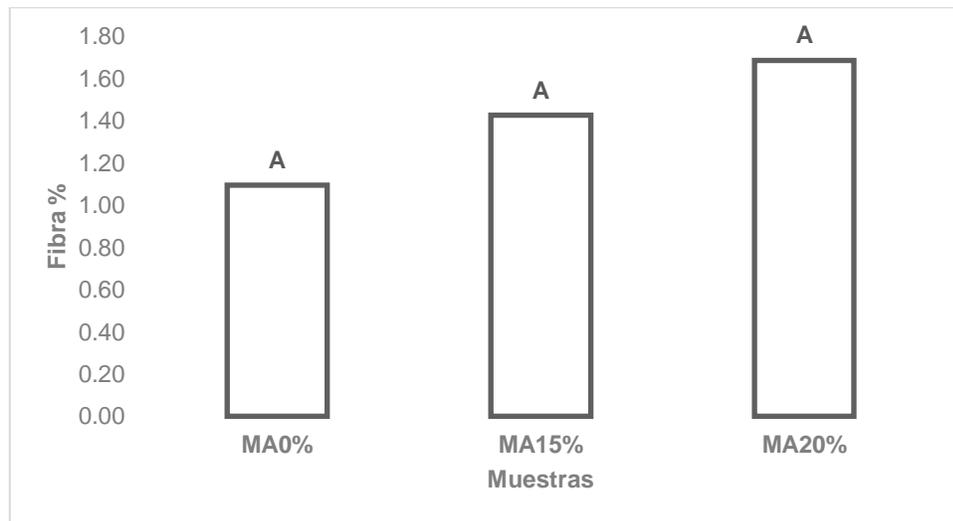


Figura 24. Contenido de fibra cruda en tortillas de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

b) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En las tortillas azules tampoco se encontró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos respecto al contenido de fibra, tal como se observa en la figura 25: MM0 % contiene 2.1 %, MM15 % con 1.9 % y MM20 % con 2.2 % de fibra.

El hongo *Pleurotus ostreatus* es buena fuente de fibra dietética, aporta 3.0 g/100 g e incluso más dependiendo el sustrato empleado para su producción. Este tipo de fibra ayuda a retener agua y generar mayor motilidad en el intestino, además de influir positivamente en prevención de enfermedades como diabetes, cáncer, hipercolesterolemia, obesidad, entre otras. Su contribución a las tortillas es buena.

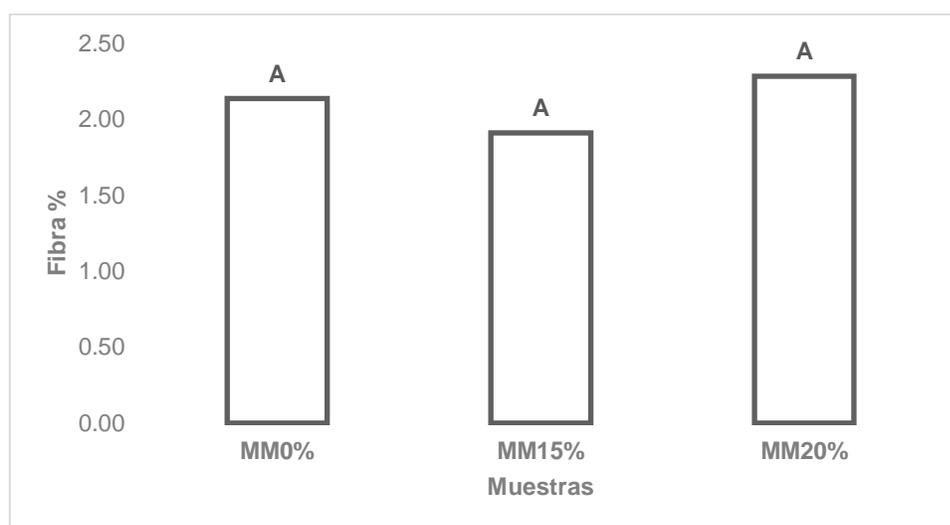


Figura 25. Contenido de fibra cruda en tortillas de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

Los porcentajes de fibra en las muestras control blanca y azul son menores a los reportados en el cuadro 1 y por Gaytán *et al.* (2012) (uso el método reportado por Prosky, Nils-Georg, Schweizer, DeVries, y Furda (1988)), ese descenso es ocasionado porque en el presente análisis se empleó el método AOAC, con el cual ocurre una hidrólisis parcial de hemicelulosa y lignina a causa de la temperatura, tiempo y concentración de los reactivos empleados, arrojando valores subestimados de fibra total.

4.2.7. Cenizas

a) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

El porcentaje de cenizas es estadísticamente igual en todos los tratamientos (figura 26). MA0 % contiene 0.6 %, MA15 % con 0.7 % y MA20 % con 0.7 % de cenizas.

El contenido de cenizas está asociado con el contenido de minerales, principalmente de calcio, la adición del hongo aporta pequeñas cantidades de calcio, hierro, yodo, magnesio, potasio, fósforo y selenio (CTICH, 2015). Una tortilla por si sola ya es rica en minerales gracias a que durante el proceso de nixtamalización y cocción de las tortillas ocurre una mejoría en cuanto a la disponibilidad de los mismos.

Es importante indicar que el calcio y el potasio son los elementos que contiene mayormente una tortilla (INCMNSZ, 2015), a pesar de que en algunas ocasiones el calcio no se encuentra disponible para su absorción, muy difícilmente habrá deficiencia del mismo.

Los hongos contienen más cantidad de fósforo que otros vegetales u hortalizas, se les consideran ricos en selenio y que dependiendo del medio en que se desarrollen se verá influenciada la acumulación de este elemento. El selenio se destaca por su capacidad antioxidante, además de que estimula el sistema inmunológico e interviene en el funcionamiento de la glándula tiroides y es un componente importante de varias selenoproteínas con función preventiva de algunas formas de cáncer (CTICH, 2015).

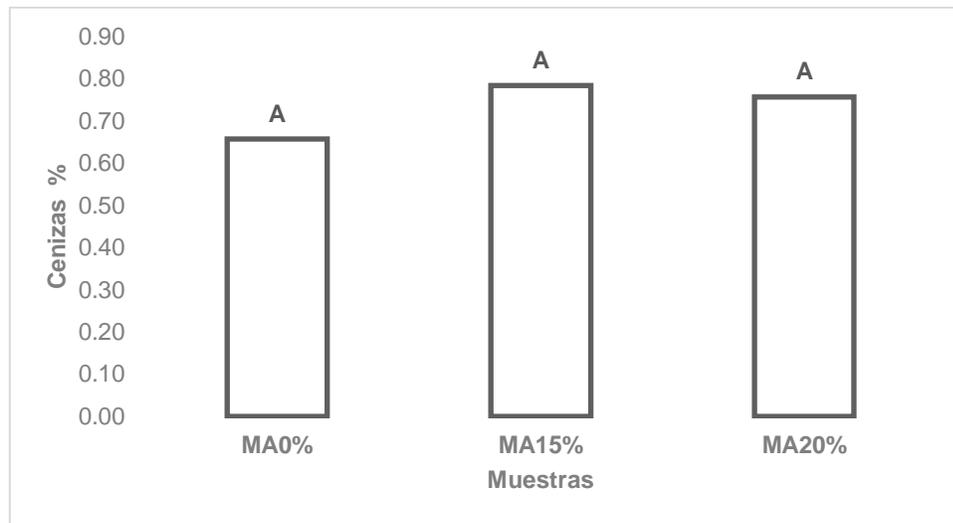


Figura 26. Contenido de cenizas en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

b) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 27 se observa que no hay diferencia significativa en el porcentaje de cenizas en las tortillas azules, son casi idénticos por lo que se establece que el agregar *Pleurotus* no afecta el contenido ya presente en la tortilla. MM0 % contiene 1.0 %, MM15 % contiene 1.0% y MM20 % 0.8 % de cenizas.

Yan y Chang 2012 mencionan que *Pleurotus ostreatus* es capaz de acumular grandes cantidades de elementos trazas como selenio y zinc, e incorporarlos como compuestos orgánicos. Esta seta, por si misma, tiene alta capacidad antioxidante que influye de manera positiva en diversas funciones del organismo humano.

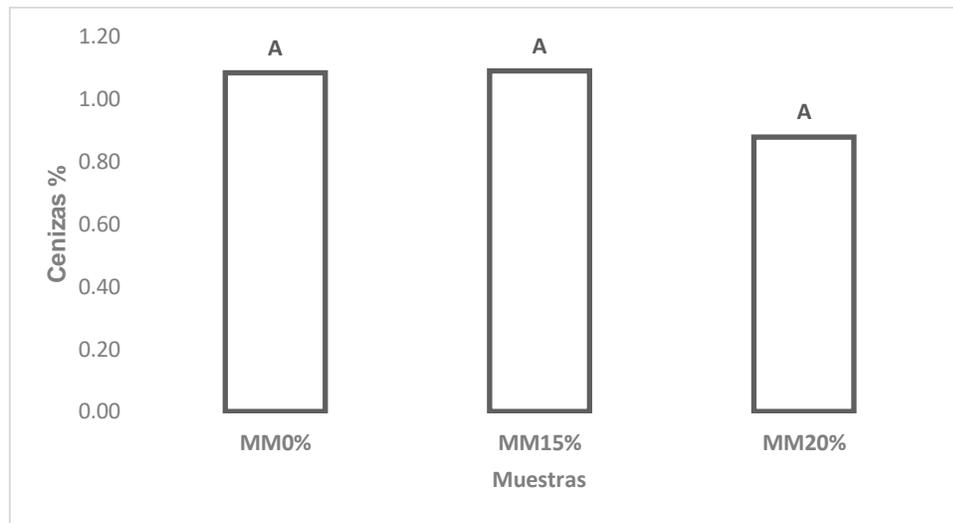


Figura 27. Contenido de cenizas en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

El contenido de minerales como el calcio podrá variar respecto a lo reportado por otros autores debido a que en el proceso de nixtamalización varía la concentración de calcio u hidróxido de calcio, tiempo de cocción y reposo, así como la intensidad (remoción del pericarpio) y cantidad de agua en el enjuague del nixtamal (Salinas *et al.*, 2017). Elementos como el hierro no se ven afectados en el proceso de elaboración de las tortillas, se han reportado que maíces de variedad azul tienen mayor contenido de este mineral en comparación con variedades de grano blanco y amarillo (Bodi *et al.*, 2008). El contenido de otros minerales como zinc, potasio, fósforo, magnesio, entre otros se pueden ver afectados por condiciones genéticas del grano, condiciones ambientales, tipo de suelo, etc. (Salinas *et al.*, 2017).

4.2.8. Valor calórico

a) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

El valor calórico de las muestras de tortillas blancas es estadísticamente diferente a una $p \leq 0.05$ (Figura 27) la muestra MA15 % posee 223.0 Kcal, dicho valor es inferior y diferente de la muestra control (234.8 Kcal), MA20 % aporta 230.9 Kcal y es igual a ambos tratamientos.

M15 % tiene un menor valor calórico gracias a que el porcentaje de carbohidratos (Figura 20) es diferente e inferior a la muestra control, y MA20 % es igual a ambos reiteradamente.

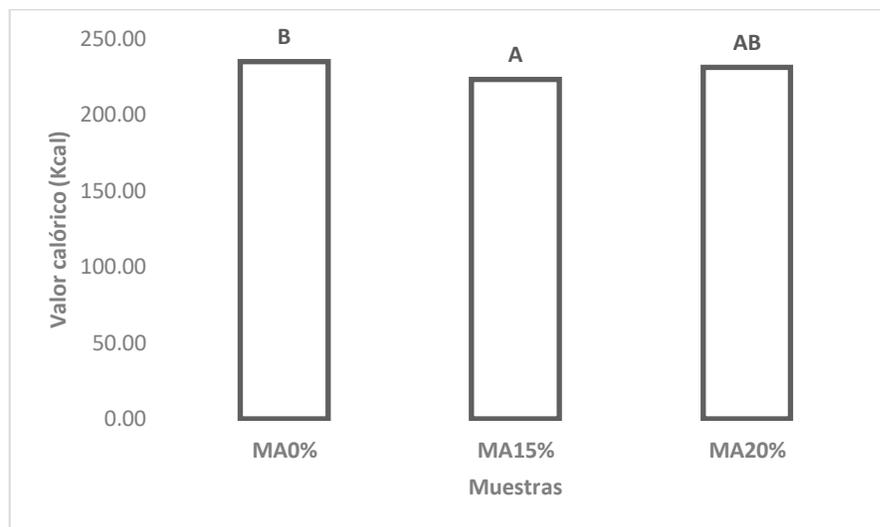


Figura 28. Valor calórico en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco (porción 100g). Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

b) Tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 29 se muestra el resultado del análisis de varianza en el cual se confirma que el contenido calórico de los tratamientos es estadísticamente diferente a una $p \leq 0.05$, MM15 % difiere de MM0 % y MM20 %.

En la figura 19 y 21 se observa que el contenido de carbohidratos y proteínas en MM15 % respectivamente es diferente y superior a los demás tratamientos, por ende, el aporte calórico aumenta, teniendo como resultados lo que se observa en la figura 29: MM0 % aporta 236.5 Kcal, MM15 % aporta 2475 Kcal y MM20 % 238.4 Kcal.

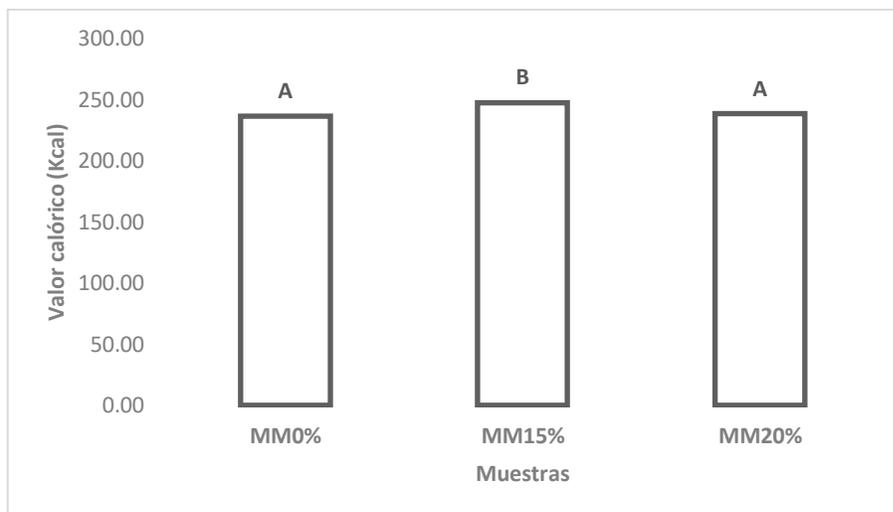


Figura 29. Valor calórico en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul (porción 100 g). Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

4.3. Color de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado con *Pleurotus ostreatus*

a) Parámetro $L^*a^*b^*$ para tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*.

En la figura 30 se muestran los resultados del parámetro L, los tres tratamientos tienen valor positivo por lo que se establece tienden a más luminosidad, aunque estadísticamente son diferentes MA0 % es más luminosa que todas debido a que no contiene hongo y MA20 % es menos luminoso y contiene el mayor porcentaje de hongo. El color del hongo utilizado en los tratamientos MA15 % y MA20 % era color marrón por lo que es coherente que disminuya la luminosidad en las tortillas.

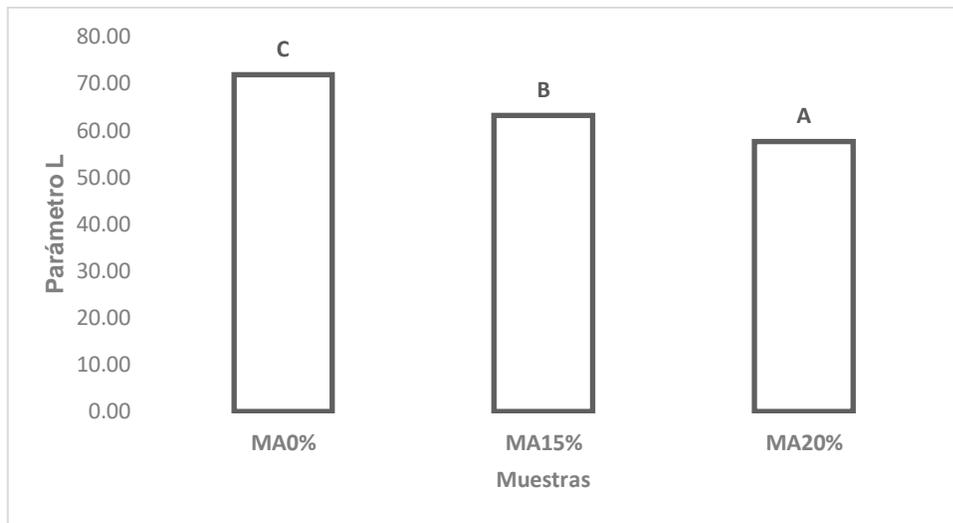


Figura 30. Parámetro L o luminosidad en las tortillas de harina de maíz blanco nixtamalizado. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

Respecto al parámetro a^* de las tortillas, sí hay diferencia estadísticamente (figura 31) entre la muestra control la cual tiene un valor negativo y representa que tiende a verde, a diferencia de MA15 % y MA20 % con valores positivos en las coordenadas cromáticas tendiendo a rojo.

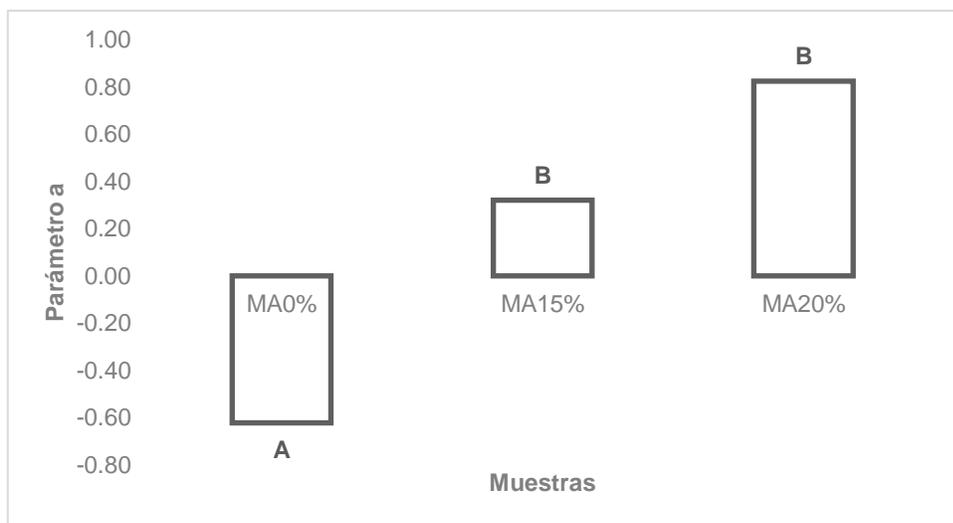


Figura 31. Parámetro a^* en las tortillas de harina de maíz blanco nixtamalizado. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

El parámetro b^* de las muestras indica la tendencia hacia el color amarillo (+) o hacia el azul (-), en la figura 32 se observa que los tratamientos son diferentes; todos con

valores positivos (amarillo), MA0 % es la que presenta similitud con ambos tratamientos con hongo y estos son diferentes entre sí.

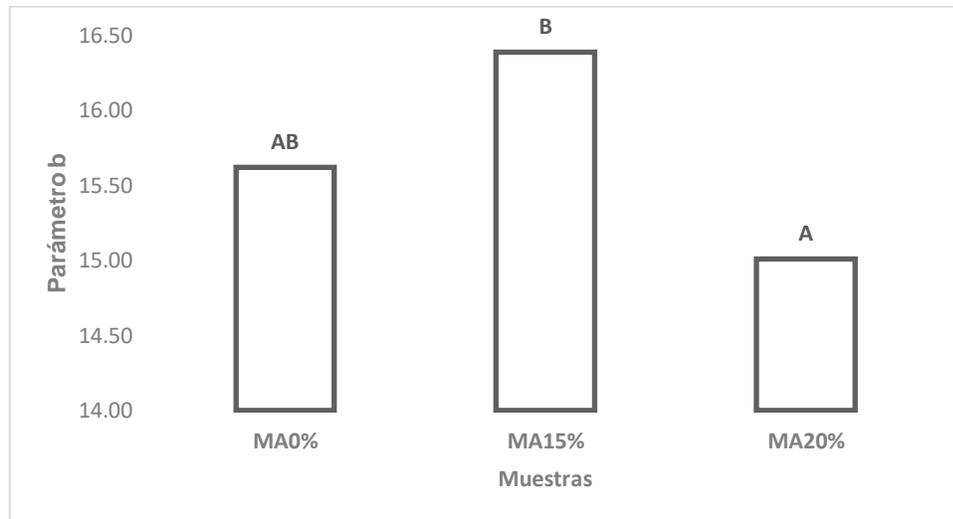


Figura 32. Parámetro b en las tortillas de harina de maíz blanco nixtamalizado. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

Las tortillas adicionadas con hongo presentaron una coloración un poco marrón muy similar a cuando han sido elaboradas con una masa sobrecocida.

b) Parámetros L*a*b de la tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 33 se representan los promedios obtenidos de la medición del parámetro de color L, son diferentes estadísticamente y aunque visiblemente su color es azul oscuro, entre menos se posee presencia de hongo se tiene más la luminosidad. La muestra MM15 % es igual a la muestra control (MM0 %) y la MM20 % es menos luminosa.

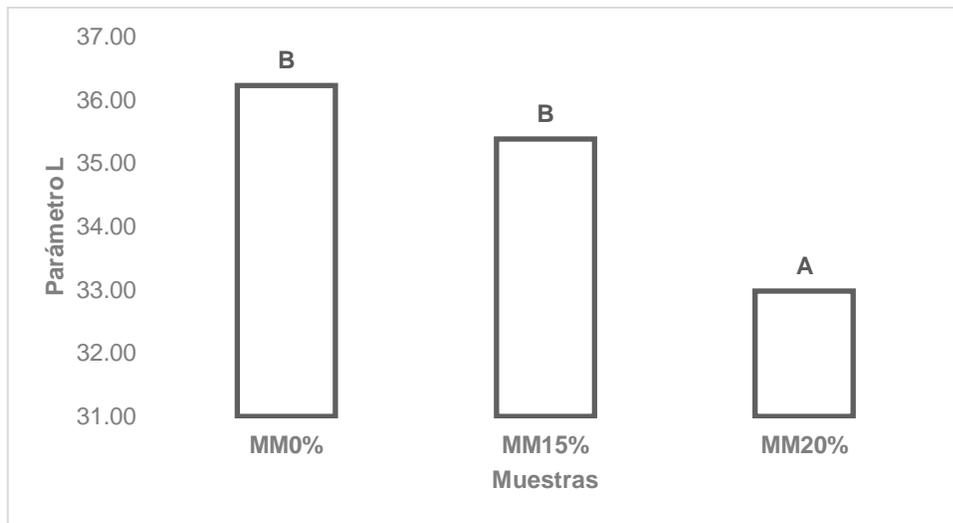


Figura 33. Parámetro L de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

En la figura 34 se observa que hay diferencia en los tratamientos respecto al parámetro a, los valores son negativos por lo que son con tendencia a verde, el tratamiento MM15 % es similar a la muestra control, MM20 % es el que difiere y con valor cercano a 0.

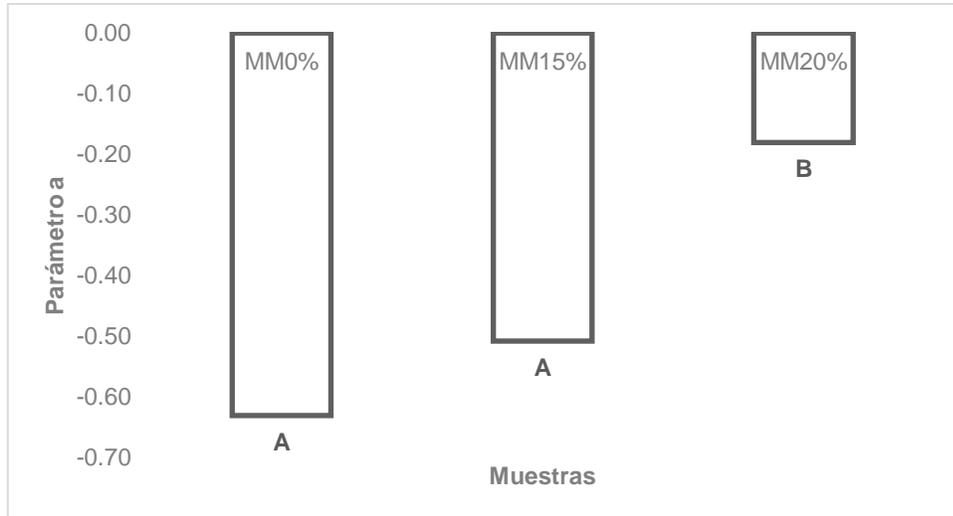


Figura 34. Parámetro a de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

Por último, se tiene el parámetro b en el cual no hay diferencias significativas (Figura 35) y los tres tratamientos se localizan en coordenadas positivas del diagrama de cromaticidad en donde la tendencia es hacia amarillo, aunque en un mínimo valor y no perceptible a la vista humana.

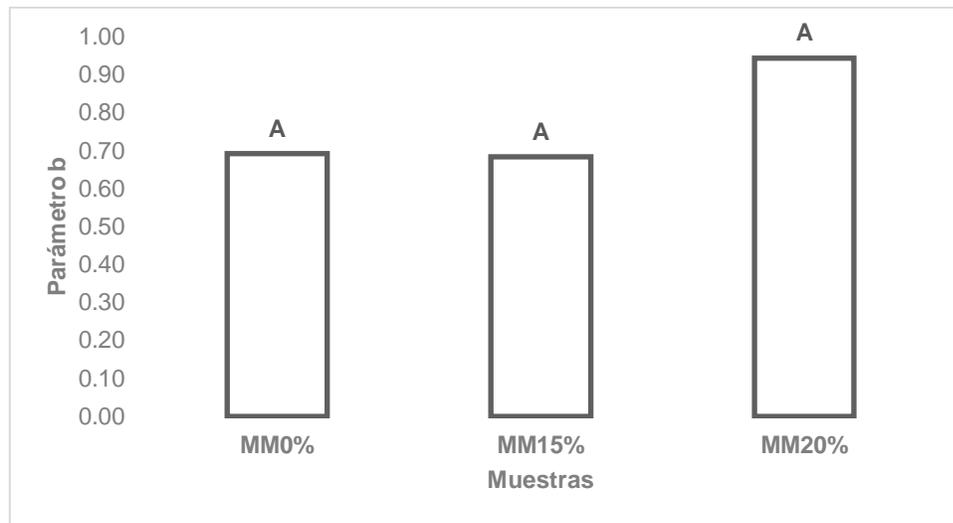


Figura 35. Parámetro b de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

4.4. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con el apoyo de 30 panelistas entre los cuales hubo entrenados y consumidores, los resultados se analizaron estadísticamente con un ANOVA y prueba de medias de Tukey para visualizar mejor los resultados, se usó una $p \leq 0.05$. se evaluaron los atributos de apariencia global, rollabilidad, color, olor, sabor, textura y aceptación global. Fueron 6 muestras incluyendo las de control; en tortillas blancas MA0 %, MA15 % y MA20 %, para las tortillas azules MM0 %, MM15 % y MM20 %.

Se aplicó la prueba hedónica en escala de nueve puntos; 1 me disgusta muchísimo hasta 9 de me gusta muchísimo, y en la escala para textura desde 1 muy suave a 9 de muy firme.

4.4.1. Apariencia global

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

La apariencia global es el primer atributo que se debe evaluar en una muestra, es la primera impresión a simple vista y al tacto, toma en cuenta el color (tono, saturación, claridad), propiedades geométricas (tamaño, forma y distribución de las partículas del producto), características de superficie (húmeda, seca o pegajosa). En este caso el

panelista evaluó aplicando sus conocimientos previos acerca de las tortillas, este es un producto de consumo usual y dado que ellos provienen de diversas partes del país los resultados obtenidos son de gran importancia; las tres muestras fueron igualmente aceptadas, la mayoría en la escala de “agradable”. En la figura 36 se observan los resultados obtenidos del ANOVA y prueba de medias de Tukey; no hay diferencia en la aceptación de la apariencia global de las muestras.

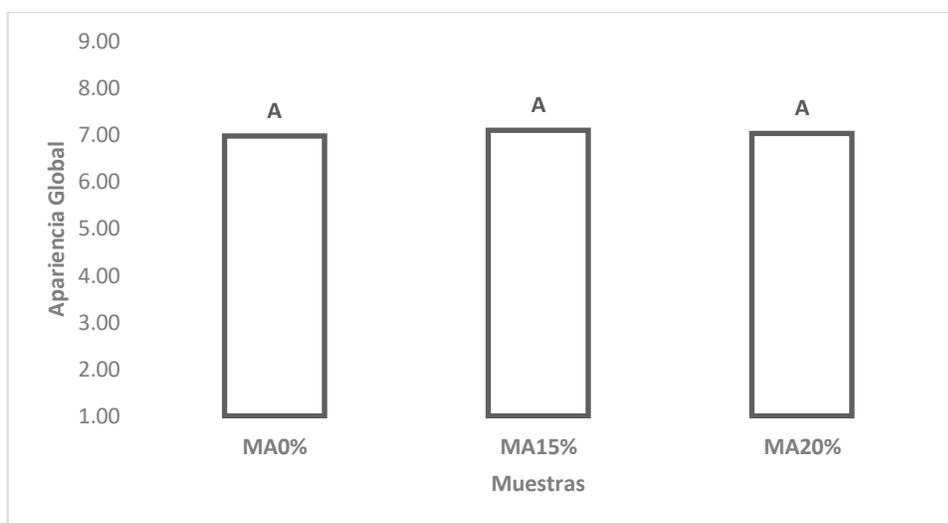


Figura 36. Apariencia global de tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 37 se pueden observar los resultados del análisis de los datos de la apariencia global en las tortillas azules; los valores promedio para las tres muestras están en la escala 7, sin embargo, estadísticamente son diferentes, MM15 % y MM20 % presentan similitud siendo ambas identificadas con escala de “agradable”, pero MM15 % es similar a la muestra control (MM0 %) y tienden más hacia la escala de “muy agradable”.

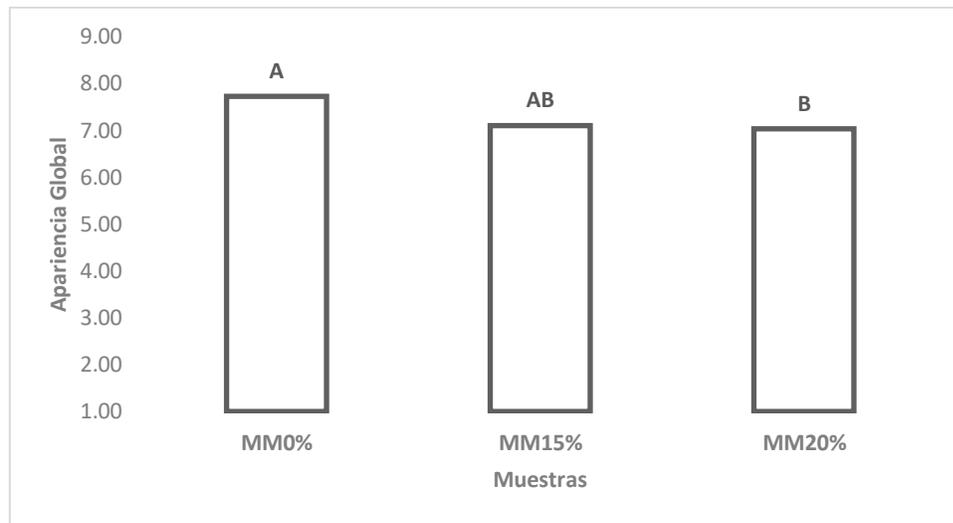


Figura 37. Apariencia global de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

4.4.2. Rollabilidad

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

La rollabilidad es una cualidad de gran importancia en una tortilla que se va a consumir caliente, permite mayor comodidad y manejo de la misma. En la figura 38 de prueba de medias se encontró que no hay diferencias en las tortillas en cuanto a esta característica, la escala en la que se ubican es en “ni agradable ni desagradable” esta es una respuesta neutral, aunque para la muestra control su valor tiende más hacia la escala de “ligeramente agradable”.

Gasca y Casa (2007) señalan que el consumidor se inclina más por las tortillas que son elaboradas en forma tradicional por su rollabilidad, suavidad y flexibilidad debido a que tienen mejor desempeño durante el recalentamiento, doblado, enrollado y freído. Sin embargo, a causa del crecimiento poblacional y la alta demanda de este producto, el consumidor se ha ido acostumbrando a las características de las tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizado debido a que ofrece ventajas en el aspecto del rendimiento y mejor conservación de la harina.

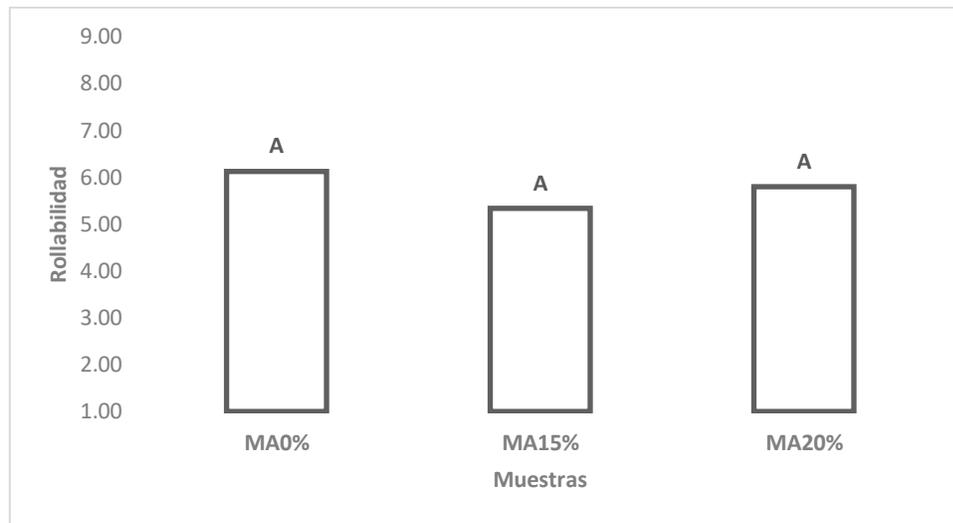


Figura 38. Rollabilidad de tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

Las tortillas azules a diferencia de las blancas, presentaron una mayor aceptación. En la figura 39 se muestran los resultados, no hay diferencias entre las tortillas con *Pleurotus ostreatus* (MM15 % y MM20 %) y la muestra control (MM0 %), se localizan en la escala de “agradable”. Esto es bastante favorable porque significa que la cantidad de agua aportada por el hongo, sus compuestos químicos y las condiciones de cocción no afectaron la rollabilidad de las tortillas siendo iguales a la tortilla control, ésta a su vez indica que el proceso de nixtamalización fue adecuado tal como lo señala Vázquez *et al.* (2011) en su estudio de evaluación sensorial de tortillas empacadas y recién elaboradas, uso Análisis Descriptivo Cuantitativo por sus siglas en inglés QDA y encontró que la rollabilidad de las tortillas recién elaboradas con harina de maíz nixtamalizado (THN) son estadísticamente iguales a las tortillas recién elaboradas con una combinación de masa de nixtamal y harina nixtamalizada (TM-HN).

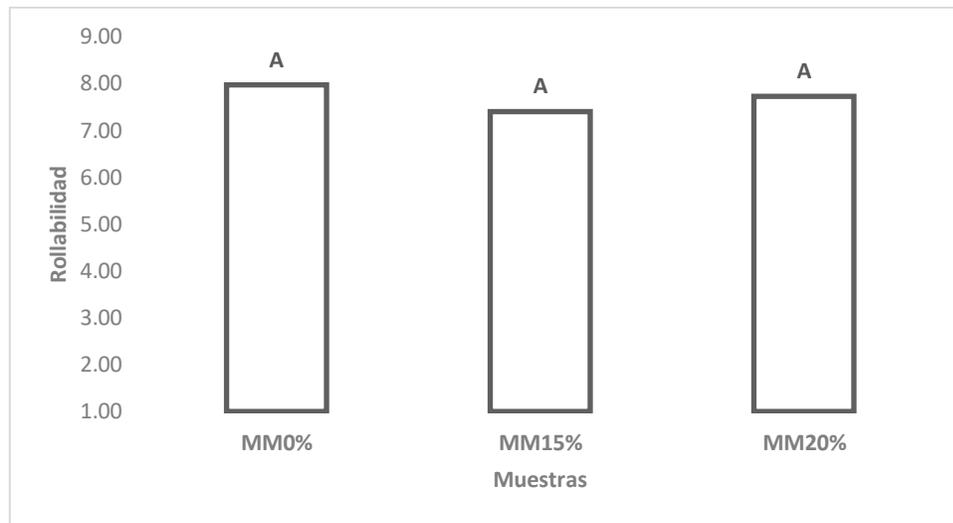


Figura 39. Rollabilidad de tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

4.4.3. Color

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*.

El color en las tortillas varía tanto en cada región del país, los consumidores están acostumbrados a este alimento que pocas veces les disgusta si una tortilla es menos o más amarilla, blanca, roja o verde que otra. Lo que puede presentarse es que al consumidor le agrada un poco más comer una tortilla azul que una blanca o una amarilla a una roja (Salinas, 2017).

En el análisis de las respuestas de los panelistas respecto al color en las tortillas blancas, en la figura 40 se observa que no hubo diferencias significativas; las tres quedaron en escala de “agradable”, a pesar de que visiblemente si había diferencias en el color dado que entre mayor era el porcentaje de hongo presente en la tortilla esta se tornó de un color un poco más marrón u oscuro (figura 28, Luminosidad) y la MA0 % se mantuvo blanca.



Figura 40. Color en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En las tortillas azules tampoco se observó diferencias significativas en la aceptación del color, la prueba de medias y resultado de ANOVA (figura 41) indican esos resultados, los panelistas registraron “agradable” para las tres muestras (MM0 %, MM15 % y MM20 %). Méndez *et al.* (2005) señala que al consumidor le agradan más las tortillas azules que las blancas, aunque en este estudio hubo quienes difirieron de eso porque “no están familiarizados con esas tortillas” y otros mencionaron que “estas tortillas saben mejor que las blancas”.

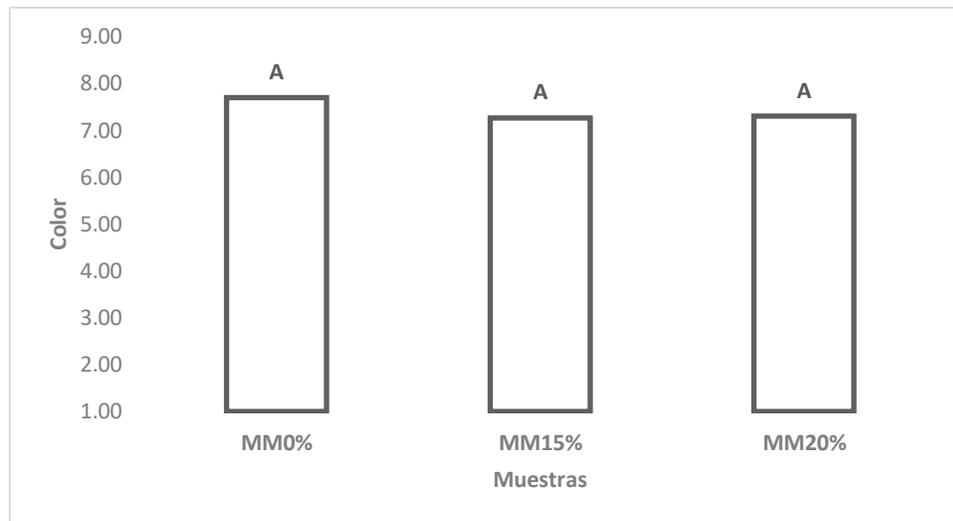


Figura 41. Color en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

4.4.4. Olor

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

El olor es uno de los atributos en los alimentos que puede conquistar al consumidor e influir en la aceptación del producto, en la figura 42 se muestran los resultados de la evaluación de este atributo; hubo diferencia en la aceptación, los tratamientos MA15 % y MA20 % ubicados en escala de “ni agradable ni desagradable”, la muestra control (MA0 %) en “agradable”. Los panelistas apreciaron que la muestra control olía más a “maíz” y a “maseca”, en las muestras con hongo detectaron un “olor diferente a una tortilla normal”, algunos señalaron desagradable y otros como aceptable.



Figura 42. Olor de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En las tortillas azules también se encontró diferencia en la aceptación del olor, en la figura 43 de prueba de medias Tukey; los tratamientos con *Pleurotus ostreatus* (MM15 % y MM20 %) fueron registrados en “ligeramente agradable” y la muestra control (MM0 %) tiende a “agradable”.

El olor propio de las tortillas MM0 % oculta el olor del hongo, es por ello que a los panelistas les resulto “ligeramente agradable” MM15 % y MM20 %.

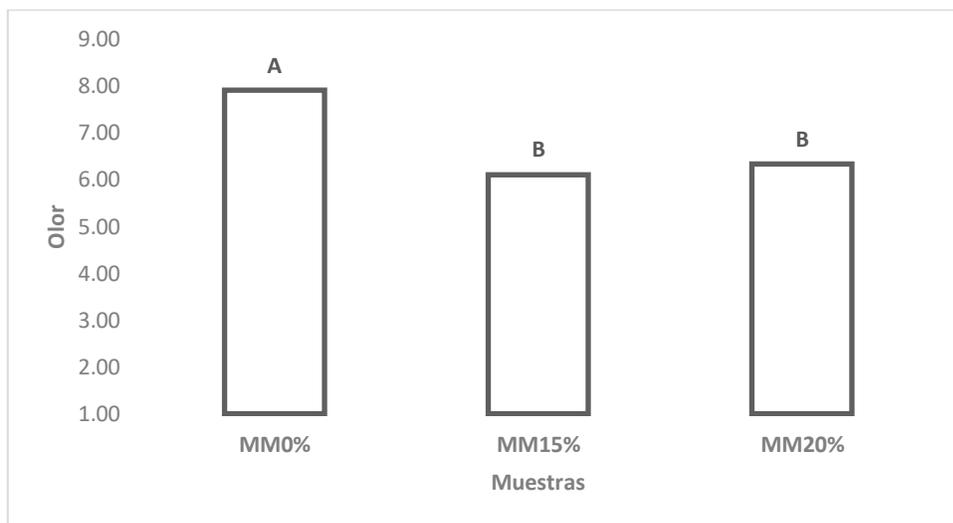


Figura 43. Olor de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

4.4.5. Sabor

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 44 se muestran los resultados de aceptación de las muestras en cuanto al atributo de sabor.

El sabor en conjunto con el olor, textura y rollabilidad son los atributos de una tortilla con mayor impacto que definen si el consumidor acepta o no el producto y también en qué nivel lo prefiere. Las muestras con hongo son estadísticamente iguales, aunque referente a su promedio de la escala hedónica MA20 % se localiza en “ligeramente desagradable” y MA15 % en “ni agradable ni desagradable”, la muestra control (MA0 %) fue estadísticamente diferente de los demás tratamientos y se localizó como “ligeramente agradable”.

Conforme aumenta la concentración del hongo el sabor de la combinación de este con la tortilla tiende a disminuir en agrado, aunque también aumenta el contenido de nutrientes con beneficios que aporta ese organismo. Sería recomendable combinar o acompañar la tortilla con una salsa, aderezo u otro platillo que mejore el sabor de la misma.

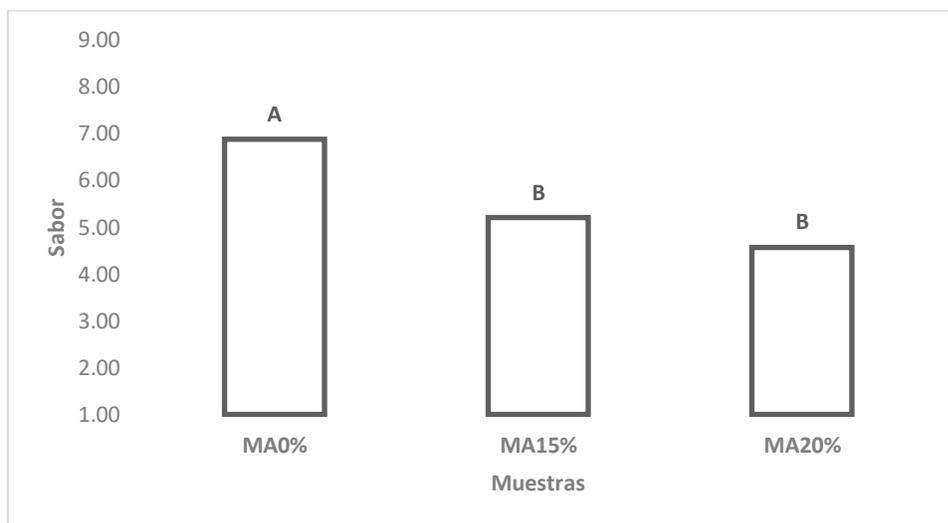


Figura 44. Sabor de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 45 se encuentran los resultados de la evaluación del sabor en las tortillas azules mediante el ANOVA, se tiene que los tratamientos son estadísticamente diferentes; MM0 % se registró como “agradable” y los tratamientos con hongo son iguales, se localizan en la escala hedónica de “ligeramente agradable”. El sabor de las tortillas azules es más fuerte y concentrado, por lo que el sabor del hongo es apenas perceptible.

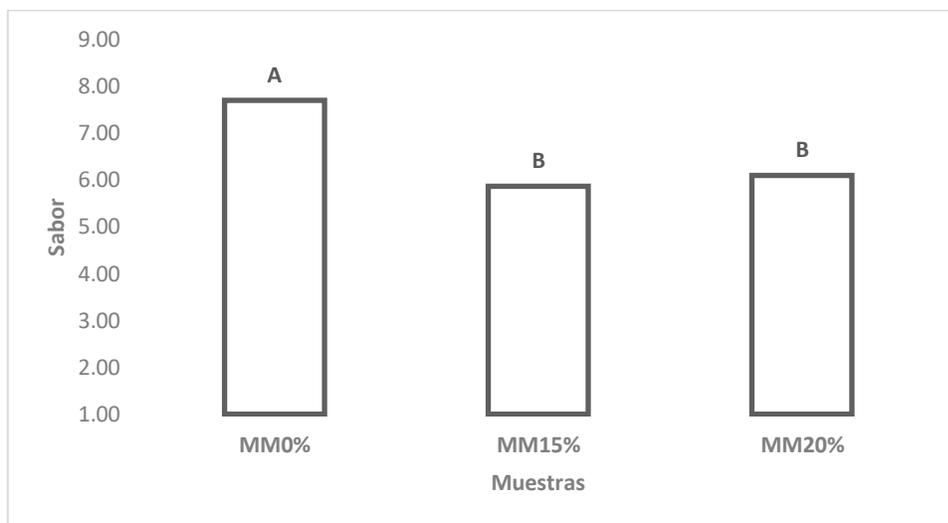


Figura 45. Sabor de las tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

4.4.6. Textura

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

Las tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizado son diferentes a las elaboradas por un proceso tradicional, las primeras suelen tener suavidad, pero con el paso del tiempo requieren mayor fuerza o firmeza y el trabajo de rollabilidad aumenta por la pérdida de agua y retrogradación en la tortilla (Gasca y Casas, 2007). Las tortillas fueron elaboradas con un día de anticipación y recalentadas al momento de iniciar la evaluación, no hay diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos en cuanto a la textura (figura 46) aunque se percibe que las muestras con hongo (MA15 % y MA20 %) tienen un valor más bajo en la escala hedónica, el cual corresponde a

“ni firme ni suave” y la muestra control (MA0 %) como “ligeramente firme”, esta diferencia se debió a que las tortillas con hongo estaban más pequeñas y con más grosor por lo que les permitió guardar más calor y humedad, a diferencia de la MA0 % la cual estaba más delgada y grande.

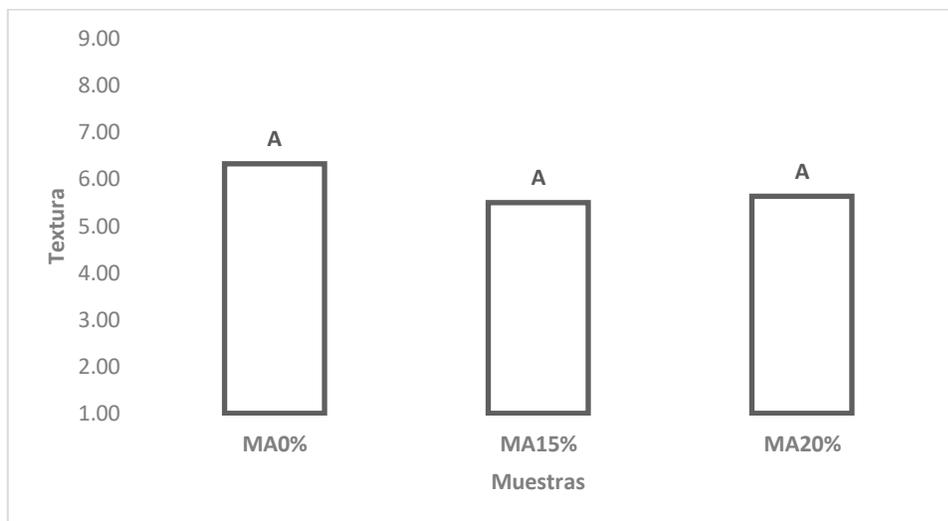


Figura 46. Textura en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 47 se puede observar que no hubo diferencias significativas en la textura de las tortillas azules, se localizan en la categoría “ligeramente firme” de la escala hedónica, sin embargo, al observar con atención también hay un ligero descenso de firmeza en las que contienen hongo. A diferencia de las blancas los panelistas mencionan que estas son más suaves y fáciles de enrollar, también sugieren que les gustaría estuvieran un poco más suaves, es probable que sea porque fueron elaboradas con un día de anticipación y el recalentado generó pérdida de agua y por ende de suavidad.

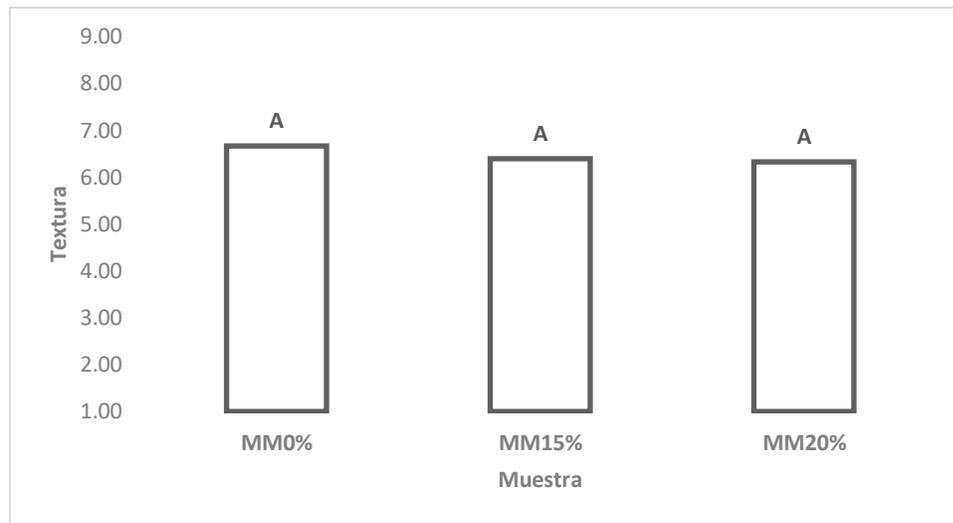


Figura 47. Textura en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul.
Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

4.4.7. Aceptación global

a) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco con *Pleurotus ostreatus*

En cuanto a la aceptación global en la figura 48 se observa que hay diferencia significativa en los tratamientos con respecto a la muestra control, los panelistas clasificaron a MA15 % y MA20 % como “ni agradable ni desagradable” y MA0 % como “ligeramente agradable”. Los parámetros que más influyeron en la diferenciación de las muestras con hongo a la muestra control fueron olor y sabor, dado que percibieron ausencia de olor a maíz o a maseca, presencia de sabor fuerte y diferente, algunos lo catalogaron como amaranto y orégano, sin embargo, si hubo quienes prefieren la muestra MA20 % y otros la MA15 % por su rollabilidad, por su color, por su suavidad, etc.

Si la aceptación de las tortillas funcionales fue neutral con el “ni agradable ni desagradable” está dentro de la posibilidad de ser viable porque por lo general la tortilla es un alimento que se consume acompañada de platillos, guisos, salsas, etc. lo cual vendría a complementar este producto.

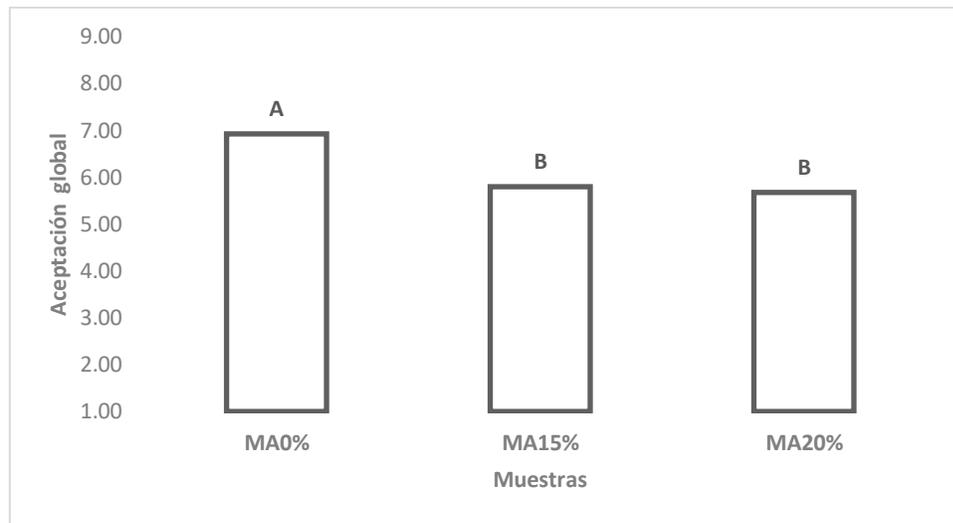


Figura 48. Aceptación global de tortilla funcional blanca con *Pleurotus ostreatus*. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ (n=3).

b) Tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul con *Pleurotus ostreatus*

En la figura 49 se muestra que si hubo diferencia significativa en la aceptación global de la tortilla funcional; las tortillas con hongo son igualmente aceptadas en “ligeramente agradables” y la muestra control como “agradable”, los panelistas identificaron diferente sabor y olor entre las muestras respecto a la MMO % (control), esto influyo en la aceptación global.

En contraste con las tortillas funcionales blancas, las azules son mejor aceptadas, aunque se deben hacer mejoras, como por ejemplo ajustar tamaño y grosor al de una tortilla promedio. El hongo viene a complementar muy bien con sus propiedades bioactivas con las de la tortilla azul por su contenido de antioxidantes, además de que es una tortilla usada en platillos especiales y en eventos significativos en la cultura mexicana (CIMMYT, 2019).

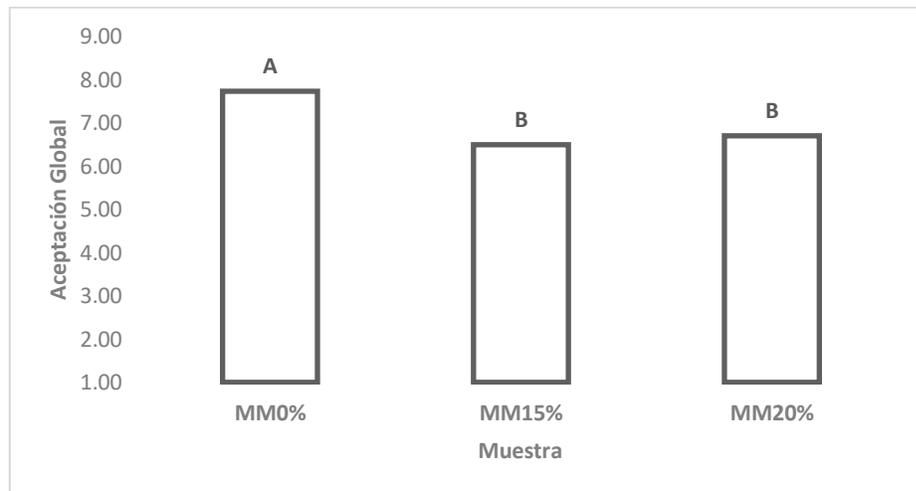


Figura 49. Aceptación global de tortilla funcional azul con *Pleurotus ostreatus*. Letras iguales no hay diferencia significativa a una $p \leq 0.05$ ($n=3$).

4.5. Análisis de componentes principales

De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial, se realizó de manera conjunta a los ANOVA y prueba de medias de Tukey un análisis de los componentes principales de los tratamientos de las tortillas funcionales.

4.5.1. Componentes principales en tortillas blancas

En la gráfica (Figura 50) se pueden observar los componentes principales que explican el 87.4 % de las diferencias entre las muestras de tortillas de maíz blanco. El componente 1 explica el 47.5 % de las diferencias entre muestras, el componente 2 el 18.2 %, el componente 3 el 12.3 % y el 4 el 9.4 %.

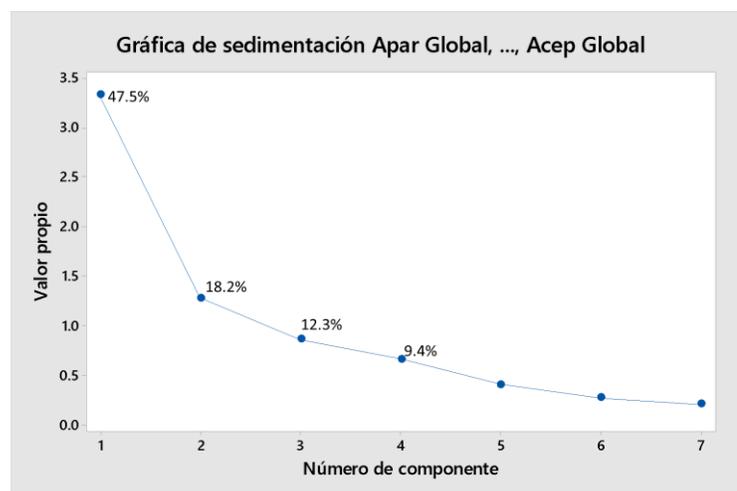


Figura 50. Gráfica de componentes principales en tortillas de maíz blanco.

En la figura 51 se observa que la distribución de las respuestas de los jueces, se encuentran muy cercanas entre sí especialmente de las muestras MA20 % y MA15 % que corresponden a las muestras que contienen hongo, esto indica que para los jueces difícilmente hay diferencias en los atributos de estas mismas.

En el cuadrante positivo se localizan de manera agrupada las respuestas de los jueces a la evaluación de los atributos de la muestra MA0 %, dicho resultado concuerda porque se trata de un producto muy conocido por ellos y están asociados a sus características.

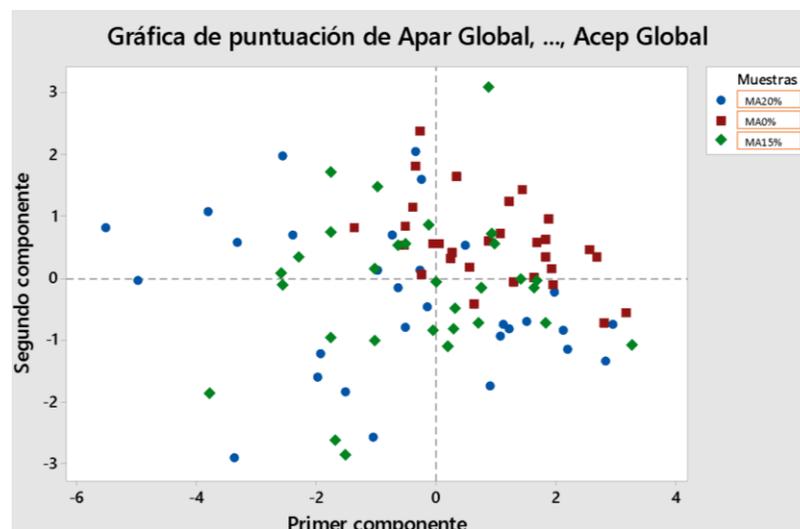


Figura 51. Distribución de las muestras de tortillas de maíz blanco de acuerdo a los atributos distintivos.

En la figura 52 se observa que hay atributos que tienden hacia el cuadrante positivo, mismos que tiene mayor peso en la descripción de las tortillas blancas.

En la figura 52 podemos observar cómo los atributos que describen a las muestras se dispersan según el impacto e importancia que tuvieron de acuerdo a los resultados de la evaluación de los panelistas. Los atributos color, rollabilidad y apariencia global describen las muestras, sin embargo; su importancia no es muy relevante, de hecho, los panelistas indicaron que, aunque hubiera diferencia entre las muestras respecto a esas características no había influencia sobre la aceptación de las mismas, por ello es lógico que se ubiquen en el cuadrante negativo.

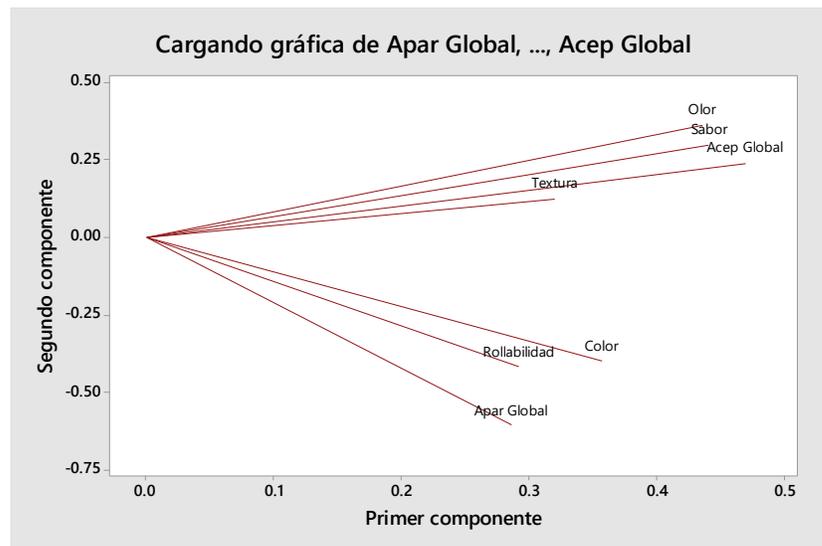


Figura 52. Gráfica de los atributos descriptivos en relación a los componentes principales de mayor peso.

En cuanto a los atributos de olor, sabor, textura y aceptación global se observa que se localizan en el cuadrante positivo, esto indica un mayor peso en la descripción del producto, así como en la diferenciación de la muestra MA0 % (control) de las funcionales (con hongo). Los panelistas evaluaron olor, sabor y textura antes que la aceptación global, esto indica como esos atributos influyeron fuertemente para diferenciar las muestras y es así como el atributo de aceptación global paso a ser el componente principal número uno que describe las tortillas de maíz blanco.

4.5.2. Componentes principales en tortilla azul

En la figura 53 se muestran los componentes principales que describen las diferencias entre las muestras de tortilla morada con hongos comestibles. El componente principal número uno describe el 48.8 % de las diferencias de las muestras, el segundo el 18.6 % de las diferencias, el tercero el 13.2 % y el cuarto el 8.4 %.

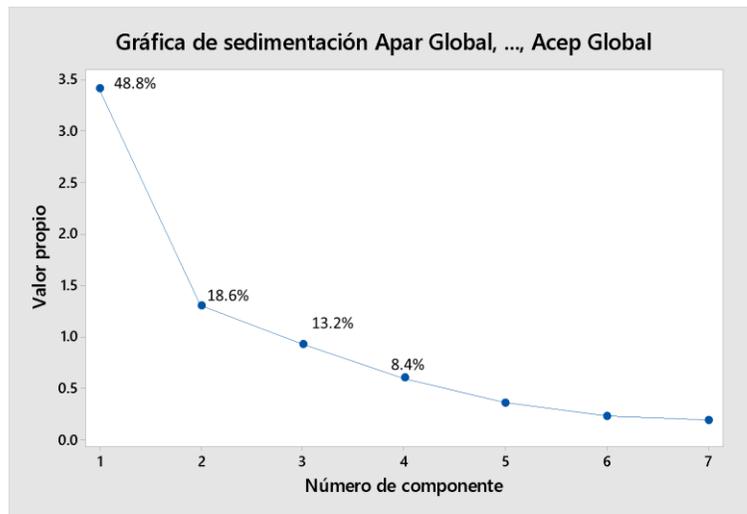


Figura 53. Gráfica de componentes principales que representan las diferencias entre las muestras evaluadas de tortilla de maíz azul.

En la figura 54 se observa la distribución de las respuestas de los jueces, la muestra MM0 % tiende hacia el cuadrante positivo. Las muestras MM15 % y MM20 % están un poco más dispersas que el control, sin embargo, la muestra MM20 % tiene una distribución más aglomerada que MM15 %, esto indica que hubo mayor facilidad de identificación o diferenciación de esta muestra en comparación con MM15 %.

Para los jueces fue más agradable y fácil evaluar las tortillas de maseca morada, mismo que se observa en los comentarios que anexaron a las evaluaciones.

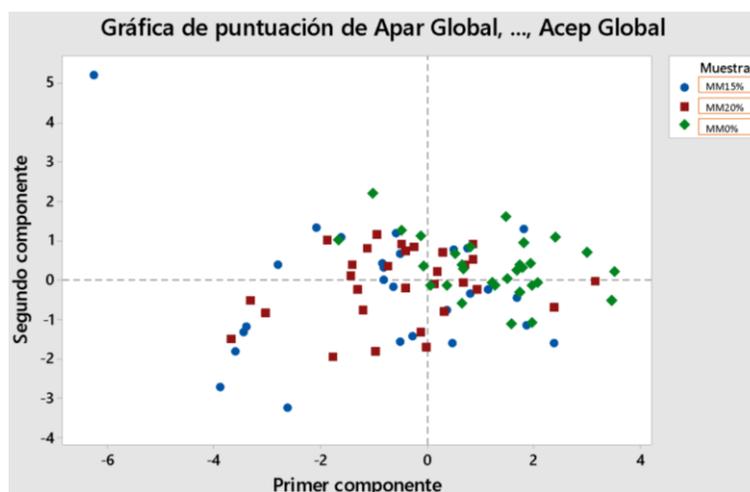


Figura 54. Gráfica de distribución de muestras de acuerdo a los atributos distintivos de las tortillas de maíz azul

En la figura 55 se encuentran los componentes principales o de mayor importancia que son los que tienden a positivo.

Se pueden apreciar los principales componentes porque describen en mayor porcentaje las diferencias en las tortillas funcionales de harina de maíz nixtamalizado. Es evidente que el principal componente es la aceptación global, este atributo tiene gran importancia gracias a la influencia que tuvo el sabor y el olor de las muestras, así como la textura, estos atributos son los que impiden que las tortillas funcionales sean iguales a la muestra control.

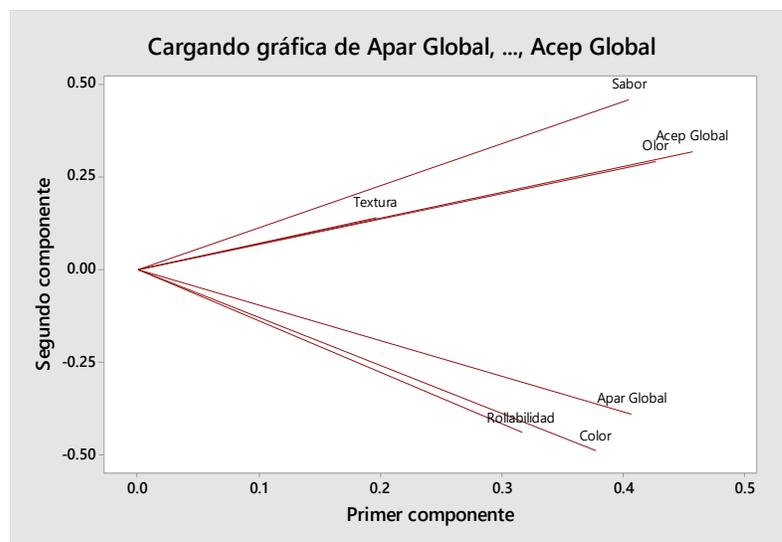


Figura 55. Gráfica de los atributos descriptivos en reacción a los componentes principales de mayor peso en tortilla azul.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

- Se elaboraron cuatro tortillas a base de harina de maíz nixtamalizado blanco y azul sustituyendo el total del peso de la harina con 15 y 20 % de hongo comestible en fresco *Pleurotus ostreatus*, o también seta de ostra como coloquialmente se le conoce. La adición del hongo en fresco no generó dificultad para la elaboración de las tortillas, fue suficiente con disminuir la cantidad de agua que indica el empaque al momento de formar la masa o “amasar”.
- En la caracterización fisicoquímica se encontraron diferencias respecto a una tortilla normal; aumentó el contenido de proteína y disminuyó el contenido de grasa en las tortillas azules, se redujo el contenido de carbohidratos en la tortilla blanca lo trae consigo disminución del índice glucémico, el contenido de fibra se mantuvo, lo que significa que sigue siendo un alimento benéfico para la microbiota.
- En cuanto a las propiedades organolépticas sería necesario mejorar sabor y olor, debido a que estos atributos fueron los que influyeron mayormente en la aceptación global de las tortillas funcionales respecto a la muestra control.
- Puede considerarse un alimento gourmet, especialmente las elaboradas con maíz azul, dado que este alimento es muy apreciado y sobretodo consumido en ocasiones especiales por la población mexicana, además los hongos son considerados un alimento exótico y altamente recomendado por sus propiedades nutritivas.
- Las tortillas enriquecidas con el hongo son una muy buena opción como un alimento funcional dado que *Pleurotus ostreatus* ofrece muchas propiedades benéficas gracias a sus compuestos bioactivos además que aporta una alta cantidad y calidad de proteínas en términos de digestibilidad y composición de aminoácidos esenciales, sin embargo, de acuerdo a la definición de alimento funcional es necesario realizar más estudios para comprobar cuáles compuestos se conservan en la tortilla ya cocida, así como la comprobación de los mecanismos de acción en el organismo.

CAPITULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Abd Karim, A., Norziah, M.H., Seow, C.C. 2000. Métodos para el estudio de retrogradación del almidón. *Food Chem.* 71; 9-36.
- 2) Antuna, G.O., Rodríguez, H. Sergio A., Arámbula, V.G., Palomo, G.A., Gutiérrez, A.E., Espinoza, B.A., Navarro, O. Edson F. & Andrio, E.E. 2008. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Volumen (31). 23-27 pág.
- 3) Ardón, L. (2007). Producción de hongos comestibles, informe investigación, maestría docencia universitaria con especialidad en evaluación educativa. Facultad de humanidades, universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- 4) Badui, S. (2006). Química de los alimentos. Pearson educación. Cuarta edición. Naucalpan de Juárez, Edo. De México. Pp 81-84. Recuperado el 19 de noviembre del 2020 de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006_26571.pdf
- 5) Barros L., Ferreira M.J., Queirós B., Ferreira I.C.F.R, Baptista P. (2007) Fenoles totales, ácido ascórbico, β -caroteno y licopeno en hongos comestibles silvestres portugueses y sus actividades antioxidantes. *Química de Alimentos*, 103: 413–419.
- 6) Bermúdez S., Morris Q., Donoso F., Martínez M. & Ramos S. (2003). Influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* var. Florida. *Revista Cubana Biomed.* 22 (4): 226-31. Recuperado el 7 de diciembre del 2020 de <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v22n4/ibi02403.pdf>
- 7) Betrán F J, A J Bockholt, L W Rooney (2001) Maíz azul. En: Especialidad en maíz. A R Hallauer (ed.). Universidad Estatal de Iowa, Ames Iowa, USA. pp:293-337.
- 8) Breene, W.M. 1990. Valor nutricional y medicinal de los hongos especiales Universidad de Minnesota, Sf. Paul, M.N. En: *Revista de protección alimentaria (USA)*, Vol. 53 (10):883-894.

- 9) Bello-Pérez L, Osorio-Díaz P, Agama Acevedo E, Núñez-Santiago C y Paredes López O. 2002. Propiedades químicas fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado *Agrociencia* 36:319-328
- 10) Bressani, R., Turcios, J.C., Reyes, L., & Mérida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 5, 309–313
- 11) Bobek P., Galbavy S. (2001) Efecto del pleurano (betaglucano de *Pleurotus ostreatus*) sobre el estado antioxidante del organismo y sobre las lesiones precancerosas inducidas por dimetilhidrazina en el colon de ratas. *Revista Británica de Ciencias Biomédicas*, 58: 164-168.
- 12) Buendía, O. (2020). Partes estructurales de la semilla [Diapositiva de Power Point]. Material Inédito. MC. Ofelia Buendía González. Tecnología de cereales y Oleaginosas. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo.
- 13) Castañeda, S.A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays L.*). *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*. Volumen (5). Pp 75-83.
- 14) Cardona UL. 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Crónica forestal y del medio ambiente* 16: 99-119.
- 15) Carrasco-González J. A., Serna-Saldívar Sergio O. & Gutiérrez-Urbe Janet A. Composición nutricional y propiedades nutraceuticas de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus*: Uso potencial como ingrediente alimentario. *Revista de composición y análisis de alimentos*, 58 (2017) 69–81.
- 16) Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón de La Rioja (CTICH). (2015). Propiedades nutricionales y saludables de los hongos. Recuperado el 20 de mayo de 2020 de <https://www.adenyd.es/wp-content/uploads/2015/02/Informe-sobre-champi%C3%B1n-y-setas.pdf>

- 17) Chang, S. T. & P. G. Miles, 1989. Hongos comestibles y su cultivo. CRC Press Inc., Boca Raton.
- 18) Contreras, B. L. (2015). Efectos del tiempo de acondicionamiento sobre las propiedades reológicas de masa de maíz nixtamalizada obtenida por extrusión. Tesis de doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Querétaro, Querétaro. 177p. Recuperado el 10 de noviembre del 2020 de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21521/Brenda%20Contreras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 19) Cruz, M. (2005). La evaluación sensorial en la cata de vinos. Monografía presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de Nutrición y alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- 20) Diego, F. 1979. Setas. Ediciones Mundi-Prensa, España.
- 21) Díez V.A., Álvarez A. (2001) Estudios composicionales y nutricionales de dos setas silvestres comestibles del noroeste de España. *Química de Alimentos*, 75: 417–422.
- 22) Dubost N.J., Ou B., Beelman R.B. (2007) Cuantificación de polifenoles y ergotioneína en hongos cultivados y correlación con la capacidad antioxidante total. *Química de Alimentos*, 105: 727–735.
- 23) Elmastas M., Isidak O., Turkekul I., Temur N. (2007) Determinación de actividad antioxidante y compuestos antioxidantes en hongos comestibles silvestres. *Revista de composición y análisis de alimentos*, 20: 337–345.
- 24) FAO. 2005. Los hongos silvestres comestibles; Perspectiva global de su uso e importancia para la población, por M. Iqbal. *Productos Forestales no Madereros*, N° 8. Roma. FAO (1991). Evaluación de la calidad de las proteínas. *Comida y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura*: Roma.
- 25) FAO (1993). El maíz en la nutrición humana. Colección FAO Alimentación y Nutrición No. 25. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado el 29 de octubre del 2020 de <http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S00.htm#Contents>

- 26) Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España. 1258 p.8
- 27) Fernández, A. D., Wanisha, R. D., Rooney, L. W. 1999. Cambios en el almidón propiedades de las tortillas de maíz durante el almacenamiento. *Almidón Starke* 51 (4): 136-140.
- 28) Fidge N.H. (1993) Fighting high cholesterol levels-lipid lowering drugs. *The Medical Journal of Australia*, 159: 815-819.
- 29) Figueroa, J.D.C., Acero, G.M.G., Vasco, M.N.L., Guzmán, L.A., Flores, A.L.M., & González, H.J. (2001). Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51, 293–302
- 30) Flores, F.R., Martínez, B.F., Salinas, M.Y., & Ríos, E. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 36, 557–567.
- 31) Flores, Ma. de J. (1996). Determinación de la dureza del grano de maíz y su efecto en la nixtamalización. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo de México. 91 p. Recuperado el 15 de noviembre del 2020 de <http://148.206.53.233/tesiuami/UAM%20LOTE%205/chapingo0063.pdf>
- 32) Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). 2007. Alimentos funcionales. Recuperado el 15 de agosto del 2020 de <https://www.fecyt.es/es/publicacion/alimentos-funcionales>
- 33) García, R. 1976. Hongos de la madera. Ministerio de la agricultura. Madrid, España.
- 34) García R.M. (1998). Cultivo de setas y trufas. Tercera Edición. Ediciones Mundi –Prensa España.
- 35) García R.M. 2003. Cultivo de setas y trufas. Cuarta Edición. Ediciones Mundi – Prensa España.
- 36) García J. A. & Vázquez Ch. L. (2016). Masa y harina de maíz nixtamalizado. Vol. 1, No. 2 (2016) 78-82 recuperado el 4 de diciembre del 2020 de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/1/15.pdf>
- 37) Gaytán M.M., Figueroa J.D.C., Vázquez L.P.A., Morales S.E., Martínez F. H.E. & Reyes V. M.L. (2012) Caracterización fisicoquímica, funcional y química de

harinas nixtamalizadas de maíz obtenidas por calentamiento óhmico y proceso tradicional, *CyTA - Journal of Food*, 10:3, 182-195, DOI: 10.1080/19476337.2011.606478

- 38) Gil-Ramírez A., Clavijo C., Palanisamy M., Ruiz-Rodríguez A., Navarro-Rubio M., Marín F.R., Reglero G., Soler-Rivas C. (2013b) Screening of edible mushrooms and extraction by pressurized water (PWE) of 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase inhibitors. *Journal of Functional Food*, 5(1): 244-250
- 39) González, P. K. 2005. Composición química proximal y mineral, características físicas y vida de anaquel de las tortillas elaboradas artesanalmente para la venta y autoconsumo en algunos municipios de los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.
- 40) GRUMA. 2010. Informe de sustentabilidad GRUMA 2010. (GRUMA) Recuperado el 30 de agosto del 2020, de <https://www.gruma.com/media/180388/informesustgruma2010.pdf>
- 41) Guillamón E., García-Lafuente A., Lozano M., D'Arrigo M., Rostagno M.A., Villares A., Martínez, J.A. (2010) Hongos comestibles: papel en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *Fitoterapia*, 81: 715–723
- 42) Guzmán G. y R. J. Hirata, 1982. Perspectivas Sobre el Cultivo de los Hongos Comestibles en los Trópicos de México. 1er. Congreso Nacional de Micología, Xalapa Ver.
- 43) Hernández, A.E. 2005. Evaluación sensorial. Primera edición. Bogotá, Colombia. UNAD-Facultad de ciencias básicas e ingeniería.
- 44) Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. El Reino de los Hongos, micología básica y aplicada. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 552 p.
- 45) Informe de tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala. Pp 15-17
- 46) Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). 2016. Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios (versión condensada 2015). Ciudad de México. Pp 39-41
- 47) Jesenak M., Majtan J., Rennerova Z., Kyselovic J., Banovcin P., Hrubisko M. (2013) Immunomodulatory effect of pleuran (bglucan from *Pleurotus ostreatus*)

- in children with recurrent respiratory tract infections. *International Immunopharmacology*, 15: 395–399.
- 48) Jugenheimer, R.W. 1988. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa. México. 841p.
- 49) KATO, T.A., C. MAPES, L.M. MERA, J.A. SERRATOS, R.A. BYE. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
- 50) Kanagasabapathy G., Malek S.N., Mahmood A.A., Chua K.H., Vikineswary S., Kuppusamy U.R. (2013) Beta-glucan-rich extract from *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer prevents obesity and oxidative stress in C57BL/6J mice fed on a high-fat diet. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013: 1-10.
- 51) Karacsonyi Š., Kuniak L. (1994) Polysaccharides of *Pleurotus ostreatus*: isolation and structure of pleuran, an alkali-insoluble β -d-glucan. *Carbohydrate Polymers*, 24: 307–312. Khan A., Tania M. (2012) Nutritional and medicinal importance of *Pleurotus* mushrooms: An overview. *Food Reviews International*, 28(3): 313-329.
- 52) Khan A., Tania M. (2012) Nutritional and medicinal importance of *Pleurotus* mushrooms: An overview. *Food Reviews International*, 28(3): 313-329.
- 53) Li, S., Xiong, Q., Lai, X., Li, X., Wan, M., Zhang, J., Li, Y., 2015a. Molecular modification of polysaccharides and resulting bioactivities. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 15, 237–250.
- 54) Lu J., Holmgren A. (2009) Selenoproteins. *Journal of Biological Chemistry*, 284: 723–727. Maga J. (1981) Mushroom flavor. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 29: 1–4.
- 55) Lorenz, K., Kulp, K. & Dekker, M., (1991). *Handbook of cereal Science and Technology*, Inc. New York.
- 56) Martínez AT, Speranza M, Ruiz-Dueñas FJ, Ferreira P, Camarero S, Guillén F, Martínez MJ, Gutiérrez A & del Río JC. 2005. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *International Microbiology* 8: 195-204.

- 57) Martínez-Flores, H. E; Martínez-Bustos, F.; Figueroa, J. D. C. y González-Hernández, J. 2002. Estudios y ensayos biológicos en tortillas de maíz elaboradas con masa fresca preparada por extrusión y procesos de nixtamalización. *Revista de ciencia de los alimentos*. Volumen 67 (3): 1196-119.
- 58) Martinez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micol. Apl. Int.* 14: 61-74.
- 59) Martínez – Carrera, D., A. Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla, A. Larque-Saavedra, 1998. A sustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 77- 96
- 60) Mendoza, F. S. 2017. Caracterización química de una tortilla de maíz enriquecida con acelga (*Beta vulgaris var. Cyclo*). Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 109p.
- 61) Muñoz-Hernández, R.A., Calderón, A., Cruz-Orea, A., Sánchez Sinencio, F., Tomas, S.A., & González, C. (1999). Estudio de la influencia del Ca(OH)₂ en la superficie de pericarpio nixtamalizado mediante técnicas fototérmicas. *Superficies y Vacío*, 8, 80–84.
- 62) NOM-187-SSA1/SCFI-2002. (Ultima adición 2011). Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba. México.
- 63) Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). Peligros biológicos. Recuperado el 27 de octubre del 2020 del sitio web: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10838:2015-peligros-biologicos&Itemid=41432&lang=es
- 64) Organización Médica Colegial de España (CGCOM). (2011). Guía de Buena Práctica Clínica en Alimentos funcionales. Madrid: International Marketing & Communication, S. A. Madrid, España.
- 65) Palacios, H. T. J. 2004. Hongos y Micotoxinas: contaminantes naturales de gran riesgo para la salud. *Aleph Zero* 33, Marzo-Abril Año 9.

- 66) Pérez J, Muñoz-Dorado J, de la Rubia T, Martínez J. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *International Microbiology* 5(2): 53-63.
- 67) Posada, J., Pineda, S. & Ochoa, G. 2003. Los antioxidantes de los alimentos y su relación con las enfermedades crónicas. Recuperado de http://77chocolatecorona.com.con/docs/libro_antioxidntes.pdf.
- 68) Rodríguez, G. 2007. Cultivo de hongos comestibles. Fruticultura y diversificación. N°52. Disponible en PDF
- 69) Reis F.S., Barros L., Martins A., Ferreira I. (2012a) Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: An inter-species comparative study. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 191–197. Romero, Cova, S. 1993. Hongos Fitopatógenos. 1ra. Edición. UACH, México.
- 70) Romero, B. L. y Rosales, G.M. 1998. Manual práctico para el cultivo de setas (*Pleurotus* spp). Edit: Universidad Autónoma de Hidalgo y Macrofungi de México. Pachuca, Hidalgo. México. p. 41.
- 71) Rossman AY (1994) A strategy for an all taxa of fungal biodiversity. In: Peng Cl, Chou CH (eds). Biodiversity and terrestrial ecosystems. Institute of Botany. Academy Sinica Monograph Series 14: 169-194.
- 72) Salinas-Moreno, Yolanda & Soria-Ruiz, J. & Espinosa-Trujillo, Edgar. (2010). Aprovechamiento y distribución de maíz azul en el Estado de México. 10.13140/RG.2.2.36398.82241.
- 73) Salinas Moreno, Yolanda, & Hernández Martínez, Viridiana, & Trejo Téllez, Libia I., & Ramírez Díaz, José Luis, & Iñiguez Gómez, Ofelia (2017). Composición nutricional y de compuestos bioactivos en tortillas de poblaciones nativas de maíz con grano azul / morado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (7), 1483-1496. [Fecha de Consulta 24 de octubre de 2020]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263153520002>
- 74) Sánchez C. 2009. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology Advances* 27: 185-194.

- 75) Sánchez, V. y Royse, J. 2001. La biología y cultivo de *Pleurotus spp.* ECOSUR. 1 edición. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Pp 83-87.
- 76) Sandstead, H., Muñoz, J.M., Jacob, R., Kelvay, L., Reck, S., Logan, G., Dinntzis, F., Inglett, G. & Shvey, W. (1978). Influence of dietary fiber on trace element balance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 31:5280-5184.
- 77) Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). Maíz el cultivo de México. Recuperado el 27 de noviembre del 2020 de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-el-cultivo-de-mexico?idiom=es>
- 78) Velázquez, Delín, N. 1995. Producción del hongo ostión o de cazahuate (*Pleurotus spp.*). Revisión bibliográfica departamento de Fitotecnia. UACH. México.
- 79) Vázquez, R. J. 2013. Desarrollo de tortillas de maíz fortificadas con fuentes de proteína y fibra y su efecto biológico en un modelo animal. Tesis de doctorado. UANL. Monterrey, Nuevo León. 162p.
- 80) Vázquez Carrillo, María Gricelda, Ávila Uribe, Graciela, Hernández Montes, Arturo, Castillo Merino, Jorge, & Angulo Guerrero, Ofelia. (2011). Evaluación sensorial de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(1), 161-167. Recuperado en 08 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000100013&lng=es&tlng=es.
- 81) WATSON, S. A., and RAMSTAD, P. E. 1987. Corn: Chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- 82) Yahuaca-Juárez, B.; Martínez-Flores, H. E.; Huerta-Ruelas, J. A.; Vázquez-Landaverde, P. A.; Pless, R. C. y Tello-Santillán, R. (2013). Efecto de las condiciones de procesamiento térmicas alcalinas en el nivel de calidad del aceite de maíz. *Cyta-Journal of Food*. 11 (sup. 1): 1-7.

ANEXOS

Anexo 1. Humedad en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	9	0.86	0.82	1.14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.97	2	4.98	19.21	0.0025
Tratamientos	9.97	2	4.98	19.21	0.0025
Error	1.56	6	0.26		
Total	11.52	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.27595

Error: 0.2594 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MA0%	43.64	3	0.29 A
MA20%	44.58	3	0.29 A
MA15%	46.19	3	0.29 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2. Humedad en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	9	0.95	0.93	0.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15.86	2	7.93	53.38	0.0002
Tratamientos	15.86	2	7.93	53.38	0.0002
Error	0.89	6	0.15		
Total	16.76	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.96570

Error: 0.1486 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MM15%	39.08	3	0.22 A
MM20%	41.29	3	0.22 B
MM0%	42.25	3	0.22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3. Materia seca total en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MST	9	0.86	0.82	0.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.97	2	4.98	19.21	0.0025
Tratamientos	9.97	2	4.98	19.21	0.0025
Error	1.56	6	0.26		
Total	11.52	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.27586

Error: 0.2594 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MA15%	53.81	3	0.29 A
MA20%	55.42	3	0.29 B
MA0%	56.36	3	0.29 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 4. Materia seca total en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MST	9	0.95	0.93	0.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15.86	2	7.93	53.36	0.0002
Tratamientos	15.86	2	7.93	53.36	0.0002
Error	0.89	6	0.15		
Total	16.75	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.96582

Error: 0.1486 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MM0%	57.75	3	0.22 A
MM20%	58.71	3	0.22 A
MM15%	60.92	3	0.22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 5. Proteína en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	9	0.09	0.00	6.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.06	2	0.03	0.28	0.7636
Tratamientos	0.06	2	0.03	0.28	0.7636
Error	0.68	6	0.11		
Total	0.74	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.84335

Error: 0.1133 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MA0%	5.07	3	0.19 A
MA15%	5.10	3	0.19 A
MA20%	5.26	3	0.19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 6. Proteína en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	9	0.85	0.80	2.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.49	2	0.25	16.61	0.0036
Tratamientos	0.49	2	0.25	16.61	0.0036
Error	0.09	6	0.01		
Total	0.58	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.30516

Error: 0.0148 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MM0%	5.23	3	0.07 A
MM20%	5.61	3	0.07 B
MM15%	5.79	3	0.07 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 7. Carbohidratos en tortillas de harina de maíz nixtamalizado blanco

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Carbohidratos	9	0.79	0.72	1.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.27	2	4.64	11.15	0.0095
Tratamientos	9.27	2	4.64	11.15	0.0095
Error	2.49	6	0.42		
Total	11.77	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.61527

Error: 0.4157 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MA15%	45.75	3	0.37 A
MA20%	46.94	3	0.37 A B
MA0%	48.23	3	0.37 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 8. Carbohidratos en tortillas de harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Carbohidratos	9	0.86	0.82	1.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12.98	2	6.49	18.85	0.0026
Tratamientos	12.98	2	6.49	18.85	0.0026
Error	2.07	6	0.34		
Total	15.05	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.47031

Error: 0.3444 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MM0%	49.47	3	0.34 A
MM20%	50.79	3	0.34 A
MM15%	52.41	3	0.34 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 9. Grasa en tortillas harina de maíz nixtamalizado blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasa	9	0.09	0.00	19.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.13	2	0.07	0.31	0.7454
Tratamientos	0.13	2	0.07	0.31	0.7454
Error	1.30	6	0.22		
Total	1.44	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.16770

Error: 0.2173 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MA15%	2.18	3	0.27 A
MA0%	2.40	3	0.27 A
MA20%	2.46	3	0.27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 10. Grasa en tortillas harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasa	9	0.74	0.65	9.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.45	2	0.23	8.59	0.0174
Tratamientos	0.45	2	0.23	8.59	0.0174
Error	0.16	6	0.03		
Total	0.61	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.40694

Error: 0.0264 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MM20%	1.43	3	0.09 A
MM15%	1.64	3	0.09 A B
MM0%	1.97	3	0.09 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 11. Fibra en tortillas harina de maíz nixtamalizado blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra	9	0.52	0.36	20.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.53	2	0.27	3.28	0.1091
Tratamientos	0.53	2	0.27	3.28	0.1091
Error	0.49	6	0.08		
Total	1.02	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71265

Error: 0.0809 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MA0%	1.09	3	0.16 A
MA15%	1.43	3	0.16 A
MA20%	1.69	3	0.16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 12. Fibra en tortillas harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra	9	0.47	0.30	9.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.21	2	0.11	2.69	0.1467
Tratamientos	0.21	2	0.11	2.69	0.1467
Error	0.24	6	0.04		
Total	0.45	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.49632

Error: 0.0392 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MM15%	1.91	3	0.11 A
MM0%	2.14	3	0.11 A
MM20%	2.28	3	0.11 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 13. Cenizas en tortillas harina de maíz nixtamalizado blanco

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas	9	0.48	0.31	9.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	2	0.01	2.81	0.1375
Tratamientos	0.03	2	0.01	2.81	0.1375
Error	0.03	6	4.8E-03		
Total	0.06	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.17359

Error: 0.0048 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MA0%	0.66	3	0.04 A
MA20%	0.76	3	0.04 A
MA15%	0.79	3	0.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 14. Cenizas en tortillas harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas	9	0.47	0.29	12.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.09	2	0.04	2.61	0.1527
Tratamientos	0.09	2	0.04	2.61	0.1527
Error	0.10	6	0.02		
Total	0.18	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32095

Error: 0.0164 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MM20%	0.88	3	0.07 A
MM0%	1.08	3	0.07 A
MM15%	1.09	3	0.07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 15. Contenido calórico en tortillas harina de maíz nixtamalizado blanco

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Valor calorico total Kcal	9	0.74	0.65	1.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	217.36	2	108.68	8.57	0.0174
Tratamientos	217.36	2	108.68	8.57	0.0174
Error	76.08	6	12.68		
Total	293.44	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.92104

Error: 12.6804 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MA15%	222.99	3	2.06 A
MA20%	230.98	3	2.06 A B
MA0%	234.78	3	2.06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 16. Contenido calórico en tortillas harina de maíz nixtamalizado azul

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Valor calorico total Kcal	9	0.91	0.89	0.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	206.56	2	103.28	31.89	0.0006
Tratamientos	206.56	2	103.28	31.89	0.0006
Error	19.43	6	3.24		
Total	225.99	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.50836

Error: 3.2385 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
MM0%	236.53	3	1.04 A
MM20%	238.44	3	1.04 A
MM15%	247.52	3	1.04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 17. Parámetro L en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L	15	0.95	0.95	2.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	516.97	2	258.48	125.49	<0.0001
Repeticiones	516.97	2	258.48	125.49	<0.0001
Error	24.72	12	2.06		
Total	541.68	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.42161

Error: 2.0598 gl: 12

Repeticiones	Medias	n	E.E.
MA20%	57.67	5	0.64 A
MA15%	63.19	5	0.64 B
MA0%	71.93	5	0.64 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 18. Parámetro a en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a	15	0.79	0.75	201.68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.40	2	2.70	22.11	0.0001
Repeticiones	5.40	2	2.70	22.11	0.0001
Error	1.47	12	0.12		
Total	6.87	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.58984

Error: 0.1222 gl: 12

Repeticiones	Medias	n	E.E.
MA0%	-0.62	5	0.16 A
MA15%	0.32	5	0.16 B
MA20%	0.82	5	0.16 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 19. Parámetro b en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b	15	0.58	0.51	3.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.78	2	2.39	8.40	0.0052
Repeticiones	4.78	2	2.39	8.40	0.0052
Error	3.42	12	0.28		
Total	8.20	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.90025

Error: 0.2847 gl: 12

Repeticiones	Medias	n	E.E.
MA20%	15.01	5	0.24 A
MA0%	15.62	5	0.24 A B
MA15%	16.39	5	0.24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 20. Parámetro L en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L	15	0.86	0.84	1.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28.44	2	14.22	37.22	<0.0001
Repeticiones	28.44	2	14.22	37.22	<0.0001
Error	4.58	12	0.38		
Total	33.02	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.04287

Error: 0.3820 gl: 12

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
MM20%	32.98	5	0.28	A
MM15%	35.38	5	0.28	B
MM0%	36.23	5	0.28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 21. Parámetro a en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a	15	0.59	0.52	40.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.54	2	0.27	8.65	0.0047
Repeticiones	0.54	2	0.27	8.65	0.0047
Error	0.38	12	0.03		
Total	0.92	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29863

Error: 0.0313 gl: 12

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
MM0%	-0.63	5	0.08	A
MM15%	-0.51	5	0.08	A
MM20%	-0.18	5	0.08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 22. Parámetro b en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b	15	0.07	0.00	63.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.22	2	0.11	0.46	0.6441
Repeticiones	0.22	2	0.11	0.46	0.6441
Error	2.87	12	0.24		
Total	3.09	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.82571

Error: 0.2395 gl: 12

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
MM15%	0.68	5	0.22	A
MM0%	0.69	5	0.22	A
MM20%	0.94	5	0.22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 23. Apariencia global en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

ANOVA de un solo factor: Apar Global vs. Muestras

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestras	2	0.267	0.1333	0.06	0.942
Error	87	192.633	2.2142		
Total	89	192.900			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestras	N	Media	Agrupación
963	30	7.100	A
134	30	7.033	A
735	30	6.967	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 24. Apariencia global en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

ANOVA de un solo factor: Apar Global vs. Muestra

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	8.956	4.478	3.62	0.031
Error	87	107.533	1.236		
Total	89	116.489			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra	N	Media	Agrupación
873	30	7.733	A
404	30	7.100	A B
572	30	7.033	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 25. Rollabilidad en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

ANOVA de un solo factor: Rollabilidad vs. Muestras

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestras	2	9.689	4.844	1.34	0.268
Error	87	314.933	3.620		
Total	89	324.622			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestras	N	Media	Agrupación
735	30	6.133	A
134	30	5.800	A
963	30	5.333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 26. Rollabilidad en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

ANOVA de un solo factor: Rollabilidad vs. Muestra

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	4.867	2.433	2.07	0.132
Error	87	102.033	1.173		
Total	89	106.900			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra	N	Media	Agrupación
873	30	7.967	A
572	30	7.733	A
404	30	7.400	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 27. Color en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

ANOVA de un solo factor: Color vs. Muestras

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestras	2	0.867	0.4333	0.35	0.705
Error	87	107.533	1.2360		
Total	89	108.400			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestras	N	Media	Agrupación
963	30	7.333	A
735	30	7.167	A
134	30	7.100	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 28. Color en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

ANOVA de un solo factor: Color vs. Muestra

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	3.489	1.7444	2.15	0.122
Error	87	70.467	0.8100		
Total	89	73.956			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra	N	Media	Agrupación
873	30	7.700	A
572	30	7.300	A
404	30	7.267	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 29. Olor en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

ANOVA de un solo factor: Olor vs. Muestras

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestras	2	74.69	37.344	13.79	0.000
Error	87	235.63	2.708		
Total	89	310.32			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestras	N	Media	Agrupación
735	30	7.600	A
963	30	5.967	B
134	30	5.467	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 30. Olor en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

ANOVA de un solo factor: Olor vs. Muestra

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	57.49	28.744	14.37	0.000
Error	87	174.07	2.001		
Total	89	231.56			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra	N	Media	Agrupación
873	30	7.900	A
572	30	6.333	B
404	30	6.100	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 31. Sabor en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

ANOVA de un solo factor: Sabor vs. Muestras

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestras	2	84.69	42.344	14.41	0.000
Error	87	255.63	2.938		
Total	89	340.32			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestras	N	Media	Agrupación
735	30	6.867	A
963	30	5.200	B
134	30	4.567	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 32. Sabor en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

ANOVA de un solo factor: Sabor vs. Muestra

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	59.76	29.878	13.79	0.000
Error	87	188.47	2.166		
Total	89	248.22			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra N Media Agrupación

873	30	7.700	A
572	30	6.100	B
404	30	5.867	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 33. Textura en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

ANOVA de un solo factor: Textura vs. Muestras

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestras	2	12.02	6.011	1.52	0.224
Error	87	343.13	3.944		
Total	89	355.16			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestras N Media Agrupación

735	30	6.333	A
134	30	5.633	A
963	30	5.500	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 34. Textura en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

ANOVA de un solo factor: Textura vs. Muestra

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	1.867	0.9333	0.30	0.743
Error	87	272.533	3.1326		
Total	89	274.400			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra N Media Agrupación

873	30	6.667	A
404	30	6.400	A
572	30	6.333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 35. Aceptación global en tortilla de harina de maíz nixtamalizado blanco

ANOVA de un solo factor: Acep Global vs. Muestras

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestras	2	29.07	14.533	5.51	0.006
Error	87	229.33	2.636		
Total	89	258.40			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestras N Media Agrupación

735	30	6.933	A
963	30	5.800	B
134	30	5.667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 36. Aceptación global en tortilla de harina de maíz nixtamalizado azul

ANOVA de un solo factor: Acep Global vs. Muestra

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	26.29	13.144	8.82	0.000
Error	87	129.67	1.490		
Total	89	155.96			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra N Media Agrupación

873	30	7.733	A
572	30	6.700	B
404	30	6.500	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.