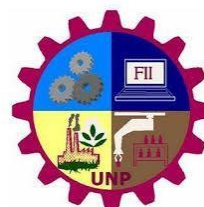


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

**Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e
Industrias Alimentarias**



TESIS

**“FORMULACIÓN ÓPTIMA DE PAN, MEDIANTE
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR
HARINA DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica*), PARA
AUMENTAR LA FIBRA DIETARIA EN SU COMPOSICIÓN”**

Presentada por:

Br. FRANCIES ANDREINA ESCOBAR PAZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

Línea de investigación:

Agroindustria y Seguridad Alimentaria

Piura, Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**“FORMULACIÓN ÓPTIMA DE PAN, MEDIANTE SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CÁSCARA DE MANGO
(*Mangifera indica*), PARA AUMENTAR LA FIBRA DIETARIA EN SU
COMPOSICIÓN”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: AGROINDUSTRIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

TESIS

PRESENTADA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL COMO
REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Francies Andreina Escobar Paz'.

FRANCIES ANDREINA ESCOBAR PAZ
BACHILLER EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alejandro Antonio Lazo Silva'.

MBA. ING. ALEJANDRO ANTONIO LAZO SILVA
ASESOR

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sylvia Carolina Alcázar Alay'.

DRA. ING. SYLVIA CAROLINA ALCÁZAR ALAY
CO-ASESORA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

Yo: Francies Andreina Escobar Paz, identificada con DNI N° 75714247, Bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias, de la Facultad de Ingeniería Industrial y domiciliada en Mz. T Lote 19, sector Valle San Juan del Distrito Tambogrande, Provincia y Departamento de Piura, celular: 963062451, Email: francies.andespaz@gmail.com.

Título:

“FORMULACIÓN ÓPTIMA DE PAN, MEDIANTE SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica*), PARA AUMENTAR LA FIBRA DIETARIA EN SU COMPOSICIÓN”

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, 19 de setiembre del 2022



Bach. Francies Andreina Escobar Paz
DNI N° 75714247



ACTA DE EVALUACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS

Expediente N° 1895/2021

Los miembros del Jurado Calificador Ad-Hoc de la Sustentación de Tesis nombrado con Resolución N° 435-D-FII-UNP-22 de fecha 03/10/2022 que suscriben, se reunieron en acto público en el lugar y modalidad que fijó la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura, el día 15 de Diciembre del 2022 a las 08:00 am, para evaluar la defensa oral de la Tesis intitulada "FORMULACIÓN ÓPTIMA DE PAN, MEDIANTE SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangífera indica*), PARA AUMENTAR LA FIBRA DIETARIA EN SU COMPOSICIÓN", presentada por FRANCIES ANDREINA ESCOBAR PAZ, Bachiller en INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

Quien es asesorada por el MBA. ALEJANDRO ANTONIO LAZO SILVA y co-asesorada por la Dra. SYLVIA CAROLINA ALCAZAR ALAY,

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara **APROBADA**, con el puntaje total de 76, que corresponde al calificativo de **MUY BUENO**, quedando apta para obtener el Título Profesional de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

Jurado	Presidente	Secretario	Vocal	Puntaje Promedio
Calificación				
Puntaje de informe	49	49	49	49
Sustentación (Max 40 puntos)	27	27	27	27
Puntaje total obtenido				76

En consecuencia, la sustentante queda en condición de recibir el Título Profesional que se indica, conferido por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura de conformidad con las Normas Estatutarias y la Ley Universitaria en vigencia

Piura, 15 de Diciembre del 2022

Dr. ALFREDO LÁZARO LUDEÑA GUTIÉRREZ	M.Sc. CARLOS ENRIQUE MARIANO COELLO OBALLE	Ing. ROBERTO SALAZAR RÍOS
PRESIDENTE	SECRETARIO	VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



“FORMULACIÓN ÓPTIMA DE PAN, MEDIANTE SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica*), PARA AUMENTAR LA FIBRA DIETARIA EN SU COMPOSICIÓN”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: AGROINDUSTRIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

TESIS

PRESENTADA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL COMO
REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

APROBADA POR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Alfredo L.", written over a horizontal line.

Dr. ALFREDO LÁZARO LUDEÑA GUTIÉRREZ
PRESIDENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Carlos Enrique Mariano Coello Oballe", written over a horizontal line.

MSc. CARLOS ENRIQUE MARIANO COELLO OBALLE
SECRETARIO

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Roberto Salazar Ríos", written over a horizontal line.

Ing. ROBERTO SALAZAR RÍOS
VOCAL

DEDICATORIA

A mi Madre, Grimanesa, por tenerme a sus 40 años, por llevarme 3 años y medio a la escuela y quedarse a estudiar conmigo, por responder a mis majaderías con amor, por enseñarme la fortuna que es tener una madre, por siempre incentivarme a seguir adelante por el camino angosto, por mostrarme a su Dios en cada uno de sus pasos. A ti mamá que lo curas todo. A ti que hace 22 años con una decisión hiciste posible que hoy pueda escribirte estas líneas. Gracias MAMÁ.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre por su trato para conmigo, por no darme nada gratis, solo su amor.

A la Dra. Sylvia Alcázar y Mba. Alejandro Lazo por su apoyo desinteresado y orientación oportuna para la elaboración de mi tesis.

A la Dra. Ritva Repo directora del centro de investigación e innovación en granos andinos (CIINCA) de la Universidad Agraria La Molina.

A la Ing. Katherine Lezama por su colaboración en la presente investigación.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
INDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA	3
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.2 BASES TEÓRICAS	9
2.2.1 El pan	9
2.2.1.2 Panes con fibra	10
2.2.2 Fibra dietaria	11
2.2.3 Diferencia entre fibra cruda y fibra dietaria o dietética.....	11
2.2.4 Clasificación de la fibra dietaria.....	12
2.2.3.1 Fibra dietaria soluble.....	12
2.2.3.2 Fibra dietaria insoluble.....	12
2.2.4 Componentes de la fibra dietaria.....	13
2.2.4.1 Celulosa.....	13
2.2.4.2 Hemicelulosa.....	13
2.2.4.3 Lignina	13
2.2.4.4 Pectinas	14
2.2.4.5 Mucílagos.....	14
2.2.4.6 Gomas	14
2.2.4.7 Rafinosa y Estafinosa	15
2.2.5 Beneficios del consumo de fibra dietaria	15
2.2.6 Subproductos agroindustriales	16
2.2.7 El Mango.....	18
2.2.7.1 Generalidades	18
2.2.7.2 Mango Variedad Kent	19
2.2.7.3 Composición del mango.....	19
2.2.7.4 Producción de mango	20
2.2.8 Cáscara de mango.....	21
2.2.8.1 Composición de la cáscara de mango.....	22
2.2.9 Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de panes	23
2.2.9.1 La harina de trigo	23
2.2.9.2 La levadura.....	23

2.2.9.3 El agua.....	24
2.2.9.4. La sal	24
2.2.9.5 El azúcar.....	24
2.2.9.6 La grasa	25
2.2.9.7 La Leche.....	25
2.2.10 Principales operaciones unitarias en panificación	26
2.2.10.1 El amasado	26
2.2.10.2 La división y boleado	26
2.2.10.3 La fermentación.....	27
2.2.10.4 La cocción	28
2.2.11 Métodos de Panificación	28
2.2.11.1 Método directo	28
2.2.11.2 Método esponja y masa	29
2.2.12 Vida útil de un alimento	29
2.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS BASICOS.....	30
2.4 MARCO REFERENCIAL	31
2.4.1 Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería	31
2.4.2 Ley de inocuidad de los alimentos	31
2.4.3 Ley general de las industrias	32
2.5 HIPÓTESIS.....	32
2.5.1 Hipótesis General.....	32
2.5.2 Hipótesis Específicas.....	33
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	34
3.1 ENFOQUE Y DISEÑO	34
3.2 SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	35
3.3.1 Materia prima, insumos, materiales y equipos.....	35
3.3.1.1 Materia prima e insumos	35
3.3.1.2 Materiales y equipos.....	36
3.3.2 Obtención de harina a partir de cáscara de mango	37
3.3.3 Descripción del proceso de obtención de harina de cáscara de mango	38
3.3.4 Elaboración de Pan.....	39
.....	40
3.3.5 Descripción del proceso de producción de pan con incorporación de harina de cáscara de mango.....	41
3.3.6 Métodos de análisis	42
3.3.6.1 Para la materia prima.....	42
3.3.6.2 Para el pan elaborado	42
3.3.6.3 Para la evaluación sensorial	43
3.3.6.4 Para la medición de vida útil	44
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	44
3.4.1 Pruebas estadísticas	44
3.4.1.1 Diseño completamente al azar.....	44
3.4.1.3 Prueba de Tukey (Diferencia Honestamente Significativa, DHS)	45
3.5 ASPECTOS ÉTICOS.....	45
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CÁSCARA DE MANGO	46
4.2 CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE MANGO	48
4.3 ELABORACIÓN DEL PAN	50
4.3.1 Evaluación sensorial.....	51
4.3.1.1 Color.....	51
4.3.1.2 Aroma.....	53

4.3.1.3 Sabor	55
4.3.1.4 Apariencia general.....	57
4.3.2 Volumen específico.....	58
4.3.3 Textura	60
4.4 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA DE PAN	61
4.4.1 Caracterización de pan	62
4.5 VIDA UTIL	64
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	76

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PAN DE LABRANZA	10
CUADRO 2.2. BENEFICIOS DE LA FIBRA DIETARIA.....	16
CUADRO 2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MANGO EN 100 GRAMOS DE ALIMENTO	20
CUADRO 2.4. INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE LA CASCARA DESHIDRATADA DE MANGO.....	22
CUADRO 3.1. FACTOR Y NIVELES DE LA INVESTIGACIÓN	34
CUADRO 3.2. DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR.....	35
CUADRO 3.3. FORMULACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS Y EL TESTIGO	39
CUADRO 4.1. RENDIMIENTO EN PESO Y EN PORCENTAJE DE LA CÁSCARA DE MANGO.....	46
CUADRO 4.2. RESULTADO DEL RENDIMIENTO DE LA HARINA DE CÁSCARA DE MANGO.....	47
CUADRO 4.3. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA HARINA DE CÁSCARA DE MANGO.....	48
CUADRO 4.4. MEDIA DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL COLOR.....	52
CUADRO 4.5. SUBCONJUNTOS POR TUKEY DE ACUERDO A COLOR.....	53
CUADRO 4.6. MEDIA DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL AROMA	53
CUADRO 4.7. SUBCONJUNTOS POR TUKEY DE ACUERDO A AROMA	54
CUADRO 4.8. MEDIA DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL SABOR.....	55
CUADRO 4.9. SUBCONJUNTOS POR TUKEY DE ACUERDO A SABOR.....	56
CUADRO 4.10. MEDIA DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO A LA APARIENCIA GENERAL	57
CUADRO 4.11. SUBCONJUNTOS POR TUKEY DE ACUERDO A APARIENCIA GENERAL	58
CUADRO 4.12. VOLUMEN ESPECÍFICO DE PANES CON SUSTITUCIÓN DE HCM Y TESTIGO	58
CUADRO 4.13. SUBCONJUNTOS POR TUKEY DE ACUERDO A VOLUMEN ESPECÍFICO	59
CUADRO 4.14. DUREZA DE PANES DE HARINA DE CÁSCARA DE MANGO Y TESTIGO	60
CUADRO 4.15. SUBCONJUNTOS POR TUKEY DE ACUERDO A DUREZA.....	60
CUADRO 4.16. CALIFICACIONES DE LA PRUEBA DE ANÁLISIS SENSORIAL DEL PAN ELABORADO	61
CUADRO 4.17. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DEL PAN.....	63
CUADRO 4.18. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL PAN	64
CUADRO 4.19. SUBCONJUNTOS POR TUKEY DE ACUERDO A PESO	65
CUADRO 4.20. SUBCONJUNTOS POR TUKEY DE ACUERDO A % DE HUMEDAD	65

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. PLANTA DE MANGO EN PRODUCCIÓN.....	18
FIGURA 2.2. FRUTO DE MANGO VARIEDAD KENT	19
FIGURA 3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE OBTENCIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE MANGO.....	37
FIGURA 3.2. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INCORPORACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE MANGO EN PAN	40
FIGURA 4.1. CÁSCARAS FRESCAS DE MANGO	46
FIGURA 4.2. CÁSCARAS DESHIDRATADAS DE MANGO	47
FIGURA 4.3. HARINA DE CÁSCARA DE MANGO.....	48
FIGURA 4.4. MASAS CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE MANGO	50
FIGURA 4.5. PANES CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE MANGO	51
FIGURA 4.6. VALORACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL COLOR	52
FIGURA 4.7. VALORACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL AROMA	54
FIGURA 4.8. VALORACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL SABOR	56
FIGURA 4.9. VALORACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO A APARIENCIA GENERAL	57
FIGURA 4.10. VALORACIÓN DE LOS 4 TRATAMIENTOS DE PAN	62
FIGURA 4.11. % HUMEDAD DEL PAN POR DÍA.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ BÁSICA DE CONSISTENCIA.....	76
ANEXO 2. MATRIZ GENERAL DE CONSISTENCIA.....	77
ANEXO 3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	75
ANEXO 4. FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL	76
ANEXO 5. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA HARINA DE CÁSCARA DE MANGO.....	77
ANEXO 6. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DEL PAN CON 10% HCM.....	78
ANEXO 7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS (MOHOS Y LEVADURAS) DEL PAN.	79
ANEXO 8. ANÁLISIS DE ACIDEZ DEL PAN.....	80
ANEXO 9. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE LA PARTE EXPERIMENTAL	81

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la formulación adecuada para la elaboración de pan artesanal mediante sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de mango (*Manguifera indica* var. Kent) con el fin de incrementar la cantidad de fibra dietaria en la composición del producto final. Con este fin se procedió inicialmente a determinar el proceso de obtención de harina de cáscara de mango destinada a la sustitución parcial de harina de trigo en la formulación. Seguidamente se establecieron los tratamientos teniendo como variable independiente el contenido de harina de cáscara de mango en sustitución de la harina de trigo (0 - 15 %) y como variables dependientes las características físicas, sensoriales y químicas proximales del pan. Durante la caracterización de los tratamientos se procedió a evaluar el efecto de dicha sustitución sobre las variables dependientes, definir la formulación adecuada de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango y evaluar su efecto en la vida útil del pan obtenido. La formulación más adecuada se interpreta como la proporción de harina de cáscara de mango en sustitución de harina de trigo usada en la elaboración de pan artesanal con buena calidad panadera (volumen, suavidad, estabilidad y contenido nutricional) y características de funcionalidad nutricional procedente del aporte de la harina de cáscara de mango con el fin de que sea aceptable por el consumidor.

En función a estas condiciones para las variables respuestas, la formulación más adecuada tuvo: 90 % de trigo y 10 % de harina de cáscara de mango, manteniendo constante el porcentaje del resto de insumos. El producto final sustituido presentó en su composición 8% de fibra dietaria, lo cual es posible de ser considerado un aporte importante de la sustitución de harina de trigo con harina de cáscara de mango, atribuyéndole características de un alimento funcional. La sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango evidenció físicamente una disminución del volumen y un aumento de la dureza del pan final; así mismo, la evaluación sensorial evidenció la aceptación del panel de degustadores en función del sabor, color, olor y apariencia general del pan, mostrando diferencias no significativas comparado con el pan elaborado con harina de trigo (testigo).

Finalmente, la incorporación de harina de cáscara de mango en la formulación de un alimento contribuye no solamente con generar un alimento funcional con características tecnológicas, sensoriales y nutricionales aceptables sino también, como una alternativa de gestión de residuos agroindustriales y política de economía circular en la cadena de valor de la producción de mango a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: harina de trigo, cáscara de mango, panificado, alimento funcional, valoración de residuos, agroindustria, economía circular.

ABSTRACT

The objective of the research work was to determine the appropriate formulation for the production of artisan bread by partial substitution of wheat flour by mango peel flour (*Manguifera indica* var. Kent) in order to increase the amount of dietary fiber in the composition of the final product. To this end, the process of obtaining mango peel flour for the partial substitution of wheat flour in the formulation was initially determined. Then, the treatments were established having as independent variable the mango peel flour content in substitution of wheat flour (0 - 15 %) and as dependent variables the physical, sensory and proximal chemical characteristics of the bread. During the characterization of the treatments, we proceeded to evaluate the effect of such substitution on the dependent variables, to define the appropriate formulation of the partial substitution of wheat flour by mango peel flour and to evaluate its effect on the shelf life of the bread obtained. The most appropriate formulation is interpreted as the proportion of mango peel flour in substitution of wheat flour used in the production of artisan bread with good baking quality (volume, softness, stability and nutritional content) and nutritional functionality characteristics from the contribution of mango peel flour in order to be acceptable to the consumer.

Based on these conditions for the response variables, the most appropriate formulation was: 90% wheat and 10% mango peel flour, keeping the percentage of the rest of the inputs constant. The final substituted product presented in its composition 8% dietary fiber, which can be considered an important contribution of the substitution of wheat flour with mango peel flour, attributing to it the characteristics of a functional food. The substitution of wheat flour with mango peel flour physically evidenced a decrease in volume and an increase in the hardness of the final bread; likewise, the sensory evaluation evidenced the acceptance of the panel of tasters in terms of taste, color, smell and general appearance of the bread, showing non-significant differences compared to the bread made with wheat flour (control).

Finally, the incorporation of mango peel flour in the formulation of a food contributes not only to generate a functional food with acceptable technological, sensory and nutritional characteristics, but also as an alternative for agro-industrial waste management and circular economy policy in the value chain of mango production at national and international level.

Key words: wheat flour, mango peel, bakery, functional food, waste valorization, agribusiness, circular economy.

INTRODUCCIÓN

Debido al actual ritmo de vida que se da en las grandes ciudades, la población está optando por adquirir alimentos de consumo rápido, los cuales al ser diseñados exclusivamente para saciar el hambre, dejan relegado el aspecto nutricional. Estos poseen elevadas cantidades de azúcares simples y grasas y un bajo contenido de nutrientes importantes como la fibra dietaria, las vitaminas y los minerales, conduciendo esto a un problema de salud pública (Gutiérrez, 2014).

En la Industria alimentaria se produce una gran cantidad de desechos orgánicos, muchos de los cuales derivan del sector frutícola, los mismos que en su mayoría no son aprovechados de la mejor manera, ocasionándose no solo problemas económicos y ambientales, además de problemas alimenticios que pueden ser suplidos por el buen aprovechamiento de esta gran cantidad de residuos, especialmente los provenientes de la agroindustria debido a su gran contenido en polisacáridos y en significativa proporción de proteínas vegetales.

En la región Piura y en varios departamentos del país, hay una alta producción de mango, en sus diversas variedades, tanto exportables como para el mercado nacional. En vista de que se genera gran cantidad de residuos como la cascara de esta fruta y sabiendo que la misma presenta un buen contenido de fibra, se propone aprovecharlo en la incorporación de harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) para la formulación de pan enriquecido con fibra dietaria, para lo cual se eligió la variedad “Kent”, por ser una de las variedades más exportables del país.

Los productos de panificación se presentan como parte de la alimentación diaria en la población y por lo tanto gozan de un gran mercado de consumo. A su vez, la tendencia de los consumidores día a día crece en la búsqueda de productos con un valor agregado que se traduce en características especiales: nutritivas, orgánicas, funcionales, sin gluten, entre otros. Darle este valor agregado al pan, no solo significa realzar su valor nutricional, sino abrir una puerta a alternativas de mejora de los productos de panificación manteniendo su esencia, resaltando la producción de los mismos y mejorando la economía de sus productores al sustituir parte de la harina de trigo que en su mayoría se importa en el Perú.

Adicionalmente, la incorporación de harinas no convencionales en panificación, como la harina de cáscara de mango conduce a contribuir con alternativas de economía circular para la industria del mango, generando un coproducto (harina), que se reinserta a la cadena productiva alimentaria. Como resultado de la incorporación de esta harina de mango se obtiene un producto amigable con el medio ambiente, que promueve la conservación del mismo y con valor nutricional

añadido. Todo esto, aliado a una formulación que privilegie los atributos esperados del pan mejora la aceptación en los consumidores.

Este estudio aplicó la metodología de diseño de mezclas estableciendo como niveles mínimos y máximos (restricciones) las harinas de: trigo 85-100% (HT) y harina de cáscaras de mango 0-15% (HM). Los factores dependientes analizados se establecen como: el contenido de fibra dietaria (CF), la humedad (%H), carbohidratos (%CH), cenizas (%C), grasa cruda (%GC), el contenido proteico (CP), el volumen específico (Ve) y la textura del pan (TP). A su vez, cada tratamiento fue evaluado mediante un análisis sensorial y todos estos factores fueron analizados estadísticamente con el fin de obtener el mejor tratamiento, el mismo que será objeto de un estudio para la determinación de tiempo de vida útil.

Finalmente, con este estudio se espera hacer una contribución a la agroindustria al proponer una alternativa de gestión de residuos y economía circular mediante la generación de coproductos; así como, contribuir con la innovación en la industria del pan en la producción de alimentos enriquecidos en fibra dietaria y la incorporación de harinas no convencionales.

CAPITULO I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El mango (*Mangifera indica*) es una fruta que ha sido consumida a lo largo del tiempo de diferentes formas, ya sea de manera directa o a través de la transformación de su pulpa en frugos, néctares, mermeladas, envasada en almíbares y muchas otras alternativas de alimentos, por la pequeña o gran Industria Alimentaria. Sin embargo muy poco se ha tomado en cuenta su cáscara, la cual muchas veces no es aprovechada de manera más adecuada generando con ello varios y distintos problemas tanto alimenticios, ambientales y económicos.

Anualmente la agroindustria frutícola genera grandes cantidades de residuos orgánicos de fruta procesada, uno de estos es la cáscara de mango, la cual en su mayoría se desecha, se emplea como fertilizante o en la alimentación animal directa, aprovechando escasamente su verdadero valor y generando muchas veces problemas medioambientales significativos los cuales podrían evitarse con políticas de economía circular y gestión de residuos, permitiendo un mejor aprovechamiento de este subproducto. El descarte de cáscara de mango aumenta año a año debido a la producción nacional en el norte del Perú y el gran mercado de exportación de la fruta...

En los procesos productivos, gran cantidad de este subproducto es perdido, generando para la Industria Alimentaria no solo mermas en materia prima sino pérdidas económicas considerables por lo que es correcto decir que reinsertar un residuo a la cadena productiva es la tendencia de todas las industrias que buscan sin duda aprovechar al máximo su materia prima y mejorar su productividad. Incluso Bhushan et al., 2008 citado por Gutiérrez, 2017 indica que el crecimiento de la industria frutícola alrededor del mundo ha generado grandes cantidades de residuos, que van desde el 25 hasta el 40% del total de fruta procesada. Provocando así, no solo pérdidas económicas para quienes los producen sino problemas en el medio ambiente, ya que muchas veces estos residuos terminan en vertederos insalubres.

Se sabe que el mango que llega al mercado local en su mayoría es de categoría “descarte” el cual se utiliza muchas veces para el consumo directo, la elaboración de jugos, almíbares y otros, su cáscara en su mayoría es desechada, entonces podemos decir que no solo es un problema para la gran Industria Alimentaria sino para los productores, comercializadores y consumidores de mango, quienes no tienen o conocen una forma más adecuada para aprovechar este residuo orgánico que posee propiedades nutricionales que pueden ser muy bien aprovechadas con un proceso correcto y económico que permita convertir este residuo en un producto.

Se sabe que la cáscara de mango, como la de la mayoría de las frutas, presenta un significativo contenido de fibra dietaria y en particular la cáscara de esta fruta posee un alto contenido de fibra, la misma que a través de un adecuado manejo y procesamiento se puede reincorporarse a la cadena de alimentos. La necesidad diaria de consumo de fibra dietaria es de como un producto para el ser humano, el cual necesita 25 g, de fibra diaria en su alimentación y, a pesar de tratarse de una cantidad relativamente pequeña, que muchas veces no es obtenida diariamente en su totalidad, generando así un problema de salud alimenticio. Dicha falta de fibra en la alimentación humana trae consigo problemas en la salud de las personas, esta carencia bien puede ser suplida por la fibra contenida en la cáscara de mango en forma de harina no convencional al ser reinsertada en la cadena productiva y participar en la formulación de convertida en un productos alimenticios aportando con un significativo valor nutricional y funcional.

El Perú, es importador de harina de trigo debido a la baja producción nacional, por lo tanto la industria de panificación está condicionada a los precios internacionales de este producto sin embargo, con la incorporación de harinas no convencionales en la formulación de panificados y sustitución parcial de la harina de trigo se pretende amortiguar estos precios brindando a los consumidores una alternativa de producto de menor precio, mayor valor nutricional y funcional, incorporando ingredientes más saludables provenientes de un proceso sustentable.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Conociendo el problema medioambiental, alimentario y económico que representa la pérdida o mala utilización de residuos orgánicos como lo es la cáscara de mango, nace la iniciativa de valorizar y aprovechar este subproducto a través de un proceso de secado para convertirlo posteriormente en una harina que sería incorporada para la formulación de pan con características funcionales basado en el aporte de fibra dietaria procedente de la cáscara de mango.

Esta investigación no solo pretende dar un uso alternativo y adecuado a este residuo agroindustrial sino que aportará a la mejora de la dieta alimentaria de los consumidores de pan tradicional debido a su alto contenido en fibra dietaria, buscando suplirla necesidad diaria de fibra en la alimentación humana que muchas personas no llegan a obtener de los alimentos que normalmente ingieren.

A su vez, al aprovechar este subproducto y reinsertarse en la cadena alimentaria, a través de un adecuado proceso tecnológico y económico, se está evitando pérdidas de materia prima y por consecuencia pérdidas económicas tanto en la gran Industria alimentaria como en el mercado local,

lo cual es beneficioso tanto para la Industria como para los productores y consumidores de esta fruta.

Con la elaboración de este pan, enriquecido con fibra dietaria se estará brindando un valor agregado al pan que es consumido por un gran sector de la población, además ahora tendrá un mayor valor nutricional añadido, beneficiando así a sus productores e incluso generando nuevos puestos de trabajo, ya que se tiene una alternativa de negocio en la elaboración del producto, la cual no solo es agradable al paladar sino tiene un mayor valor nutricional siendo además un producto novedoso y sobre todo amigable con el ambiente.

Con la transformación de este subproducto, como es la cáscara de mango en una harina no convencional, se estaría reduciendo considerablemente grandes cantidades de desechos orgánicos generados en el procesamiento de esta fruta, por lo cual se menguará los problemas medioambientales ocasionados por estos residuos al ser descartados y eliminados de maneras inadecuadas.

Esta investigación es de gran importancia porque busca transformar y valorar un residuo agroindustrial que muchas veces es desechado o mal utilizado y reinsertarlo en la cadena productiva como un insumo para la producción de pan rico en fibra dietaria, lo cual significa: mejorar la productividad en los procesos agroindustriales, dar una alternativa como harina no convencional al sector de panificación para la sustitución parcial de harina de trigo en las formulaciones panaderas, suplir la falta de fibra dietaria diaria de las personas, contribuir a alternativas de economía circular y ayudar en la conservación del medio ambiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- ✓ Determinar la formulación óptima en la elaboración de pan, mediante sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de mango, para aumentar la fibra dietaria en su composición.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el proceso de obtención de harina de cáscara de mango para la sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de pan.
- ✓ Evaluar el efecto que ejerce la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango sobre las características físicas, sensoriales y químicas proximales del pan.
- ✓ Definir la proporción adecuada de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango en la elaboración de pan.
- ✓ Determinar la vida útil de la formulación óptima de pan elaborado mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango.

1.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La ejecución del diseño experimental propuesto en esta investigación fue desarrollado en los ambientes de la Universidad Nacional de Piura: Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Zootecnia, Laboratorio de Control de Calidad (Microbiología) de la Facultad de Ingeniería Pesquera, Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias. Así también, se realizaron tareas de elaboración del producto y análisis del mismo en la Universidad Nacional Agraria La Molina: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y el Centro de Investigación e Innovación en Productos Derivados de Cultivos Andinos (CIINCA).

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según Gutiérrez (2014), en su investigación elaboró panes cuya sustitución parcial de harina de trigo por bagazo de manzana y cáscara de mandarina en polvo permita aumentar significativamente el contenido de fibra dietaria respecto a un pan que no presente sustitución parcial de harina de trigo. Los tratamientos a evaluar fueron las diversas sustituciones de harina de trigo por bagazo de manzana y mandarina, detallados a continuación: T0: 100% de harina de trigo (testigo), M1: 95% de harina de trigo y 5% de bagazo de manzana o mandarina en polvo, M2: 90% de harina de trigo y 10% de bagazo de manzana o mandarina en polvo, M3: 85% de harina de trigo y 15% de bagazo de manzana o mandarina en polvo. Se concluyó que las formulaciones M2: 10% de bagazo de manzana y C1: 5% de bagazo de mandarina, fueron identificadas como óptimas, con $1,72 \pm 0,06\%$ y $0,88 \pm 0,02\%$ de fibra cruda respectivamente. Asimismo que el tratamiento M2 presentó 7,53 gramos de fibra dietaria total por 100 gramos de producto seco, 88,3% más que el testigo y el tratamiento C1 presentó 5,00 gramos de fibra dietaria total por 100 gramos de producto seco, 25,0% más que el testigo.

De La Cruz (2009), desarrolló sus estudios con el objetivo de determinar el máximo nivel de incorporación de harina de quinua pre cocida y suero en reemplazo de harina de trigo para la producción de una harina con mayor contenido proteico, aplicando el método de Diseño de Mezclas para obtener cuatro formulaciones con porcentajes de harina de trigo (T), harina de quinua (Q) y suero de leche (S), respectivamente, (100,00% T, 0,00% Q, 0,00% S) llamada testigo, formulación 2 (97,30% T, 12,00% Q y 6,00% S), formulación 3 (82,54% T, 13,92% Q y 3,54% S) y formulación 4 (80,88% T, 17,30% Q y 1,82% S). Se realizó un análisis proximal al producto terminado y los resultados físicoquímicos se evaluaron mediante un Análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre las muestras y el control. Asimismo se realizó la evaluación sensorial tanto en el producto terminado (prueba de evaluación sensorial descriptiva de escala no estructurada: color, sabor, textura y de apariencia general y la prueba de evaluación sensorial de aceptabilidad general de escala no estructurada) y en el almacenamiento del mismo (prueba de aceptación y rechazo del producto). Concluyendo que el porcentaje más adecuado de mezcla de harinas fueron: 82,54% T, 13,92% Q y 3,54% S. Las características sensoriales del pan resultante presentaron un incremento en la aceptación y preferencia del sabor y color, a la vez que un incremento del tiempo de vida útil sensorial del pan de molde.

Según Cedeño y Zambrano (2014), presentaron una alternativa de procesamiento e industrialización de cáscaras de piña y mango, para establecer su dosificación como fuente de fibra dietética en la producción de galletas. Los tratamientos se elaboraron de acuerdo a los siguientes factores: % de cáscaras (4, 8 y 12) y fuente de fibra dietética (cáscaras de piña y cáscaras de mango deshidratadas), se evaluó el grado de aceptabilidad de los tratamientos aplicando el test de Scoring, mediante un análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo, con Tukey $p > 0,05$ y DMS se determinó diferencias significativas en los tratamientos a2b1 (8% de cáscaras de piña y 92% de harina de trigo) y a3b2 (12% de cáscaras de mango y 88 de harina de trigo) en los que se evaluaron sus propiedades bromatológicas y microbiológicas: energía 448 kcal y 451 kcal; proteína 8,17% y 7,76%; grasa 19,5% y 20%; fibra dietética total 5,31% y 4,12%; carbohidratos totales 59,83% y 59,60%, los análisis se realizaron en base húmeda con 7,01% y 6,20% respectivamente; sin presencia de mohos, levaduras y coliformes, cumpliendo con lo establecido según las normas INEN 2085:05 y NMX-F- 006-1983. Concluyendo que el tratamiento a2b1 cumplió en mayor porcentaje con los requisitos establecidos por las normas INEN 2085:05 y NMX-F-006-1983 para galletas.

Según Mayo – Mayo et al (2020), estudió el efecto de la adición de cáscara de mango (MP) y cálices de roselle decoctados (DRC) en polvo a los chips de tortilla para analizar el potencial de suplementación de estos residuos vegetales subexplotados que poseen atractivas propiedades nutraceuticas. La adición de MP o DRC en dos niveles diferentes (5.0 y 10%) a la harina de maíz nixtamalizada aumentó el contenido de fibra dietética insoluble y soluble en los chips de tortilla (1.30 y 4.90 veces, MP; 1.47 y 4.15 veces, DRC). La deshidratación parcial de la tortilla antes de freír produce un chip de tortilla bajo en grasa. En este contexto, los chips de tortilla enriquecidos con MP y DRC exhibieron un índice glucémico (IG) in vivo más bajo en comparación con el control. Se obtuvieron chips de tortilla aceptables incorporando 5 y 10% de MP. Los resultados sugieren que el uso de MP o DRC puede ser una forma interesante de aumentar el contenido de fibra dietética para controlar el índice glucémico y mejorar las propiedades funcionales de los chips de tortilla. El consumo de 100 g de MP10T, DRC5T o DRC10T proporciona la ingesta adecuada recomendada de fibra dietética para adultos. El análisis reveló que los chips de tortilla incorporados con MP o DRC a un nivel del 10% dieron como resultado productos bajos en grasa con un índice glucémico moderado. Además, la suplementación de chips de tortilla con MP mejoró sus puntajes de calidad sensorial.

Thakaeng et al (2021), desarrolló un estudio que tuvo como objetivo utilizar bananos verdes sin madurar obtenidos de aquellos que fueron clasificados como inaceptables para la exportación. Se seleccionó el pan como producto modelo para la aplicación de sustituciones de harina de trigo por harina de plátano verde inmaduro en 0%, 10%, 20% y 40%. Se investigó la composición química,

las propiedades fisicoquímicas y las propiedades funcionales de la harina de plátano verde, así como su aplicación en la sustitución de pan por harina de trigo a diferentes niveles. Se determinaron los atributos de calidad del pan. En el pan con incorporación de harina de plátano verde inmaduro se encontró un alto contenido de carbohidratos (89 %), fibra dietética total (7 %), cenizas (2 %), el contenido de proteína (15 %) y grasa (0,9 %).. La solubilidad, el poder de hinchamiento y la capacidad de absorción de agua del pan de harina de trigo fueron mayores que el pan con incorporación de harina de plátano verde inmaduro. El aumento del nivel de harina de plátano provocó un aumento en la dureza del pan y una disminución en el volumen de la hogaza.

Pascual y Zapata (2010), estudiaron la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum L.*) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*), usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. El objetivo principal fue el de determinar el método de panificación y el nivel óptimo de sustitución de harina de trigo por harina de kiwicha, elaboró 4 formulaciones para los dos métodos de panificación con niveles de sustitución de harina de kiwicha de 0%, 5%, 10% y 20% a los cuales sometió a un análisis químico proximal y un análisis organoléptico: prueba de preferencia ampliada en función a la apariencia externa, color, volumen, textura, sabor y aceptación general. Se concluyó que el pan preferido se obtuvo con el método esponja y masa, a un nivel de sustitución al 10% con harina de kiwicha. Siguiendo las siguientes operaciones: pesado, amasado, primera fermentación, amasado-sobado, división - formado, fermentación final, horneado. La composición química proximal del pan al 10% de sustitución fue la siguiente: 27,0% de humedad, 9,7% de proteína, 6,5% de grasa total, 53,3% de carbohidratos, 0,4% de fibra y 3,1% de cenizas. Este pan presentó buenos niveles de proteína, grasa y cenizas. Asimismo el pan con sustitución parcial con 10% de harina de kiwicha, produjo una ligera mejora en el valor nutricional comparado al valor de la harina de trigo.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 El pan

El pan es un producto obtenido por la cocción de una masa debidamente desarrollada por un proceso de fermentación, hecha con harina de trigo y que puede ser mezclada con harinas sucedáneas. Entiéndase por masa desarrollada al resultado obtenido de la mezcla de la esponja con los demás ingredientes en un proceso controlado de fermentación. Entiéndase además por esponja a aquella masa que al sufrir un proceso de fermentación alcohólica alcanza un grado óptimo de madurez (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la protección de la propiedad intelectual

[INDECOPI], 2011).

El pan se caracteriza por tener una corteza, una capa delgada seca que recubre una estructura alveolar suave de tipo esponja. La corteza suele tener un color castaño ligeramente dorado. En algunos panes el color puede ser más oscuro, como el pan integral o cuando se usan harinas que no son de trigo o harinas malteadas o tostadas para elaborarlos. Muchos factores afectan el color de la corteza que se produce durante el horneado debido a reacción de Maillard, que se basa en la reacción entre proteínas y azúcares presentes en la masa. La reacción empieza cuando la temperatura de la superficie del producto supera los 115 °C (Gutiérrez, 2017).

Cuadro 2.1. Composición química del pan de labranza

Componente	Cantidad
Cenizas (%)	1.0
Proteínas (%)	9.6
Humedad (%)	17.3
Grasa (%)	0.3
Fibra Cruda (%)	*
Fibra Dietética Total (%)	*
Carbohidratos (%)	71.8

Fuente: Ministerio de Salud (2017)

(*): No se ha reportado o se desconoce el dato

2.2.1.2 Panes con fibra

El pan es la base de la dieta tradicional, por consiguiente debe constituir una fuente importante de fibra, lo cual se logra en cierta parte con el consumo de pan integral, que respecto al pan blando es más rico en fibra alimentaria no hidrosoluble (celulosas y hemicelulosas), además de proteínas, minerales y vitaminas del grupo B. El pan integral además tiene un mayor poder saciante y de digestión más fácil según lo reportado por Lezaeta, 2006; citado por Risse et al, (2013). Hasta ahora el salvado de trigo ha sido la principal fuente de fibra dietética en la elaboración de productos horneados denominados ricos en fibra (Pérez y Márquez, 2006).

Un problema que surge con la adición de fibra a la masa del pan es que la captación de agua o hidratación de la fibra es más lenta que la de las partículas de endospermo de la harina. Esto produce cambios significativos en la viscosidad de la masa, al aumentar el tiempo de elaboración (Gutiérrez, 2014).

El consumo de fibra ha adquirido importancia en los últimos años, obligando a la industria

alimentaria a desarrollar nuevos productos, más saludables y con un alto contenido de fibra dietética, vitaminas, bajo contenido de colesterol y comidas complementadas con ella (Risse et al, 2013).

2.2.2 Fibra dietaria

El término fibra dietética fue usado por primera vez por Hipsley en 1953, para describir a los componentes de la pared celular de los vegetales que no son digeridos por el ser humano (Dreves et al, 1999; citado por Gonzáles, 2013).

La fibra dietética es una mezcla variada de diversas sustancias, pero el uso del término fibra dietética, debería estar siempre calificado mediante la información detallada de los carbohidratos y otras sustancias que se incluyen en esta calificación. La fibra dietética es sólo un concepto nutricional, no una descripción exacta de un componente de la dieta (Martínez et al, 2008).

La fibra dietaria es un constituyente que da firmeza y textura fuerte a las estructuras externas de las frutas. Posee efectos preventivos contra determinadas enfermedades cardiovasculares y ayuda a mejorar la función gastrointestinal. La fibra dietaria obtenida principalmente de las cortezas de las frutas, consta de polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa, pectinas, rafinosa y estafinosa), polisacáridos no estructurales (gomas y mucílagos), sustancias estructurales no polisacáridas (lignina) y de otras sustancias como cutina, taninos y suberina (Gutiérrez et al., 2002).

Cerca del 75% de la fibra dietética en los alimentos está presente en la forma de fibra insoluble, sin embargo, la mayoría de las fuentes de fibra en la actualidad son mezclas de ambas fibras, insolubles y soluble (Matos y Chambilla, 2010).

2.2.3 Diferencia entre fibra cruda y fibra dietaria o dietética

Fibra cruda es aquella que para su determinación mediante el método químico gravimétrico se basa en el tratamiento secuencial con ácidos y álcalis en condiciones estandarizadas. Con este método se subvalora en forma importante el contenido de fibra dietética total (FDT) ya que se disuelve gran parte de la hemicelulosa y lignina, cantidades variables de celulosa y toda la fibra soluble. Los valores de fibra cruda no tienen relación con el verdadero valor de FD para la alimentación humana. Los valores de FD generalmente son 3 a 5 veces mayores que los valores de fibra cruda, pero no puede hacerse un factor de corrección porque la relación entre fibra cruda y FD varía dependiendo de los componentes químicos. La fibra cruda tiene poca significancia fisiológica en la nutrición humana y no debiera usarse para informar del contenido de fibra de los alimentos

(Grossi et al, 2015).

2.2.4 Clasificación de la fibra dietaria

La fibra dietética total (FDT) es el término analítico utilizado para cuantificar la fibra dietética, la cual incluye fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS) (Córdoba, 2005).

Según Zúñiga (2005), menciona que la fibra dietaria se puede clasificar de acuerdo a su solubilidad en agua como fibra dietaria soluble y fibra dietaria insoluble, ambas fracciones poseen efectos fisiológicos particulares. De la misma forma Baena y García (2012), indica que la fibra dietética se clasifica soluble e insoluble, la cual se basa en la separación química manteniendo

2.2.3.1 Fibra dietaria soluble

Presente en los alimentos contribuye al aporte calórico de estos considerándose 4 cal/g del alimento reportado por Nelson (2001); citado por Zúñiga, (2005). Además la fibra soluble en contacto con el agua forma un retículo donde queda atrapada generando una solución de alta viscosidad. Está compuesta por pectinas, gomas, mucílagos y algunas hemicelulosas (Baena y García, 2012).

La celulosa es un polisacárido que no es atacado por las enzimas del aparato digestivo del organismo humano y que constituye junto al resto de los polisacáridos llamados inertes o resistentes, la parte no digestible de los alimentos de origen vegetal denominada fibra bruta, de gran significación como inductora del peristaltismo intestinal (Belitz y Grosch, 1997).

2.2.3.2 Fibra dietaria insoluble

La fuente de fibra insoluble más común se encuentra en productos como cereales comerciales y de grano entero, sin embargo, otras buenas fuentes de fibra insolubles se encuentran en las alubias secas, los guisantes, vegetales y los frutos secos (nuez, almendra, avellana, etc) (Córdoba, 2005).

Asimismo la fibra insoluble es capaz de retener agua en su estructura formando mezclas de baja viscosidad. Está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. Las fibras solubles tienden a reducir la velocidad de la glucosa para llegar a la sangre, así como la secreción de insulina. Es por

este motivo que se recomienda a las personas diabéticas tener un alto consumo de alimentos ricos en fibra como frutas y leguminosas (Baena y García, 2012).

2.2.4 Componentes de la fibra dietaria

2.2.4.1 Celulosa

Es abundante en el reino de las plantas y es principalmente una estructuras de soporte de los tejidos vegetales, insoluble en agua y no puede ser digeridos por el hombre y así es una fuente de energía para el cuerpo, son polisacáridos que se encuentran en los alimentos de origen vegetal (Vaclavik, 2002; citado por Cedeño y Zambrano, 2014).

La celulosa es un polisacárido formado por unidades de anhidro glucosa las cuales están unidas por enlaces β 1-4 glucosúricos de al menos 500 residuos de β -D-glucosa unidos covalentemente. En la pared secundaria tiene su máximo desarrollo mientras que en la pared primaria son más cortas. Grupos de 36 cadenas lineales con la misma orientación, forma y polaridad constituye una fibrilla elemental. Las fibras de celulosa se estabilizan por enlaces de hidrógeno entre la misma molécula y puentes de oxígeno entre las moléculas adyacentes, formando una estructura fuerte y de gran resistencia (Alonso, 2011).

2.2.4.2 Hemicelulosa

Al igual que la celulosa, la hemicelulosa es muy abundante en el reino de las plantas e importantes fuentes de fibra dietética insoluble reportado por Vaclavik (2002); citado por Cedeño y Zambrano, (2014). Sin embargo la hemicelulosa es un grupo heterogéneo de polisacáridos (de pentosas, sobre todo D- xilano) ramificados que se unen fuertemente entre sí y las microfibrillas de celulosa mediante puentes de hidrógeno, tienen estructura amorfa o paracristalina. Las moléculas de hemicelulosa tienen de 200 a 500 monosacáridos por molécula y se sintetizan en el aparato de Golgi. La hemicelulosa más abundante es el xiloglucano (Alonso, 2011).

2.2.4.3 Lignina

Según Carbajal (2018), la lignina no es un carbohidrato sino un compuesto polifenólico (polímero de fenilpropano), químicamente unido a hemicelulosas en la pared celular, el cual contribuye a dar rigidez a la pared celular como resistencia a impactos y flexiones, mayor resistencia

al ataque de microorganismos. Este compuesto no se digiere, no se absorbe y no es atacado por la microflora bacteriana del colon. Asimismo la lignina es componente minoritario en la dieta verduras, hortalizas y frutas = 0,3% (maduras), así como salvado de cereales = 3%.

Es un material hidrófobo y rígido, formado por, la polimerización de, tres alcoholes aromáticos: cumarílico, coniferílico y sinapílico, que se une covalentemente a muchos polisacáridos generando una estructura muy fuerte y resistente a la degradación (Alonso, 2011).

2.2.4.4 Pectinas

Según Cedeño y Zambrano (2014), define a las pectinas como ácidos pectínicos de elevado peso molecular y se dispersan en agua (hidrofílica).

Son polisacáridos heterogéneos ramificados que contienen numerosos residuos de ácido galacturónico, lo que les da una carga global negativa y un alto grado de hidratación. Las pectinas suelen ir unidas a calcio como pectatos de calcio, se encuentran en la lámina media de la pared celular vegetal, formando geles rígidos e insolubles (Alonso, 2011).

2.2.4.5 Mucílagos

El mucílago es un producto orgánico de origen vegetal, de peso molecular elevado, superior a 200.000 g/g mol, cuya estructura molecular completa es desconocida. Están conformados por polisacáridos celulósicos que contienen el mismo número de azúcares que las gomas y pectinas. Se suelen confundir con las gomas y pectinas, diferenciándose de éstas sólo en las propiedades físicas. Mientras que las gomas se hinchan en el agua para dar dispersiones coloidales gruesas y las pectinas se gelifican; los mucílagos producen coloides muy poco viscosos, que presentan actividad óptica y pueden ser hidrolizados y fermentados (Andrade y Rivadeneira, 2010).

2.2.4.6 Gomas

Al contrario de los mucílagos, estas están formadas por largas cadenas de ácido urónico, xilosa, arabinosa o manosa. Previenen la transformación de polisacáridos de la pared celular (Alonso, 2011).

Son un grupo de carbohidratos complejos que son muy hidrofílicos, se clasifican como fibra solubles porque sufren poca digestión y absorción en el cuerpo, por tanto aportan relativamente pocas

calorías a la dieta, si se comparan con los carbohidratos digeribles como el almidón (Cedeño y Zambrano, 2014).

2.2.4.7 Rafinosa y Estafinosa

Según Sánchez (2005); citado por López (2018), define a la rafinosa como un trisacárido soluble que no se puede hidrolizar en el intestino por ausencia de las enzimas correspondientes. Su presencia en la alimentación es rara y se puede encontrar en la soya, aunque en cantidad mínima. Asimismo la estafinosa es un tetrasacárido y tiene similares características con la Rafinosa.

2.2.5 Beneficios del consumo de fibra dietaria

En los últimos años ha cobrado importancia el consumo de alimentos integrales, el salvado de trigo y otros productos vegetales como la espinaca, cebolla, berro y frutos secos, así como ingerir las cáscaras de frutas y verduras en las que sea posible, como fuente de fibra en nuestra alimentación. La fibra garantiza además el suministro de carbohidratos de digestión lenta que mantienen las reservas necesarias de energía para el organismo (Ricce et al, 2013).

Según Sánchez (2010), citado por López (2018), señala que las fibras consiguen que las deposiciones sean más frecuentes y que las heces sean más voluminosas y blandas. De hecho, los suplementos de fibra contribuyen a la medida de elección en el tratamiento del estreñimiento funcional o en situaciones especiales, como la gestación o cuando la ingesta de comida se reduce, como ocurre en los ancianos con poca actividad física.

La fibra tiene una elevada capacidad para retener agua y un bajo poder energético, con lo que contribuye disminuir la densidad calórica en la dieta; además de requerir más masticación y, por lo tanto mayor tiempo para su ingestión favoreciendo la sensación de saciedad; asimismo retarda la velocidad del vaciamiento gástrico, disminuyendo el hambre. Además disminuye la absorción de ácidos grasos, hidratos de carbono en el intestino delgado, reduciendo el aporte calórico y aumenta el volumen fecal corrigiendo el estreñimiento que muchos pacientes sufren en el transcurso de las dietas de adelgazamiento.

En general, la fibra de tipo soluble retrasa el tiempo de tránsito en el estómago y en el intestino delgado, son rápidamente fermentados por las bacterias del colon y no tienen efecto laxante. Las fibras predominantemente de tipo insoluble tienen efecto laxante y no son fermentadas o lo son muy escasamente. Las fibras viscosas reducen las tasas de absorción, disminuyendo las

concentraciones en sangre de algunos nutrientes, como la glucosa o el colesterol (Martínez et al, 2008).

La Asociación Americana de Diabetes, recomienda un consumo de fibra entre 30-35 g/día, tanto de tipo soluble como insoluble, en la misma cuantía que la recomendada para la población general; no haciendo especial referencia a la posibilidad de añadir fibra soluble como un suplemento terapéutico de utilidad en la dieta (Asociación Americana de Diabetes, 2001).

En la actualidad existen razones de peso de carácter fisiológico para utilizar la Nutrición Enteral (NE) con fibra en muchos pacientes, especialmente en aquellos predispuestos al estreñimiento o con diarrea, en aquellos que necesiten una NE de larga duración y en algunas patologías intestinales, como el síndrome de intestino corto, y la enfermedad inflamatoria intestinal (Gómez et al, 2002).

Cuadro 2.2. Beneficios de la fibra dietaria

Soluble-viscosa- fermentable	Insoluble-no viscosa-resistente a la fermentación
<ul style="list-style-type: none"> • Retrasar el vaciamiento gástrico • Disminuir o entretener la absorción de glucosa • Reducir el pH intraluminal • Cambiar la composición de la microflora ceco-colónica • Tener efecto hipocolesterolémico • Tener efecto hiperplásico sobre la mucosa 	<ul style="list-style-type: none"> • Acortar el tiempo de tránsito intestinal • Incrementar la masa fecal • Tener posible efecto hiperplásico sobre la mucosa

Fuente: Martínez et al (2008)

2.2.6 Subproductos agroindustriales

Los residuos industriales siguen convirtiéndose en un gran problema no sólo ambiental sino económico, ya que las mismas empresas tienen que asumir altos costos de disposición de éstos. Sin embargo, la mayoría de este tipo de industrias no tiene algún plan para estos residuos, debido al alto costo de su reutilización y por el contrario, los ubican junto con la basura en los vertederos o rellenos sanitarios.

La industria de alimentos produce grandes cantidades de residuos que pueden ser aprovechados de diversas formas. Entre estos residuos se encuentran los provenientes de las frutas, los cuales pueden ser utilizados en alimentación animal y humana, abonos, obtención de biogás, en la extracción de aceites esenciales, pectinas, flavonoides, entre otros (Yepes et al, 2008).

Durante las últimas décadas ha aumentado la industrialización de cáscara de frutas. En el caso de los tomates, cada día es más valorado el licopeno, ya que estudios recientes lo han relacionado con la prevención de cáncer de próstata, así como con una menor incidencia de las afecciones coronarias.

La cáscara de manzana es utilizada, tras un secado, para la producción de pectina, además puede usarse directamente como fibra dietética o como relleno de tartas. La cáscara de mango también es utilizada para la extracción de pectina y elaboración de polvo industrial. Otro desecho utilizado como fuente de fibra son las cáscaras de piña que se usan en la elaboración de galletas, panqueques y tartas, la fibra del bagazo de caña se incorpora en tortillas y la de cítricos, cebada y salvado se utilizan directamente como complementos de fibra (Mejía y Ramírez , 2013).

Los subproductos generados durante el procesamiento de alimentos constituyen un problema económico y medio ambiental, considerado una prometedora fuente de compuestos funcionales. Son muchos los frutos, por ejemplo, naranja, manzana y melocotón, que son utilizados para la extracción de sus jugos. Todos ellos contienen un producto a partir del cual se pueden recuperar diferentes compuestos de alto valor añadido; es notable la fracción de fibra dietética que tiene un gran potencial en la elaboración de alimentos funcionales.

Otras frutas como uvas, manzanas, plátanos, mangos, guayaba, etc., que son principalmente comercializados en forma procesada, originan grandes cantidades de subproductos consistentes en las cáscaras, huesos y semillas. Este material puede ser un factor restrictivo para la comercialización de estos productos, si no es recuperado útilmente, porque representa pérdidas significativas con respecto a la materia prima, lo que aumenta considerablemente el precio de los productos transformados (Sharoba et al, 2013; citado por Gadea, 2019).

Dentro de las materias primas provenientes del desarrollo agroindustrial, en el caso de nuestro país, se encuentran los residuo del procesamiento del mango de los cuales, una parte es utilizada en la alimentación animal y en otros casos es degradada al ambiente ocasionando problemas de contaminación ambiental, como los mencionados anteriormente. La producción de residuos sólidos orgánicos en América Latina y El Caribe varía entre el 30% y 60%, pudiendo ser utilizados mediante un proceso técnico de transformación para la obtención de diferentes productos (Ospina et al, 2012).

Según Cho et al., (1999); citado por Córdoba, (2005) es recomendable formular productos enriquecidos en fibra, ya que según lo indicado por SLOAN, (1994); citado por García, (2003), la deficiencia en la ingesta de fibra en zonas urbanas ha sido suplida con la fibra dietética contenida en

preparados comerciales que representa un modelo de consumo diferente, menos natural pero más práctico para los consumidores.

2.2.7 El Mango

2.2.7.1 Generalidades

El mango, perteneciente a la familia de las anacardiáceas. Su temperatura de crecimiento óptima es de 24 – 27 °C, en los suelos su pH esta alrededor de 5.5 - 7.5. Su forma es sigmoide, con hueso interior de tamaño significativo. Crece en árboles de hojas perenne y presenta diversas variedades de tamaño y características propias del alimento. El color depende de la región donde se ha cultivado, pero abarca mezclas de verde, amarillo y rojo (Ospina et al, 2012).

Las medidas de las características morfológicas de las principales variedades comerciales de mango son: un peso promedio de 350 g; una composición promedio de 56% de pulpa; 21.5% de cáscara y 22.09% de semilla (García, 2003).

El mango es una fruta climatérica que, en estado de maduración, ideal para el consumo, dura pocos días. Entre las variedades que son aceptadas en el mercado internacional tenemos a: Smith, Tommy Atkins, Haden, Bocado, Kent, Keitt e Irwin que se encuentran disponibles en verano (Ajila et al, 2008; citado por López 2018).



Figura 2.1. Planta de mango en producción

Fuente: Archivo propio

2.2.7.2 Mango Variedad Kent

Según el Banco Agropecuario [AGROBANCO] (2007), define a la variedad de mango Kent como de gran tamaño, pesa aproximadamente 500 a 800 g, posee un color amarillo anaranjado adquiriendo en la madurez una chapa rojiza, es de forma ovalada orbicular, de agradable sabor, de alta fibrosidad y de alto contenido de azúcares, siendo estas las razones de su gran demanda para la exportación.

En el Perú este fruto se encuentra disponible en los meses de diciembre a marzo. Con su pico de producción entre los meses de enero y febrero dependiendo de las variaciones climáticas en los diferentes departamentos que se produce.

Según cifras oficiales de la Dirección Regional de Agricultura de Piura existen más de 23 000 hectáreas destinadas al cultivo de mango, especialmente de la variedad kent, siendo la mayor zona de producción el Valle de Tambogrande (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2020).



Figura 2.2. Fruto de mango variedad Kent

Fuente: Archivo propio

2.2.7.3 Composición del mango

García, (2010); citado por Alegría et al, (2013) señala que el mango es un alimento que contiene a las vitaminas A, C y E como las de proporción más abundante, las cuales presentan beneficios importantes para la salud como por ejemplo el neutralizar los radicales libres responsables del envejecimiento y factor de riesgo de diversas enfermedades degenerativas, cardiovasculares e incluso algunos tipos de cánceres.

El componente mayoritario es el agua en un 84%. El contenido de azúcar varía de 10 – 20% y de las proteínas en un 0.5%, cifras reportadas por Costa et al, (2001); citado por López, (2018).

Asimismo Mateu (2004); citado por López (2018), indica que el contenido de ácido ascórbico y la acidez total disminuyen durante el desarrollo del fruto, mientras que los carotenoides y azúcares totales aumentan.

Cuadro 2.3. Composición química del mango en 100 gramos de alimento

COMPONENTES	UNIDAD	CANTIDAD
Energía	Kcal	54,0
Humedad	g	83,0
Proteína	g	0,4
Grasa total	g	0,2
Carbohidratos disponibles	g	14,1
Fibra dietaria	g	1,8
Cenizas	g	0,5
Calcio	mg	17
Fosforo	mg	15
Zinc	mg	0.04
Hierro	mg	0.4
Vitamina A	ug	38
Tiamina	mg	0.03
Riboflavina	mg	0.11
Niacina	mg	0.39
Vitamina C	mg	24,80

Fuente: Ministerio de Salud (2017)

2.2.7.4 Producción de mango

En el Perú la producción se inició aproximadamente hace 40 años, cuando se introdujeron las variedades rojas de exportación Haden, Kent y Tommy Atkins (Ajila et al, 2008; citado por López 2018).

AGROBANCO (2007), indica que la producción nacional está centralizada en la costa, siendo Piura el departamento con mayor producción y superficie cultivada. La producción de mango ha venido creciendo a un ritmo exponencial en el departamento de Piura, en contraposición se encuentra la provincia de Ucayali, la cual ha sufrido una reducción en la producción principalmente durante los últimos 5 años, en Lima se ha mantenido constante y Lambayeque, si bien ha mostrado un crecimiento, este no ha sido en la misma proporción que en el departamento de Piura en donde se puede observar que el crecimiento es cíclico. Aproximadamente cada tres años de crecimiento es seguido de un año recesivo en la producción.

La producción nacional de mango se concentra en la zona norte, siendo Piura el principal departamento con mayor producción y superficie cultivada, cultivándose en los valles de San Lorenzo, Chulucanas, Tambogrande, y Sullana. La producción del valle de san Lorenzo, se orienta principalmente a la exportación destacándose las variedades de Kent y Haden.

Según la Agencia Agraria de Noticias (2020), en la campaña 2019/2020 la producción nacional de mango alcanzó las 535 000 toneladas. La principal región productora de mango fue Piura con 434.105 toneladas concentrando el 81.3% del total. Le siguen Lambayeque con 52.504 toneladas, Cajamarca con 11.028 toneladas, Lima con 7.875 toneladas, Ica con 7.496 toneladas, entre otras.

2.2.8 Cáscara de mango

Las cáscaras de diferentes variedades de mango contienen pectina de alta calidad, por su importante concentración en ácido galacturónico y su grado de esterificación, así como fibra dietaria con un excelente equilibrio entre fibra soluble e insoluble, así mismo se ha reportado que las cáscaras de mango criollo presentan en promedio 4,8% de proteína cruda, 29% de fibra dietética soluble y 27% de fibra dietética insoluble, dicho balance entre los dos tipos de fibra son similar al de la avena; por lo que con su ingesta se podría lograr una funcionalidad similar a la reportada para la avena, de igual manera, se ha reportado una importante concentración de polifenoles y compuestos antioxidantes en la cáscara de mango (Sumaya et al., 2010).

El residuo del mango es un material vegetal que contiene gran cantidad de tejido lignoceluloso, el cual puede ser aprovechado para la obtención de metabolitos fermentables producto de la fermentación y obtención de fibra vegetal (Ospina et al, 2012).

Chávez et al., (2009); citado por Cedeño y Zambrano (2012), reportaron un porcentaje de 37,88% en contenido de fibra en residuos de mango (piel). La cáscara del mango constituye alrededor del 15 al 20% de la fruta, con contenidos de compuestos valiosos como polifenoles, carotenoides, enzimas y fibra dietética, varios autores obtuvieron niveles de 70 g polifenoles/kg de fibra dietética, un contenido de fibra dietética soluble de 281 g/kg de fibra dietética y capacidad de retención de agua de 11,4 g agua/g fibra dietética y una mayor capacidad antioxidante e índice de retardo en la absorción de la glucosa (efectos fisiológicos), que la fibra dietética de limón (Cañas et al, 2011).

Industrialmente la pulpa extraída del mango se utiliza para la preparación de concentrados, pulpas, néctares y jugos. La cáscara que es un subproducto de estas industrias representa aproximadamente el 21.51% del peso de la fruta, la cual es desechada debido a que no se cuenta con

ninguna tecnología para su aprovechamiento.

Dependiendo de la variedad de mango, la cáscara puede constituir del 18 al 21% del peso total del fruto y la semilla del 13 al 29%, por lo que junto con la pulpa que queda adherida a estos, un importante volumen de desechos se genera en las plantas procesadoras de mango. La harina de residuos fibrosos de mango criollo se puede incorporar a productos que requieran de hidratación, generación de viscosidad y conservación de frescura, como los productos de panificación, con la ventaja de sus propiedades pueden cambiar al hacerlo el tamaño de la partícula (García, 2003).

2.2.8.1 Composición de la cáscara de mango

La cáscara de mango es fuente importante de nutrientes, como: azúcares, pectina, proteínas y fibra del peso seco de la cáscara 13% es pectina, la cual es de buena calidad, por lo que podría utilizarse para la elaboración de mermeladas, jaleas y algunos productos farmacéuticos. El alto contenido de azúcares de la cáscara del mango ha despertado gran interés para utilizarla como fuente de carbono en los procesos de fermentación. El polvo de cáscara de mango está contenido de compuestos valiosos como polifenoles, carotenoides, enzimas y fibra dietética (Ajila et al, 2008; citado por López 2018).

Cuadro 2.4. Información nutricional de la cascara deshidratada de mango

Componente	Tejido Vegetal – Cáscara
Energía (Kcal)	248.67
Cenizas (%)	3.59
Proteínas (%)	3.69
Humedad (%)	6.72
Grasa (%)	2.93
Fibra Cruda (%)	12.5
Fibra Dietética Total (%)	31.23
Carbohidratos (%)	51.87

Fuente: Cedeño y Zambrano (2014)

2.2.9 Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de panes

2.2.9.1 La harina de trigo

Deberá entenderse por harina, sin otro calificativo, el producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos finalmente triturados de otros cereales deberán llevar añadido el nombre genérico de la harina del grano del cual procede (Calaveras, 2004).

Este elemento principal generalmente es obtenido del trigo y está constituido de dos proteínas básicas que son: Glutenina y Gliadina, además de trazas de otras proteínas. Estas dos proteínas básicas son tan importantes que sin ellas no se podría constituir ningún producto, ya que al mezclarse con el agua, ellas forman lo que se llama gluten, que es una redcilla elástica que constituye la estructura de la masa (ISAC, 2012; citado por Cedeño y Zambrano, 2014).

La harina de trigo es el insumo más importante en todo producto de panificación, ya que afecta la funcionalidad y las características del producto terminado, dictamina parámetros de procesamiento y requerimientos de algunos otros insumos. La funcionalidad es impartida principalmente por el contenido de proteína y/o fuerza del gluten. Solamente la harina de trigo tiene un gluten funcional una vez que es hidratado y mezclado (Othón, 2013; citado por Gutiérrez, 2017).

2.2.9.2 La levadura

Se considera a las levaduras como el componente biológico que añadimos a la masa para lograr su esponjosidad y volumen. Se considera a las levaduras como el componente biológico que añadimos a la masa para lograr su esponjosidad y volumen. Para la fermentación de las masas panarias se emplean levaduras de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, capaz de fermentar los azúcares produciendo dióxido de carbono y etanol. Ya que en el género *Saccharomyces*, no todas las especies tienen la misma actividad fermentadora, hay algunas que solo fermentan un azúcar, otras en cambio que fermentan dos, tres o más azúcares.

Es necesario conocer que *S. cerevisiae* transforma por fermentación la glucosa y la fructosa. Estos dos azúcares derivan de la acción de las enzimas sobre las moléculas más complejas de otros tipos de azúcares, tales como la sacarosa, maltosa, almidón y otros azúcares similares. Las dos funciones principales desarrolladas al incorporar la levadura son producir gas en el interior de la masa para airearla y favorecer la maduración de la masa, produciendo diversas actividades

fermentativas. (Calaveras, 2004).

2.2.9.3 El agua

No es posible hacer un cálculo exacto de la cantidad de agua a emplear. Se busca una consistencia apreciable al tacto que facilite el trabajo con la masa. Si se añade poca agua, la masa se desarrolla mal en el horno, mientras que el exceso hace que la masa resulte pegajosa y se afloje, quedando el pan aplanado. La cantidad de agua a añadir dependerá del tipo de pan que vamos a realizar, de la harina y su absorción y de cuán drástico será el castigo que ésta le dará a la masa. La dureza del agua repercute directamente en la fermentación, alterando el desarrollo y la estabilidad y variando la presentación del pan (Calaveras, 2004).

2.2.9.4. La sal

La sal actúa principalmente sobre la formación del gluten, ya que la gliadina, uno de sus dos componentes, tiene menor solubilidad en el agua con sal, lo que da lugar en una masa obtenida con agua salada a la formación de una mayor cantidad de gluten. Por otra parte el gluten formado tiene fibras cortas, como consecuencia de las fuerzas de atracción electrostáticas que ocurren en la malla formada con sal, se presenta rígido, confiriendo a la masa mayor compacticidad con respecto al gluten obtenido sin sal (Gutiérrez, 2017).

La falta de sal produciría panes insípidos, masas pegajosas y muy blandas, durante el amasado, lo que no ayuda a dar firmeza al pan, una firmeza descolorida y fermentaciones muy rápidas con panes de excesivo volumen y corteza muy fina, pero a su vez en la fermentación, hay una tendencia a debilitarse y son piezas que hay que trabajar con cuidado (Calaveras, 2004).

2.2.9.5 El azúcar

Es un ingrediente que actúa como suavizante, produce un efecto de ablandamiento sobre la proteína de la harina. Abre la estructura de la miga y ayuda a la palatabilidad del producto porque incrementa la absorción de humedad (ISAC, 2012; citado por Cedeño y Zambrano, 2014).

Los azúcares presentes en la masa del pan, como componentes normales de harina, bien añadidos o formando parte de otros insumos, se pueden dividir en azúcares fermentables y no susceptibles a la fermentación. Investigaciones recientes han demostrado que este último tipo tiene una notable importancia tecnológica ya que forman glicoproteínas que tienen una función en la

formación de la masa y por tanto también en sus características reológicas (Gutiérrez, 2017).

Se debe tener presente que el azúcar absorbe humedad y hace que el amasado sea menos fluido. A mayor cantidad de azúcar, se obtendrá una masa más extensa, dando como resultado un producto de miga cerrada y con poco volumen. Lo opuesto también es cierto: una mezcla pobre o deficiente en azúcar resulta en un producto de color de corteza pálido y con tendencia a secarse rápidamente. El producto tiende a durar menos tiempo ya que la tendencia es a hornearlo por más tiempo para conseguir el color deseado (Gutiérrez, 2017).

2.2.9.6 La grasa

Para la panificación se debe emplear una manteca vegetal neutra, debiéndose tener cuidado cuando se trabaje con grasas que poseen un sabor y olor marcado sobre todo con las de origen animal (Gutiérrez, 2017).

Según la Norma mexicana de Alimentos [NMX-F-009-SCFI] (2005), define a la manteca vegetal como un producto semi-sólido, graso, obtenido por el procesamiento de aceites de semillas de plantas oleaginosas que se consideren comestibles por la Secretaría de Salud. Estos aceites comestibles son: Ajonjolí, algodón, cacahuete, canola, cártamo, coco, girasol, maíz, palma, palmiste y soya. Las mantecas vegetales pueden fabricarse por hidrogenación parcial de los aceites o por la mezcla de aceites vegetales y aceites vegetales parcialmente hidrogenados. Para fabricar mantecas también puede utilizarse el proceso de interesterificación ó redistribución de radicales de ácidos grasos. Las mantecas vegetales pueden contener hasta un 15% máximo de aceites vegetales totalmente hidrogenados.

2.2.9.7 La Leche

Según la norma técnica peruana 202.001:2010 Leche y productos lácteos se refiere a la leche cruda de vaca como un producto íntegro de la secreción mamaria normal sin adición o sustracción alguna y que ha sido obtenida mediante uno o más ordeños y que no ha sido sometido a procesamiento o tratamiento alguno.

Cuando la leche en polvo se emplea en las masas de pan, se logra incrementar ligeramente la absorción de la misma. Como regla general, por cada 1% de leche en polvo (sobre el peso de la harina) que lleve la formulación, se debe incrementar el agua en 1% respecto a una formulación sin leche en polvo (Gutiérrez, 2017).

2.2.10 Principales operaciones unitarias en panificación

2.2.10.1 El amasado

Durante un amasado son varios los efectos que se producen y todos ellos hacen posible el efecto masa-pan. Se dice que hay un cambio del estado natural de las materias primas, que de ser insumos individuales, al añadir agua, se produce el efecto de homogeneización que transforma estos insumos en un solo cuerpo llamado masa. La absorción de agua durante el amasado viene principalmente producida por la proteína de la harina, que aumenta el doble de su volumen inicial, por el almidón dañado que oscila entre 5 – 7% del total de almidón y que ejerce un efecto de absorción rápido, por la pequeña proporción de dextrinas en la harina antes de la actuación de la enzimas diastásicas, y por último de los pentosanos (Calaveras, 2004).

Otro efecto realizado en el amasado es el aumento de volumen, que es producido en primer lugar por su contacto con el oxígeno y posteriormente por la incorporación de la levadura; con lo que podemos dejar claro que durante el amasado ya existe una pequeña fermentación, desde el momento de incorporar la levadura y que ya en ese preciso instante comienza la metabolización de los azúcares libres de la harina. No obstante, se debe decir que el buen desarrollo de la masa se debe a una correcta oxigenación de la misma, para permitir el desarrollo de la masa se debe a una correcta oxigenación de la misma, para permitir el desarrollo de todos los microorganismos que necesitan del oxígeno para su desarrollo y que en muchos casos, como los acéticos y butíricos, tienen una parte importante en obtener un pan con buen sabor y aroma (Gutiérrez, 2007).

2.2.10.2 La división y boleado

Con el fin de conseguir el tamaño y la forma del producto que deseamos, se debe dividir la masa obtenida en la amasadora de porciones individuales, para luego darle la forma adecuada para que sirva de base al producto final que queremos conseguir después de la fermentación y el horneado (Cauvain y Young, 2006).

Tras la división, las piezas individualizadas, se trabajan de alguna manera antes de la fermentación. La acción del moldeo fuerza a la masa a moverse desde el interior del cuerpo de la pieza a través de la superficie hasta su base, lo que se consigue estirando la superficie de la pieza. La intensidad con la que puede hacerse esto sin que se produzca un daño estructural permanente depende de la reología de la masa inicial, la que depende de los insumos y la formulación, y las características de la amasadora y de la divisora. La acción del boleado añadirá tensión a la masa, lo que se puede

redundar en un daño de la estructura formada previamente. No obstante es evidente que en algunos procesos de panificación se obtiene un beneficio porque, durante esta fase, solo se produce una modificación limitada de la estructura de la masa, sobre todo si el proceso se continúa con una fermentación relativamente prolongada (Gutiérrez, 2017).

2.2.10.3 La fermentación

A la hora de hablar de procesos químicos producidos en la fermentación, debemos tener en cuenta que su fundamento es producir: aumento del volumen de la pieza, textura fina y ligera y producción de aromas (Calaveras, 2004).

La fermentación es el período de reposo de la masa donde el almidón se convierte en azúcares mediante la acción enzimática, los que sirven de sustrato para las levaduras, siendo los productos de degradación el dióxido de carbono y el alcohol etílico. El dióxido de carbono queda retenido, a medida que se produce, en los pequeños alvéolos que se habían formado en la matriz proteica durante el amasado, el gluten, provocando el crecimiento de dichos alvéolos y la expansión de la masa, que puede hacer que llegue incluso al doble de su tamaño original. Durante la fermentación también se forman otros productos derivados de la actividad de las levaduras, principalmente ácidos que pueden contribuir significativamente al desarrollo del sabor (Gutiérrez, 2017).

Según Calaveras, (2004), en cualquier fermentación de panadería deben producirse tres etapas fundamentales:

Primera etapa: es una fermentación muy rápida, se inicia en la amasadora al poco tiempo de añadir la levadura, ya que *Saccharomyces cerevisiae* comienza la metabolización de los primeros azúcares en la harina. Aunque es un porcentaje pequeño de glucosa el que posee la harina, es en estas sobre las que primero inicia la fermentación.

Segunda etapa: es la más larga y la que la mayoría de bibliografía se refiere cuando menciona a la fermentación como una etapa en panificación, se considera la etapa en las que la α -amilasa, β -amilasa, glucosidasa y amiloglucosidasa actúan sobre el almidón. Es en esta etapa donde ya se produce la mayor cantidad de etanol, pero donde a su vez comienza a producirse las distintas fermentaciones complementarias como son la butírica, láctica y acética.

Tercera etapa: Esta es la última y normalmente es una fermentación de corto tiempo, aunque tiene mucho que ver el tamaño de la pieza, ya que finaliza cuando el interior de la pieza de pan posee

55 °C, pues a dicha temperatura las células de levadura mueren. Debido a esto, el tiempo será mayor si es una hogaza con corteza gruesa, que en una barrita con corteza fina, ya que en este último caso el calor penetra rápidamente al poco tiempo de introducir los panes al horno.

2.2.10.4 La cocción

Según Calaveras (2004), en el proceso de panificación todos los equipos son importantes pero quizá el horno sea la pieza principal, ya que es responsable de regular el rito de producción y la capacidad de fabricación en el negocio. Cuando se habla de horno se define como el lugar dónde se introducen los panes para finalizar su proceso con temperatura y tiempo controlado teniendo variables como son la aplicación del vapor o tiros de calor.

Los mecanismos más importantes que ocurren durante la cocción de una masa de pan pueden resumirse de la manera siguiente:

- Se libera dióxido de carbono de la solución en la masa y del estallido final de actividad de la levadura, hasta que la temperatura alcanza los 55 °C.
- Cuando aumenta la temperatura del batido de masa, los gránulos de almidón empiezan a inflar y ocurre la gelatinización alrededor de los 60 °C.
- La actividad de la α -amilasa aumenta y puede atacar la gelatinización del almidón. Esta actividad continuará hasta que la amilasa esté inactiva a los 60 – 90 °C. Otras enzimas que puedan estar presentes son inactivadas.
 - ✓ Las proteínas del gluten en la masa coagulan a 70 – 80 °C.
 - ✓ Los gases, incluido el vapor de agua, que están atrapados en la masa se expanden.
 - ✓ Las reacciones de Maillard y de caramelización contribuyen a la formación del color de la corteza.

2.2.11 Métodos de Panificación

2.2.11.1 Método directo

Este método consiste en que todos los componentes de la masa son mezclados y combinados en una sola etapa, (Mesas y Alegre 2002) excepto la levadura que es añadida al final del amasado unos cinco minutos antes de su finalización. Con este sistema se añade un 10% más de levadura que en el método de esponja. Se mantiene el amasado hasta que todos los insumos han formado un solo

cuerpo, produciendo una masa suave y elástica. La temperatura final de la masa depende del proceso de fabricación de pan, oscilando entre 21°C para procesos rápidos y 25°C para procesos artesanales, e influye mucho si la zona de amasado está aclimatada o no (Calaveras, 2004).

2.2.11.2 Método esponja y masa

En este método el volumen de harina a utilizar se divide en dos partes: una de ellas es mezclada con levadura y agua, dejándolo fermentar cierto tiempo, a esta masa se le llama “esponja”, la cual se mezcla con la otra cantidad de harina y los otros ingredientes (masa). La cantidad de harina a utilizar en la “esponja” y en la masa está regulada por el tipo de harina y el tipo de producto a elaborar (Mesas y Alegre 2002).

Este método tiene su origen en Polonia al que debe su nombre y solo es aplicable a procesos o panes que admiten una división fácil. La esponja normalmente comprende el 60% de la harina total y la mayor parte de la levadura y el agua (Calaveras, 2004).

2.2.12 Vida útil de un alimento

Según Curia et al. (2005), la vida útil de un alimento representa aquel período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables. Entre las muchas variables que deben considerarse en la vida útil de un alimento están: la naturaleza del alimento, su composición, las materias primas usadas, el proceso a que fue sometido, el envase elegido para protegerlo, las condiciones de almacenamiento y distribución y la manipulación que tendrá en manos de los usuarios.

Sanez (2019), indica que la vida útil de un alimento representa el periodo de tiempo durante el cual el alimento en cuestión:

- Se mantiene apto para su consumo (seguro e inocuo).
- Mantiene las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente definidos como aceptables.

El objetivo principal de un estudio de vida útil es determinar el tiempo en el que un producto puede mantenerse sin sufrir algún cambio significativo en su calidad e inocuidad. Influyen diversos factores, entre los cuales destacamos:

- Propiedades y composición del alimento

- Procesos a los que se ve sometido
- Formato y envase en el cual se comercializa
- Condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad, etc.).

Curia et al. (2005), indica que un estudio de vida útil consiste en realizar una serie de controles preestablecidos en el tiempo, hasta alcanzar el deterioro elegido como limitante. Se debe definir cuál será la variable de mayor impacto en el deterioro del producto para analizarla respecto al tiempo, con la finalidad de utilizarla como variable de respuesta. Cuando no se conoce esta variable, por lo general, se realizan pruebas sensoriales, microbiológicas y fisicoquímicas en forma simultánea. Los puntos clave al diseñar un ensayo de vida útil son: el tiempo durante el cual se va a realizar el estudio siguiendo una determinada frecuencia de muestreo, y los controles que se van a llevar a cabo sobre el producto hasta que presente un deterioro importante.

2.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS BASICOS

Alimento funcional: definido por el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida en Europa (ILSI-Europa) como: “Un alimento puede considerarse funcional si ha demostrado satisfactoriamente que afecta de manera beneficiosa a una o más funciones del organismo, más allá de sus efectos nutricionales, de manera que es relevante tanto para mejorar el estado de salud y bienestar como para reducir alguno de los factores de riesgo de enfermedades” (Aranceta, 2011).

Economía circular: es un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables. Funciona de manera efectiva a cualquier escala (Cerdá y Khalilova, s.f).

Valoración de residuos agroindustriales: reaprovechamiento del residuo para convertirlo en un producto dándole un valor añadido mediante un proceso económicamente viable y ambientalmente sostenible.

Volumen específico: definida como el universo de la densidad, es decir, es el volumen que ocupa la unidad de masa. La unidad del sistema internacional para el volumen específico son: m^3/kg o cm^3/g (Streeter et al, 1998).

Dureza: definida como dureza física a la fuerza necesaria para una deformación dada y dureza sensorial a la fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos) (Hernández, 2005).

2.4 MARCO REFERENCIAL

2.4.1 Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería

Según la Norma Sanitaria N° 088-MINSA/DIGESA (2010), tiene como propósito proteger la salud de los consumidores, disponiendo los requisitos sanitarios que deben cumplir los productos de panificación, galletería y pastelería y los establecimientos que los fabrican, elaboran y expenden. La misma que uno de sus objetivos establecer las características de calidad sanitaria e inocuidad que deben cumplir los productos elaborados en panaderías, galleterías y pastelerías para ser considerados aptos para el consumo humano.

Requisitos de calidad sanitaria e inocuidad de los productos de panificación, galletería y pastelería: Aditivos y coadyuvantes de elaboración, sólo se autoriza el uso de aditivos y coadyuvantes de elaboración permitidos por el Codex Alimentarius y la legislación vigente, teniendo en cuenta que los niveles deben ser el mínimo utilizado como sea tecnológicamente posible. Conforme a la legislación vigente está prohibido el uso de la sustancia química bromato de potasio para la elaboración de pan y otros productos de panadería, pastelería, galletería y similares.

En sus criterios físico químicos: para el pan de molde (blanco, pan integral y sus productos tostados) tiene como límite máximo permisible en humedad 40%, acidez 5% y cenizas 4%.

2.4.2 Ley de inocuidad de los alimentos

Según la Ley de Inocuidad de los Alimentos en su Decreto Legislativo 1062 - DIGESA (2008), establece en su artículo 1 tener por objeto garantizar la inocuidad de los alimentos destinados al consumo humano, a fin de proteger la vida y la salud de las personas, con un enfoque preventivo e integral, a lo largo de toda la cadena alimentaria, incluido los piensos.

La mencionada Ley en su artículo 5. Obligaciones de los proveedores, dispone que los proveedores deben suministrar alimentos sanos y seguros, siendo responsables directos por la inocuidad de los alimentos, en tal sentido están obligados a:

- ✓ Cumplir con las normas sanitarias y de calidad.
- ✓ Asegurar que el personal que intervenga en las fases de la cadena alimentaria, lo realice conforme a los Principios Generales de Higiene del Codex Alimentarius

- ✓ Asegurar que los locales utilizados reúnan las condiciones conforme a los Principios Generales de Higiene del Codex Alimentarius.
- ✓ Garantizar y responder, por el contenido y la vida útil del producto indicado en el envase.
- ✓ Brindar información sobre los productos que sea comprensible al consumidor.
- ✓ Adoptar las medidas razonables para erradicar o disminuir el peligro, en caso que se coloque en el mercado alimentos en los que posteriormente se detecte la existencia de peligros imprevistos.

La ley de Inocuidad de los Alimentos precisa en su artículo 7.- Seguridad de los Alimentos, que sólo se puede comercializar alimentos inocuos y que se considera que un alimento es inocuo cuando:

- ✓ No sea nocivo para la salud.
- ✓ Sea calificado como apto para el consumo humano por la autoridad sanitaria competente.
- ✓ No cause daño al consumidor cuando se prepare y/o consuma de acuerdo con el uso a que se destina.

2.4.3 Ley general de las industrias

De acuerdo a la ley peruana las industrias están regidas bajo la Ley N° 23407 (Ley General de las Industrias) (1982) la cual tiene como los objetivos promover la generación, el incremento, la inversión, producción y productividad de las industrias manufactureras en nuestro país, estimular la productividad del trabajo y del capital y la plena utilización de estos recursos, garantizar la competencia en la producción y venta de manufacturas, proteger la industria nacional, promover la industrialización de los recursos naturales del país, el crecimiento del empleo en la actividad industrial, la descentralización de la actividad industrial y la exportación de productos industriales nacionales estimulando preferentemente el desarrollo de la pequeña industria.

2.5 HIPÓTESIS

2.5.1 Hipótesis General

- ✓ La formulación óptima de pan desarrollada con sustitución parcial de harina de trigo mediante la incorporación de harina de cáscara de mango permite aumentar la fibra dietaria en la composición del producto final.

2.5.2 Hipótesis Específicas

- ✓ El proceso definido para la obtención de harina de cáscara de mango permite su incorporación a la formulación de pan mediante la sustitución parcial de harina de trigo, logrando la formación de la masa y del producto panificado final.
- ✓ La sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango influye sobre las características físicas, sensoriales y químicas proximales del pan obtenido.
- ✓ La proporción de 10% de harina de cáscara de mango usada en la sustitución parcial de harina de trigo logra los atributos esperados en el producto panificado desarrollado.
- ✓ El tiempo de vida útil de la formulación óptima del pan, elaborado mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango es 2 días.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE Y DISEÑO

La presente investigación tiene un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo): cuantitativo ya que se obtuvo datos experimentales de la evaluación de las características químicas proximales (carbohidratos, cenizas, fibra dietaria total, grasa cruda, humedad, proteína) primero de la harina de cáscara de mango variedad kent y luego del mejor tratamiento de la formulación de pan, mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango (*Manguifera indica*) para aumentar el contenido de fibra dietaria en su composición, asimismo como de las características físicas (textura y volumen específico) y la medición de vida útil de los panes de mejor calidad; también cualitativo al haber evaluado sus características sensoriales (color, aroma, sabor, apariencia general) por medio de una prueba sensorial afectiva de grado de satisfacción con una escala hedónica de 5 puntos (ver Anexo 4).

El diseño que se aplicó en la investigación fue un diseño experimental ya que no solo buscó identificar las características que se estudian sino controlarlas o manipularlas con el fin de observar de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento particular.

En esta investigación se tiene como variables de estudio, variable independiente que será el % de harina de cáscara de mango (0, 5, 10, 15%) y variables dependientes características físicas, sensoriales y químicas proximales del pan, esto con el propósito de determinar el mejor tratamiento de la formulación de pan, mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango (*Manguifera indica*) para aumentar la fibra dietaria en su composición.

Al tenerse 1 factor (Cuadro 3.1.) se empleará el diseño Completamente al azar (un factor) (Cuadro 3.2.).

Cuadro 3.1. Factor y niveles de la investigación

Factor	Niveles	Claves
% de cáscaras de mango en polvo	0%	T0
	5%	M1
	10%	M2
	15%	M3

Además en la investigación se usaron tres tratamientos, más un testigo, trabajando con tres réplicas para cada tratamiento.

Cuadro 3.2. Diseño Completamente al azar

	Replicas	1	2	3
% de cáscaras	5%	y_{11}	y_{12}	y_{13}
de mango en	10%	y_{23}	y_{22}	y_{23}
polvo	15%	y_{31}	y_{32}	y_{33}

El modelo estadístico para este diseño es:

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = ij - ésima observación

μ = Media global

t_i = Efecto del i ésimo tratamiento

e_{ij} = Error experimental

3.2 SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se basó en 4 tratamientos, consistió en la adición de harina de cáscara de mango en polvo como fuente de fibra, cada tratamiento se diferenció por el porcentaje adicionado en la elaboración de los panes (0, 5, 10 y 15%), los mismos que tuvieron una unidad experimental de aproximadamente 3 kg de producto elaborado.

3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.3.1 Materia prima, insumos, materiales y equipos

3.3.1.1 Materia prima e insumos

- ✓ Mango, variedad kent, adquirido en la parcela T-19 (Tambogrande)
- ✓ Harina de trigo Sayón (Alicorp)
- ✓ Agua de mesa
- ✓ Levadura seca Nicolini
- ✓ Azúcar
- ✓ Leche en polvo Ancorh
- ✓ Mantequilla vegetal La preferida
- ✓ Manteca vegetal La preferida

- ✓ Sal yodada

3.3.1.2 Materiales y equipos

- ✓ Bolsas de cierre hermético
- ✓ Tamices de 500 μm y 250 μm
- ✓ Bandejas de acero inoxidable
- ✓ Horno
- ✓ Molino (corona)
- ✓ Balanza de humedad
- ✓ Secador de bandejas
- ✓ Texturómetro universal (INSTRON 3365)
- ✓ Topografía láser (BVM-6610, Perten Instruments, Suecia)

3.3.2 Obtención de harina a partir de cáscara de mango

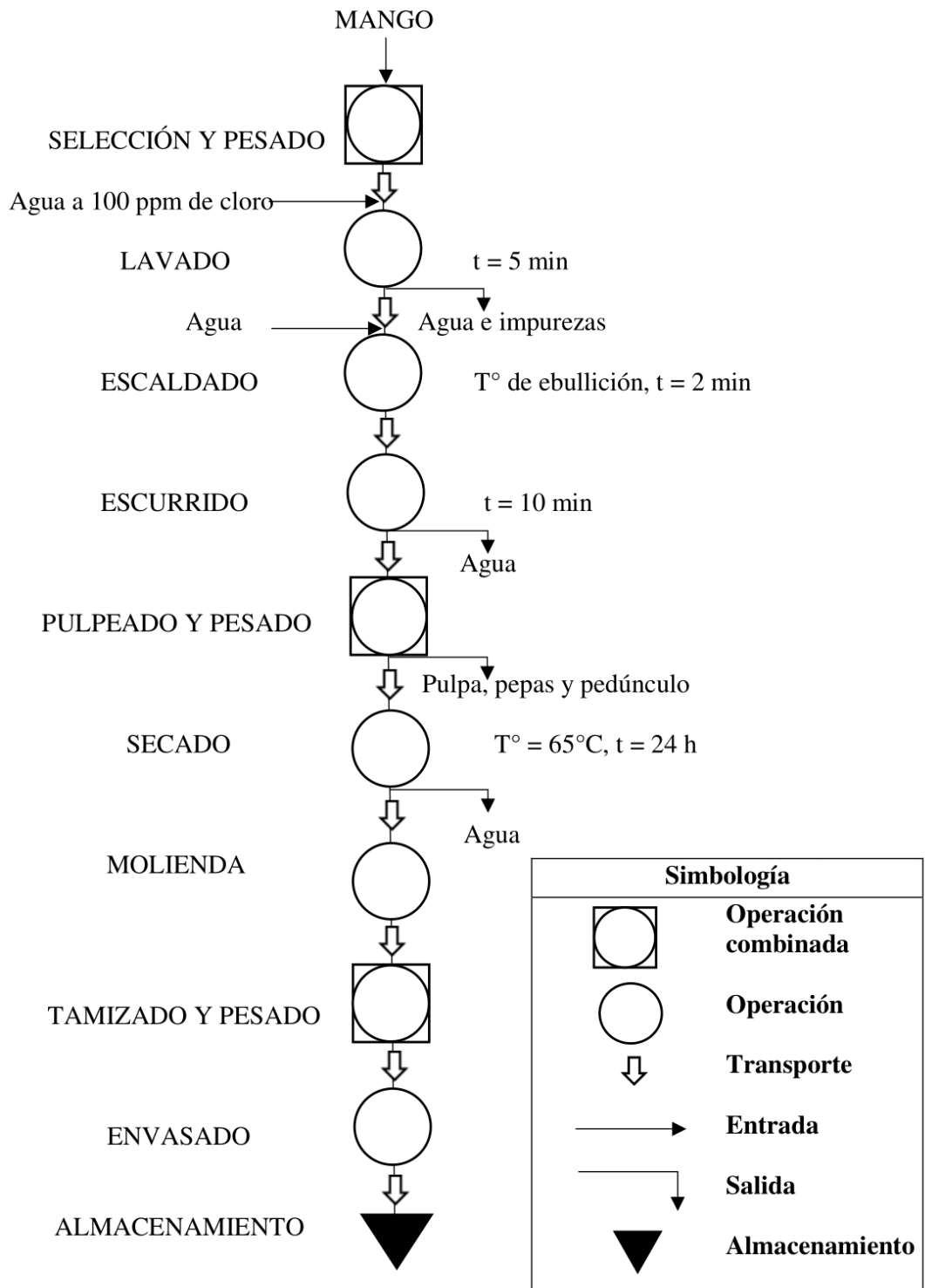


Figura 3.1. Diagrama de flujo de obtención de harina de cáscara de mango
 Fuente: Elaborado con información de Cedeño y Zambrano (2014) y Gutiérrez (2014)

3.3.3 Descripción del proceso de obtención de harina de cáscara de mango

- ✓ Selección y pesaje. Recibida la materia prima se realizó una inspección visual y se separó verificando que esté en buen estado; se procede a pesar la fruta y se coloca en bandejas limpias para su posterior lavado.
- ✓ Lavado. Se utilizó agua con 100 ppm de cloro por 5 minutos, según lo indicado por Gutiérrez (2014), sumergiéndose la materia prima en un recipiente con la solución de manera que quede toda la fruta debajo de la superficie del agua.
- ✓ Escaldado. En una olla de acero inoxidable se sumergieron los mangos en agua a temperatura de ebullición durante 2 minutos, siguiendo los parámetros recomendados por Cedeño y Zambrano (2014), con el objetivo de inactivación enzimática y ablandar el tejido de la fruta para facilitar el pulpeado.
- ✓ Escurrido. Los frutos fueron colocados en una bandeja colador durante 10 minutos con el fin de retirar el excedente de agua de la materia prima y facilitar la siguiente operación de pulpeado.
- ✓ Pulpeado y pesado. Los mangos fueron pulpeados de manera manual separándose la cáscara de la pulpa, pepa y pedúnculo. Se pesan las cáscaras por separado.
- ✓ Secado. Las cáscaras obtenidas del pulpeado se colocaron en un secador de bandejas a 65°C durante 24 horas, basándose según lo indicado por Gutiérrez, (2014).
- ✓ Molienda. Una vez seca la materia prima, se llevó a un molino (corona) para obtener finalmente las cáscaras de mango molidas. Esta operación se hizo en un lugar libre de humedad para evitar la absorción de agua y/o contaminación.
- ✓ Tamizado y pesaje. Se tamizó las cáscaras deshidratadas para obtener una harina con un tamaño de partícula uniforme, haciendo pasar las cáscaras molidas por tamices de 500 UM y 250 UM, luego se pesó y se determinó el rendimiento de las cáscaras.
- ✓ Envasado. Se empacó en fundas selladas herméticamente (ziploc). Se evita en todo momento el contacto con lugares húmedos.
- ✓ Almacenamiento. Se almacenó las fundas selladas en un lugar protegido de la luz y humedad,

hasta su uso inmediato.

3.3.4 Elaboración de Pan

Para la realización de los tratamientos en la elaboración del pan se usó una formulación base partiendo del testigo: T0 y los tratamientos: M1, M2 y M3 con incorporación de harina de cáscara de mango, los cuales se muestran en el Cuadro 3.3, basada en la formulación propuesta por Gutiérrez, (2017).

Cuadro 3.3. Formulación de los tratamientos y el testigo

MATERIA PRIMA E INSUMOS	TRATAMIENTOS			
	TESTIGO T0	M1	M2	M3
Harina de trigo (%)	100	95	90	85
HCM*(%)	0	5	10	15
Agua (%)	55	56.3	57.6	58.9
Levadura (%)	4	4	4	4
Sal (%)	1.5	1.5	1.5	1.5
Mantequilla-Manteca (%)	3.5-3.5	3.5-3.5	3.5-3.5	3.5-3.5
Azúcar (%)	10	10	10	10
Leche (%)	2.5	2.5	2.5	2.5

*Harina de cáscara de mango

El diagrama de flujo para el proceso de panificación propuesto se muestra en la siguiente figura:

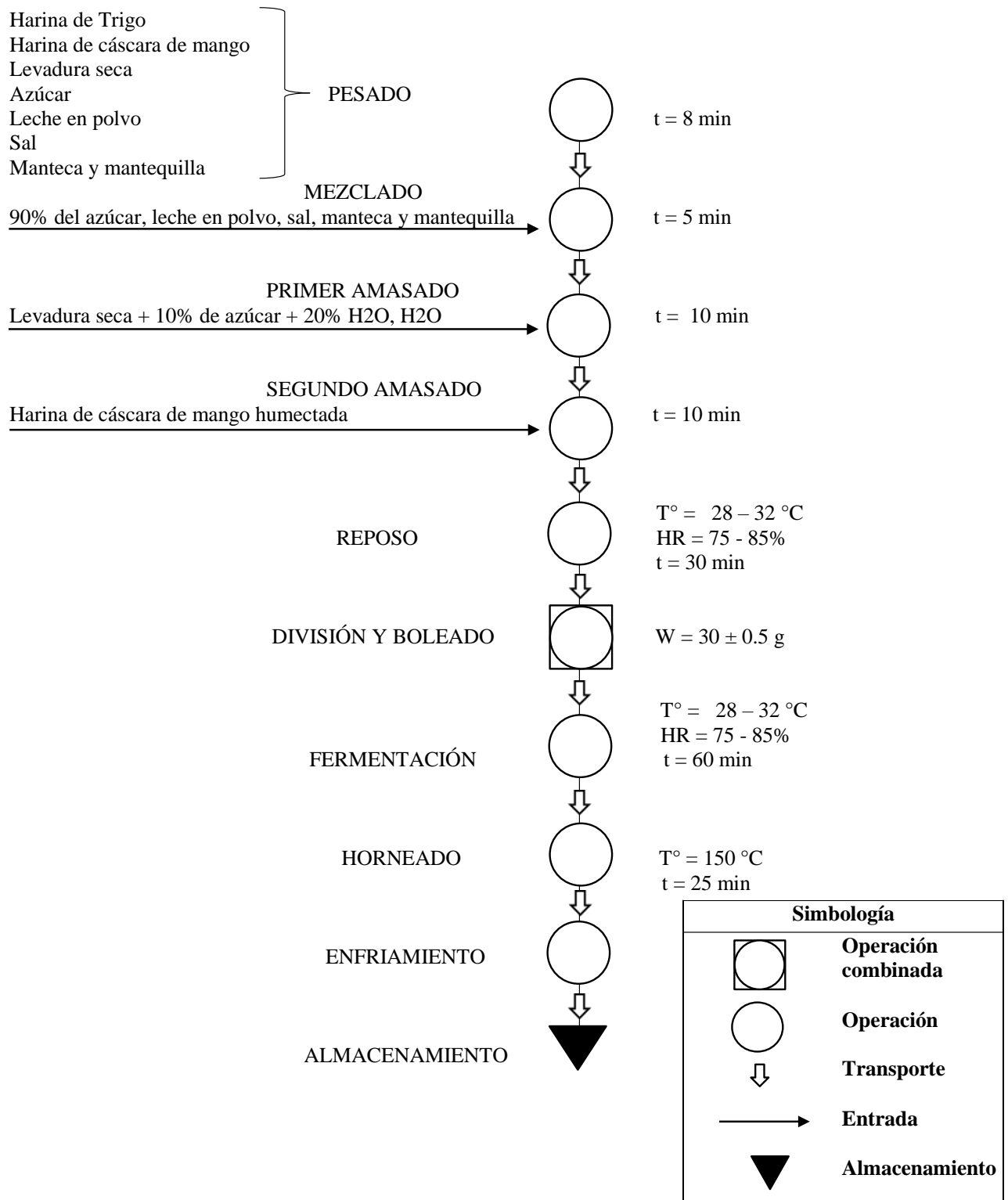


Figura 3.2. Diagrama de flujo para la incorporación de harina de cáscara de mango en pan

Fuente: Adaptado al flujo propuesto por Gutiérrez (2017)

3.3.5 Descripción del proceso de producción de pan con incorporación de harina de cáscara de mango

- ✓ Pesado. Se pesaron los insumos y se colocaron por separado en recipientes secos y limpios.
- ✓ Mezclado. Se mezclaron los insumos secos: la harina de trigo, el 90% del azúcar, la leche en polvo, la sal y la grasa (3.5% de manteca y 3.5% de mantequilla), de manera que todos los insumos se dispersen de forma homogénea.
- ✓ Primer amasado. Se incorporó a la mezcla la levadura seca activa (previamente activada siendo disuelta en 20% del agua y 10% del azúcar) y el agua restante, se procedió a formar una masa compacta por un tiempo de 10 minutos.
- ✓ Segundo amasado. Para el caso de las tres formulaciones con incorporación de harina de cáscara de mango, ésta se añadió humectada con el 50% de agua respecto a su sustitución (de la siguiente manera: 2.5%, 5% y 7.5% del agua total para 5%, 10% y 15% de harina de cáscara de mango, con la finalidad de facilitar el trabajo de amasado) y se amasa por un tiempo adicional de 10 minutos aproximadamente, para que así se pueda incorporar apropiadamente a la masa. En el caso del testigo, se continuó amasando sin adición alguna.
- ✓ Reposo. Se dejó que la masa se expanda a 28 – 32 °C por un tiempo de 30 minutos a una humedad relativa de 75 – 85%.
- ✓ División y Boleado. Se dividió la masa ligeramente fermentada en pedazos de 30 gramos \pm 0.5 cada uno. A los pedazos de masa se les da una forma redonda de manera manual, que será la que tenga el producto final.
- ✓ Fermentación. Los pedazos de masa ya boleados se colocaron en bandejas de metal previamente engrasadas. Se dejaron que los pedazos de masa se expandan por 60 minutos a temperatura ambiente.
- ✓ Horneado. Se llevaron los pedazos de masa al horno a una temperatura de 150°C por 25 minutos.
- ✓ Enfriamiento. Sacados del horno, los panes, se dejaron en reposo hasta que se enfríen.

- ✓ Empacado. Los panes fueron empacados en fundas plásticas con cierre hermético para sus posteriores análisis.
- ✓ Almacenamiento. El producto terminado se almacenó en un lugar libre de humedad, en fundas selladas herméticamente hasta el momento de proceder a realizar los respectivos análisis.

3.3.6 Métodos de análisis

3.3.6.1 Para la materia prima

- ✓ Secado. A la materia prima (cáscaras de mango) se le realizó un secado mediante el uso de un secador de bandejas (ver Figura 3.1).
- ✓ Determinación de carbohidratos. Se obtuvo por diferencia del 100% de la suma de porcentaje de humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y cenizas.
- ✓ Determinación de ceniza. Se determinaron mediante el método de la AOAC 930.05, c3, 21st Ed.2019. Ash of plants.
- ✓ Determinación de fibra dietaria total. Se determinó a través del método usado por CERPER LE ME FDA, versión 01 enero 2006. Determinación de Fibra dietaria.
- ✓ Determinación de grasa. Se obtuvo mediante el método de la AOAC 930.09, c3, 21st Ed. 2019. Ether Extract of plants. Gravimetric method.
- ✓ Determinación de humedad. Se obtuvo mediante el método de la AOAC 920.151, c37, 21st Ed.2019. Solids (Total) in Fruits and Fruit Products.
- ✓ Determinación de proteínas. Se determinó a través del método de la AOAC 978.04, c3, 21st Ed. 2019. Nitrogen (total) (crude protein) in plants. Kjeldahl methods.

3.3.6.2 Para el pan elaborado

- ✓ Determinación de volumen específico. El volumen de pan (mL) se midió por topografía láser (BVM-6610, Perten Instruments, Suecia) y su volumen específico (mL/g) se calculó dividiendo el volumen con el peso del pan.

- ✓ Análisis del perfil de textura. Se realizó mediante el uso del texturómetro universal INSTRON (Modelo 3365, Canton MA, USA), el parámetro evaluado fue la dureza de pan. Se cortaron tajadas circulares del centro de la miga del pan de 2 cm de diámetro y 2.5 cm de grosor.
- ✓ Determinación de carbohidratos. Se obtuvo por diferencia del 100% de la suma de porcentaje de humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y cenizas.
- ✓ Determinación de ceniza. Se determinó a través del método de la AOAC 984.13, c4, 21st Ed.2019. Protein (Crude) in Animal Feed and Pet Food. Cooper Catalyst Kjeldahl Method
- ✓ Determinación de fibra dietaria total. Se determinó a través del método usado por CERPER LE ME FDA, versión 01 enero 2006. Determinación de Fibra dietaria.
- ✓ Determinación de grasa. Se obtuvo aplicando la NTP 206.017.1981. (Revisada el 2011).Galletas. Determinación del porcentaje de grasa.
- ✓ Determinación de humedad. Se obtuvo aplicando la NTP 206.011.1981 (Revisada el 2015). Bizcochos, Galletas, Pastas y Fideos. Determinación de Humedad.
- ✓ Determinación de proteína cruda. Se determinó aplicando el método de la AOAC 978.04, c3, 21st Ed. 2019. Nitrogen (total) (crude protein) in plants. Kjeldahl methods.

3.3.6.3 Para la evaluación sensorial

Análisis sensorial. Determinación de color, aroma, sabor y apariencia general. Se tomó muestras de cada tratamiento, que en total corresponden a 3 muestras más un testigo, estas fueron entregadas a 30 jueces como catadores, cuyas edades estuvieron comprendidas entre 18 y 40 años, quienes valoraron los tratamientos haciendo uso de una ficha en la cual evaluaron: color, aroma, sabor y aspecto general, por medio de una prueba sensorial afectiva de grado de satisfacción con una escala hedónica de 5 puntos.

3.3.6.4 Para la medición de vida útil

El estudio de vida útil del pan de mejor calidad se basa en un diseño básico el mismo que consistió en almacenar un único lote de muestras en las condiciones seleccionadas e ir haciendo un muestreo en los tiempos prefijados.

El pan elaborado con la mejor mezcla y con características organolépticas aceptables, se almacenó a temperatura ambiente por 4 días, a los cuales se les realizó los análisis microbiológicos (mohos y levaduras), peso, humedad y acidez. Los análisis microbiológicos y de acidez fueron realizados en el Laboratorio de Control de Calidad (Microbiología) de la Facultad de Ingeniería Pesquera, y la medición de peso y humedad en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias.

La evaluación de los panes se realizó cada día, hasta 04 días. Las muestras se almacenaron en bolsa de papel a temperatura ambiente.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.4.1 Pruebas estadísticas

Para determinar si hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos para cada nivel de sustitución en las características físicas: volumen específico y textura; así como los atributos de la evaluación sensorial: color, aroma, sabor y apariencia general se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), así como para la comparación de pares a través de la prueba de Tukey, ambos a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Para la evaluación estadística de cada una de las pruebas se utilizó el software SPSS 20.

3.4.1.1 Diseño completamente al azar

La característica esencial es que se realiza un experimento o estudio donde todas las posibles fuentes de variación o de influencia están controladas y sólo hay efecto de un solo factor en estudio, para el cual se consideran al menos 3 niveles o tratamientos, con n_i repeticiones dentro de cada nivel o tratamiento (Cervantes y Márquez, 2007).

3.4.1.3 Prueba de Tukey (Diferencia Honestamente Significativa, DHS)

Para la comparación por pares de los tratamientos, a un nivel de significación $\alpha=0.05$. Esta prueba está diseñada para comparar todas las parejas posibles de medias, manteniendo a α , el error tipo I para todo el conjunto completo de comparaciones. El método se basa en utilizar el cuadrado medio del error, que se obtiene de un ANOVA, para calcular un valor de referencia, ω , que se compara con las diferencias de cada par de medias, si el resultado es mayor que ω se asumen medias diferentes, en caso contrario se consideran semejantes o estadísticamente iguales (Cervantes y Márquez, 2007).

3.5 ASPECTOS ÉTICOS

La información recolectada es verdadera y libre de plagio, lo cual es asumido en la declaración jurada de originalidad de la investigación, al igual que las referencias de los autores citados. Así mismo la obtención de insumos y elaboración del producto final se realizó con buenas prácticas de manufactura y en ausencia de sustancias como conservantes o aditivos que pongan en riesgo la salud del consumidor.

Se especifica que esta investigación está libre de pruebas realizadas a humanos o animales y es preciso resaltar que la presente investigación es totalmente amigable con el ambiente e incluso promueve la conservación del mismo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CÁSCARA DE MANGO

Según la Agencia Agraria de Noticias (2020), durante la campaña 2019/2020, la producción nacional de mango alcanzó las 535 000 toneladas. La principal región productora de mango fue Piura con 434.105 toneladas concentrando el 81.3% del total, de las cuales en su mayoría fue mango variedad kent ya que es una de las variedades más requeridas para la exportación tanto como fruta fresca o pulpa congelada.

Después de realizar las primeras operaciones indicadas en la Figura 3.1 se logró obtener la cáscara de mango fresca, que se evidencia en la Figura 4.1, habiéndose retirado los pedúnculos y la pepa de la fruta, así como separado la pulpa, ya que solo se deseaba obtener harina de la cáscara de mango. Los rendimientos obtenidos se detallan en el Cuadro 4.1.



Figura 4.1. Cáscaras frescas de mango

Cuadro 4.1. Rendimiento en peso y en porcentaje de la cáscara de mango

Componente	Mango
Cáscara fresca (kg)	4.760
Fruta (kg)	45. 190
Rendimiento respecto a la fruta (%)	10.53

Cañas et al (2011) reporta que las cáscaras de mango constituyen entre 15 – 20% de la fruta y Cedeño y Zambrano (2014) mencionan que las cáscaras de mango (variedad Edwuar) tienen un rendimiento de 20%. El rendimiento obtenido para el mango de la variedad Kent, materia prima de esta investigación, fue de 10.5 % como se expresa en el Cuadro 4.1, siendo menor a los mencionados; este resultado puede deberse a las siguientes razones: al método de remoción de la cáscara, por pulpeado o por pelado, o por la variedad de mango empleada en los antecedentes mencionados.

Siguiendo las operaciones detalladas en la Figura 3.1, pasando por el secado de las cáscaras de mango, el mismo que se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Zootecnia; para seguir con la molienda y el tamizado, haciéndose pasar en serie por un tamiz N° 35 al tamiz N° 60, obteniéndose una harina con tamaño de partículas (granulosidad) 250 UM y con 7.55% de humedad, que fue almacenada para pasar a ser la materia prima que sustituye parcialmente a la harina de trigo en la panificación. Los rendimientos obtenidos se muestran en el Cuadro 4.2.



Figura 4.2. Cáscaras deshidratadas de mango

Cuadro 4.2. Resultado del rendimiento de la harina de cáscara de mango

Componente	Mango
Harina de cáscara de mango (kg)	1.13
Rendimiento respecto a la cáscara fresca (%)	23.74
Rendimiento respecto a la fruta (%)	2.5

Según el Cuadro 4.2, muestra que el rendimiento de la harina de cáscara de mango respecto a la cáscara de la fruta es de 23.74%, es decir que a partir de 100 kg de cáscara, que normalmente se desecha, se puede obtener 23.74 kg de una harina rica en fibra dietaria como de indica más adelante, este porcentaje muestra un claro escenario de las grandes mermas producidas en la agroindustria, las mismas que pueden reinsertarse en el ciclo productivo y convertirse en un nuevo producto.

Cedeño y Zambrano (2014) reportan un rendimiento de 23.36% de harina de cáscara de mango variedad Edwuar y, García (2003) indica un 19.19% de rendimiento en la variedad mango criollo, resultados que son similares al obtenido en la presente investigación.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE MANGO

La harina obtenida a partir de cáscara de mango se muestra en la Figura 4.3. El producto presentó un color anaranjado oscuro. Presentó un sabor ligeramente ácido dulce pero característico al mango y un olor acentuado a la misma fruta.



Figura 4.3. Harina de cáscara de mango

Mediante un análisis químico proximal a la harina de cáscara de mango, se determinó el contenido de proteína, humedad, grasa, fibra dietaria, ceniza y carbohidratos, como se detalla en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Análisis químico proximal de la harina de cáscara de mango

Componente	Unidad	Composición de la harina
Proteína	g/100g	2.8
Humedad	g/100g	7.55
Grasa	g/100g	1.7
Fibra dietaria	g/100g	33.43
Ceniza	g/100g	2.66
Carbohidratos	g/100g	51.86

Respecto a la composición proximal de la harina de cáscara de mango que muestra el Cuadro 4.3, se observa un 33.43% de fibra dietaria, resultado menor al reportado por García, (2003) en residuos de mango criollo 56.68% y Mayo et al, (2020) indica un $53,08 \pm 2,21\%$ en la misma variedad. Sin embargo el resultado obtenido es similar al reportado por Cedeño y Zambrano, (2014) para mango Edward (31,23%) y Chávez et al, (2009) en cáscara de mango 44.02%. Las diferencias encontradas con respecto a los resultados obtenidos respecto a otros estudios puede deberse a la variedad considerada o al proceso tecnológico empleado. García, (2003) menciona que el proceso de deshidratación se realizó en una estufa de convección al aire Luckie a 60°C por 24 horas, mientras que la presente investigación utilizó un secador de bandejas, el cuál no ofrece una deshidratación tan eficiente y por tanto, una óptima concentración de la fibra dietaria.

Para el caso del contenido proteico, 2.8%, de la harina de cáscara de mango encontrado en la presente investigación es menor al reportado por Cedeño y Zambrano (2014), (3,69%), García, (2003) (4.82%) y Mayo et al, (2020) ($5,47 \pm 0,17\%$). Estas diferencias pueden deberse a la naturaleza del fruto (su variedad y procedencia), además del grado de madurez en el que es cosechado y procesado, asimismo como las condiciones de cultivo (nutrientes, clima, plagas y/o enfermedades) que afectan el desarrollo fisiológico y nutricional del fruto.

El porcentaje de ceniza obtenida (2.66) es similar al reportado por Mayo et al, (2020) ($2,31 \pm 0,04\%$), sin embargo menor al obtenido por García, (2003) (5,43%) y Cedeño y Zambrano (2014) (3,59%) en los residuos de la misma fruta. Asimismo comparando con otros autores para distintas frutas, Gutiérrez, (2014) encontró que el bagazo de manzana en polvo tiene $1,54 \pm 0,03\%$ de contenido de ceniza y $2,73 \pm 0,01\%$ en bagazo de mandarina en polvo; Cedeño y Zambrano reportó 4.11% de cenizas en cáscaras de piña, Chávez et al, (2009) encontró 12.86% de cenizas en cáscaras de plátano y 19.61% en cáscaras de tuna. Estas diferencias o similitudes en residuos de la misma fruta (distintas variedades) o entre distintas frutas se debe a que el residuo obtenido por incineración refleja el contenido de sustancias minerales del alimento, y las cáscaras de mango pueden ser más ricas en este componente que en los residuos de manzana, similar al contenido de cenizas en los residuos de mandarina y sin embargo menor al contenido de cenizas en cáscaras de piña, plátano y/o tuna.

Las cáscaras de mango presentaron 7.55% de humedad, resultado similar al obtenido por Cedeño y Zambrano (2014) (6.72%) en cáscaras de la misma fruta, así como el reportado por García (2003) (6.25%). Según Cruz, 2002, citado por García, 2003, el contenido de humedad depende del grosor de las cáscaras, así como el tiempo y temperatura de secado a las cuales se sometieron durante su procesamiento.

Al comparar el contenido de grasa de las cáscaras de mango (1.7%) con el reportado por Gutiérrez, (2014) ($3,18 \pm 0,02\%$) en bagazo de manzana y $2,14 \pm 0,03\%$ en bagazo de mandarina, asimismo al resultado obtenido por Chávez et al, (2009) en cáscaras de tuna (2.48%) y 4.32% de grasa en cáscaras de plátano, se observa el bajo contenido de grasa en las cáscaras de mango respecto a las de otras frutas ya que según su composición, el mango es por naturaleza una de las frutas con menor contenido de grasa.

Para el contenido de carbohidratos totales calculado por diferencia (51.86%), es similar al reportado por Cedeño y Zambrano, (2014), (51,87%) en cáscaras de mango variedad Edward.

4.3 ELABORACIÓN DEL PAN

Las formulaciones de pan con incorporación de harina de cáscara de mango y el testigo fueron preparadas siguiendo el flujo de operaciones detallado en la Figura 3.2, resultado que se muestra en las Figuras 4.4 y 4.5.

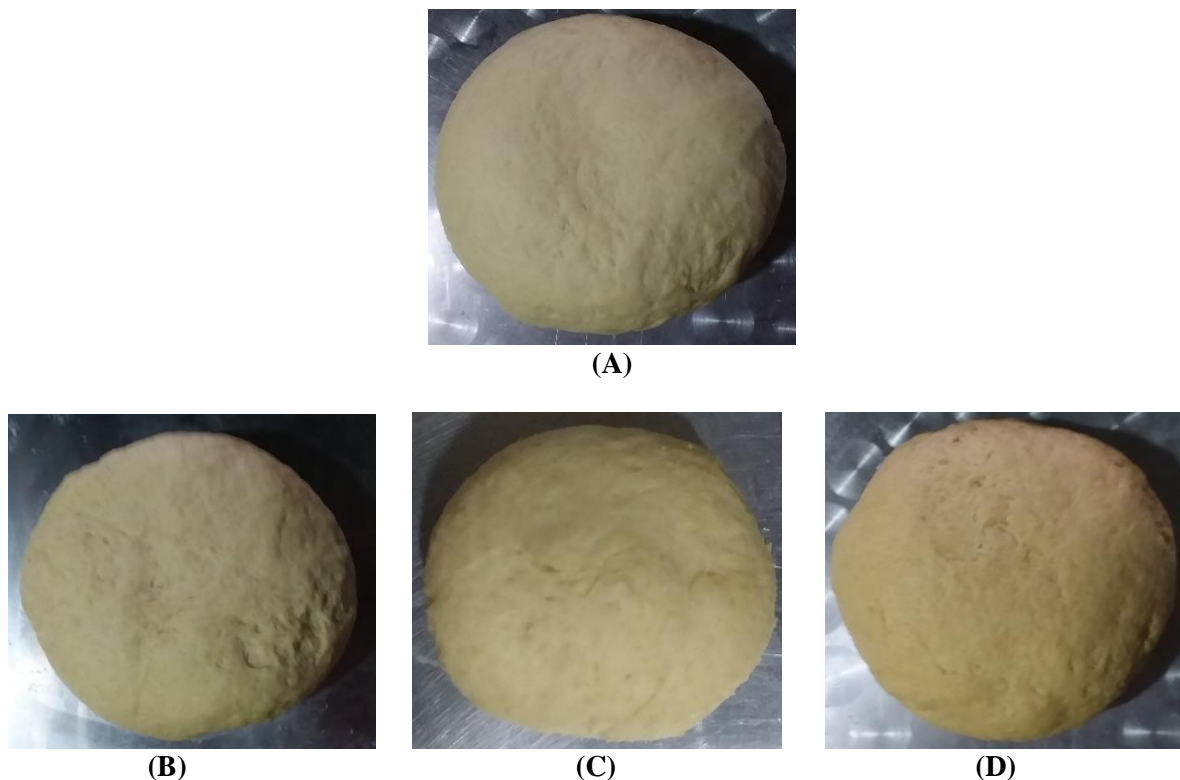


Figura 4.4. Masas con sustitución de harina de cáscara de mango

(A) Masa formulada con harina de trigo panadera 100%, (B) sustitución al 5% de harina de cáscara de mango, (C) sustitución al 10% de harina de cáscara de mango, (D) sustitución al 15% de harina de cáscara de mango.

En la Figura 4.4 se muestra un aumento de color de claro a oscuro en las masas de los tratamientos de pan preparados, lo cual es directamente proporcional con el aumento de la sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango. Sin embargo el comportamiento que ocurre con la capacidad de fermentación de la masa en los tratamientos es inversamente proporcional a la cantidad de harina de cáscara de mango adicionada.

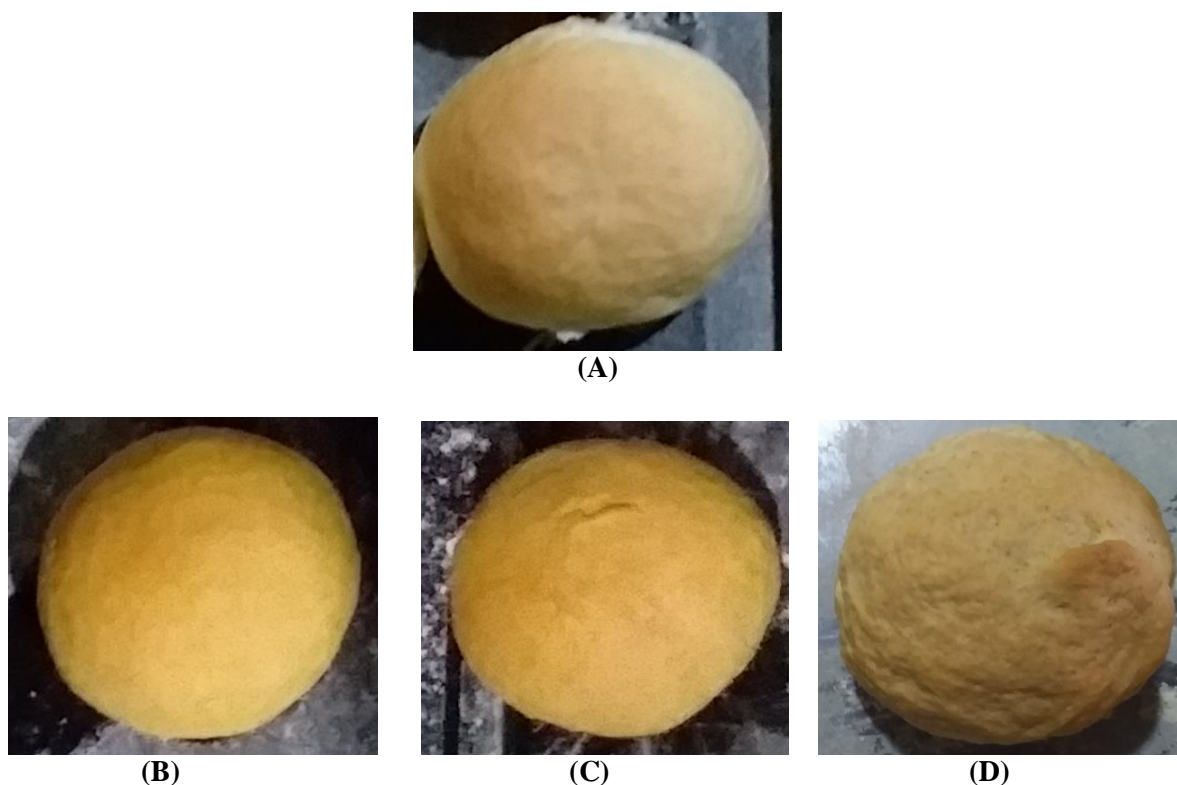


Figura 4.5. Panes con sustitución de harina de cáscara de mango

(A) Pan formulado con harina de trigo panadera 100%, (B) sustitución al 5% de harina de cáscara de mango, (C) sustitución al 10% de harina de cáscara de mango, (D) sustitución al 15% de harina de cáscara de mango.

En la Figura 4.5 se observa los panes preparados con las distintas sustituciones de harina de cáscara de mango, las diferencias y similitudes de su comportamiento serán evaluadas más adelante a través un análisis sensorial, medida de volumen y propiedad de textura (dureza).

4.3.1 Evaluación sensorial

4.3.1.1 Color

Respecto al color de los panes de cáscara de mango en polvo, los panelistas distinguieron diferencias mínimas entre los tres niveles de sustitución y el testigo. El color de los panes fue marrón, el mismo que se acentuó a medida que el nivel de sustitución aumentó. Según Gutiérrez (2014), este color en los panes tuvo su origen en tres fuentes: la primera, por la adición de cáscara de mango en polvo, que al aumentar el nivel de sustitución otorgaba un oscurecimiento principalmente en la miga del pan, la segunda, por caramelización de los azúcares presentes, reacción propiciada por las altas temperaturas de horneado. La tercera fuente de oscurecimiento fue por reacciones de Maillard y caramelización de los azúcares presentes en la harina de trigo.

Los resultados del análisis estadístico se muestran a continuación, la media de los tratamientos se muestra en el Cuadro 4.4, reflejadas en la Figura 4.8, la formación de subconjuntos de comparación por pares por Tukey en el Cuadro 4.5.

Cuadro 4.4. Media de los tratamientos de acuerdo al color

Tratamientos	N	Promedio *	Desviación típica
T0:294	30	4,47 a	± 0,681
M1: 738	30	4,03 a	± 0,669
M2: 501	30	4,03 a	± 0,615
M3: 685	30	3,73 b	± 1,112
Total	120	4,07	± 0,827

*Promedios con una letra en común no presentan diferencias significativas

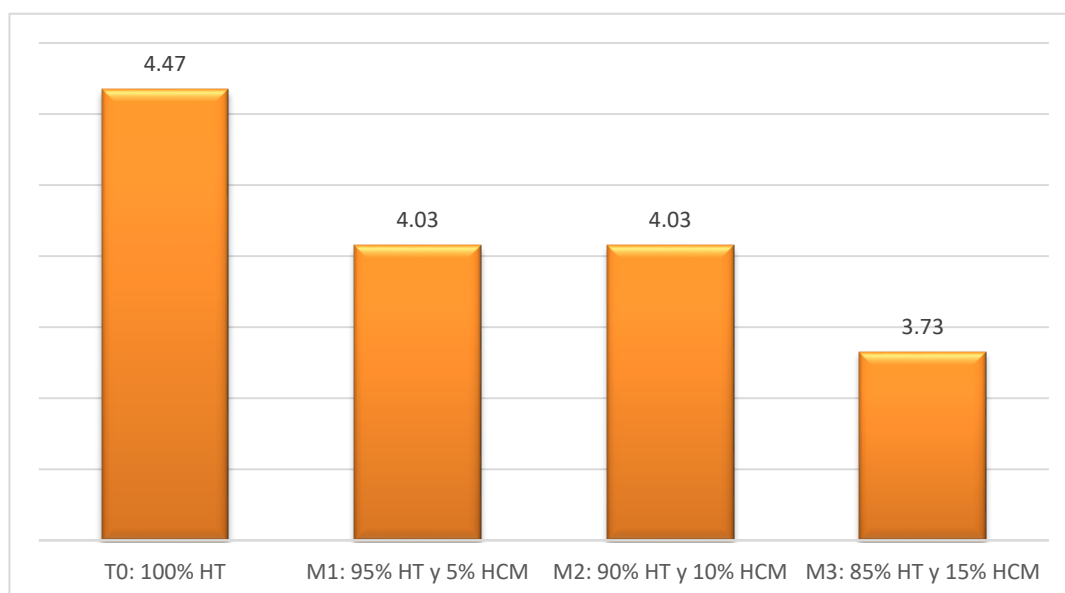


Figura 4.6. Valoración de los tratamientos de acuerdo al color

En el Cuadro 4.4 y la Figura 4.6 se muestra las medias de las calificaciones otorgadas por panelistas de acuerdo al color, la calificación más alta en la ficha de evaluación sensorial es 5 puntos y como se puede observar en el cuadro y la figura citada los tratamientos T0, M1 y M2 se acercan a esta calificación, sin embargo el tratamiento M3 se aleja, reflejando menos aceptación en los panelistas, lo cual se deba probablemente a que en este nivel de sustitución perciben en el pan una coloración más oscura como resultado de lo mencionado por Gutiérrez (2014) y según la media obtenida menos agradable para los panelistas.

Acerca del color del pan, Mohd et al. (2009), citado por Gutiérrez (2017), mencionan que durante el horneado, la masa experimenta cambios fisicoquímicos debido a la alta temperatura a la cual está expuesta, lo que lleva a que la masa cruda se transforme en pan, con dos estructuras muy

distintas entre sí, la corteza y la miga. La corteza está asociada con la superficie, de color marrón; mientras que la miga está asociada con la parte interna, de color blanco, colores con los que los consumidores están más identificados.

Cuadro 4.5. Subconjuntos por Tukey de acuerdo a Color

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T0:294	30	4,47	
M1: 738	30	4,03	4,03
M2: 501	30	4,03	4,03
M3: 685	30		3,73
Sig.		0,464	0,155

A través de la prueba de Tukey se determinó que no existieron diferencias significativas entre todos los pares, excepto el par testigo – M3, de lo que se concluye que un nivel de sustitución de 15% aportará un color que no es aceptado al ser percibido por los consumidores, con lo que no se justificaría ese nivel de sustitución. Se observa que para este atributo analizado el pan con mayor preferencia es el pan testigo pero sin embargo hasta un 10% de sustitución de harina cáscara de mango en polvo los panelistas no encuentran una diferencia significativa con el pan control, es decir aceptan ese nivel de sustitución.

4.3.1.2 Aroma

Respecto al aroma de los panes de harina de cáscara de mango, los panelistas no pudieron distinguir un aroma específico, esto puede deberse a que los compuestos volátiles que están presentes en el mango y le otorgan su olor característico pueden perderse o transformarse en el proceso de horneado ya que no son capaces de soportar altas temperaturas.

Los resultados del análisis estadístico se muestran a continuación, la media de los tratamientos se muestra en el Cuadro 4.6, reflejadas en la Figura 4.7, la formación de subconjuntos de comparación por pares por Tukey en el Cuadro 4.7.

Cuadro 4.6. Media de los tratamientos de acuerdo al Aroma

Tratamientos	N	Promedio*	Desviación típica
T0:294	30	4,20 a	± 0,664
M1: 738	30	3,80 a	± 0,925
M2: 501	30	3,87 a	± 0,730
M3: 685	30	3,50 b	± 1,106
Total	120	3,84	± 0,898

*Promedios con una letra en común no presentan diferencias significativas

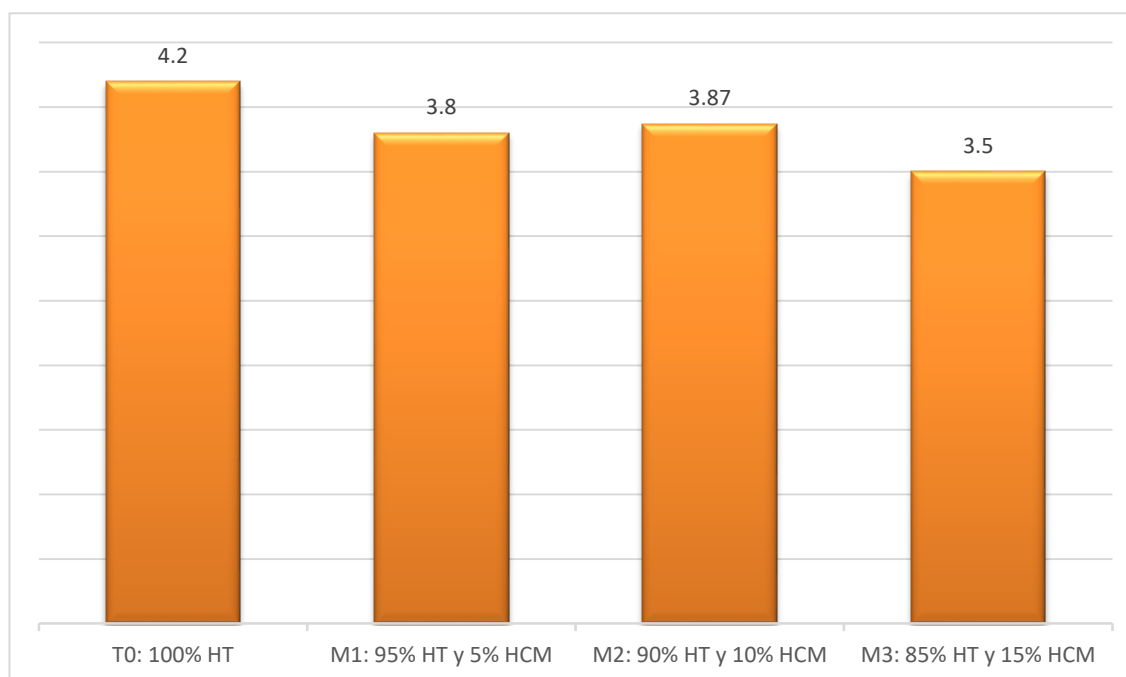


Figura 4.7. Valoración de los tratamientos de acuerdo al Aroma

En el Cuadro 4.6 y la Figura 4.7 se muestra las medias de las calificaciones otorgadas por panelistas de acuerdo al aroma, la calificación más alta en la ficha de evaluación sensorial es 5 puntos y como se puede observar en el cuadro y la figura citada los tratamientos T0, M1 Y M2 se acercan a esta calificación, sin embargo el tratamiento M3 se aleja, reflejando menos aceptación en los panelistas, lo cual se deba probablemente a que en este nivel de sustitución percibe en el pan un aroma significativamente diferente al aroma característico del pan que lo hace menos agradable para los panelistas, con lo cual no se recomendaría optar en este aspecto por este nivel de sustitución, a menos que se utilice algún aditivo que enmascara este aroma.

Cuadro 4.7. Subconjuntos por Tukey de acuerdo a Aroma

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T0:294	30	3,50	
M1: 738	30	3,80	3,80
M2: 501	30	3,87	3,87
M3: 685	30		4,20
Sig.		,369	,292

A través de la prueba de Tukey se determinó que no existieron diferencias significativas entre todos los pares, excepto el par pan testigo – pan con 15% de cáscara de mango en polvo, de lo que se concluye que un nivel de sustitución de 15% aportará un olor que no es aceptado al ser detectado por los consumidores, con lo que no se justificaría ese nivel de sustitución. Se observa que

para este atributo analizado el pan con mayor preferencia es el pan testigo pero sin embargo hasta un 10% de sustitución de harina cáscara de mango en polvo los panelistas no encuentran una diferencia significativa con el pan control, es decir que es aceptado ese nivel de sustitución.

4.3.1.3 Sabor

Respecto al sabor de los panes de cáscara de mango en polvo, los panelistas distinguieron diferencias de estos con el testigo, destacando en la mayoría de casos un sabor ligeramente ácido y dulce a la misma vez en los panes con sustitución, según detallaron en sus comentarios, sin embargo ninguno llegó a distinguir que se trataba de una fruta. Esto va de acuerdo a la naturaleza de la harina sustituta empleada, que como tal posee dichos atributos sensoriales y al ser incorporada al pan aporta los mismos, aumentando su notoriedad y significancia sensorial según el aumento de las sustituciones elaboradas.

Los resultados del análisis estadístico se muestran a continuación, la media de los tratamientos se muestra en el Cuadro 4.8, reflejadas en la Figura 4.8, la formación de subconjuntos de comparación por pares por Tukey en el Cuadro 4.9.

Cuadro 4.8. Media de los tratamientos de acuerdo al Sabor

Tratamiento	N	Promedio*	Desviación típica
T0:294	30	4,10 a	,845
M1: 738	30	3,77 a	,971
M2: 501	30	3,63 a	,850
M3: 685	30	3,43 b	1,040
Total	120	3,73	,950

*Promedios con una letra en común no presentan diferencias significativas

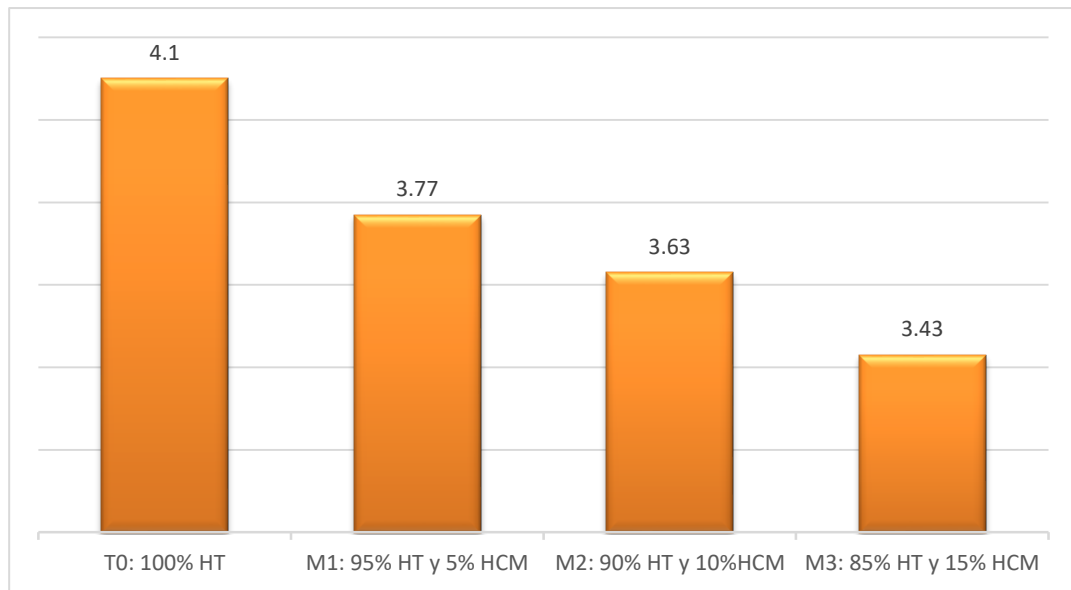


Figura 4.8. Valoración de los tratamientos de acuerdo al Sabor

En el Cuadro 4.8 y la Figura 4.8 se muestra las medias de las calificaciones otorgadas por panelistas de acuerdo al color, la calificación más alta en la ficha de evaluación sensorial es 5 puntos y como se puede observar en el cuadro y la figura citada los tratamientos T0, M1 Y M2 se acercan a esta calificación, sin embargo el tratamiento M3 se aleja, reflejando menos aceptación en los panelistas, lo cual se deba probablemente a que en este nivel de sustitución perciben un sabor menos agradable y en su efecto menos característico al pan sin sustitución, con lo cual no se recomendaría optar en este aspecto por este nivel de sustitución, sin embargo hasta un nivel de 10% de sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango es aceptado por los consumidores.

Acerca del sabor y el olor en pan, Cauvain y Young (2006) mencionan que el desarrollo de estos atributos procede principalmente de los ingredientes y de los métodos de panificación que se utilicen. Asimismo, menciona que la contribución más importante al sabor procede del horneado, ya que muchos componentes del sabor se pierden y otros nuevos se forman. Muchos de los compuestos que formados poseen un acusado sabor, los cuales adquieren una gran importancia en el sabor que percibimos en muchos productos horneados, hasta tal punto que algunas estimaciones indican que hasta un 80% del sabor del pan deriva de la corteza del mismo.

Cuadro 4.9. Subconjuntos por Tukey de acuerdo a Sabor

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T0:294	30	3,43	
M1: 738	30	3,63	3,63
M2: 501	30	3,77	3,77
M3: 685	30		4,10
Sig.		0,510	0,216

A través de Tukey se observó que no existieron diferencias significativas entre todos los pares, excepto el par testigo – M3, de lo que se concluye que un nivel de sustitución de 15% aportará un sabor que no es aceptado al ser detectado por los consumidores, con lo que no se justificaría ese nivel de sustitución. Se observa que para este atributo analizado el pan con mayor preferencia es el pan testigo, sin embargo existe aceptación de los panelistas hasta un 10% de sustitución de harina de cáscara de mango en polvo, lo cual se permite afirmar que el sabor del pan de cáscara de mango en polvo tiene aceptación por los consumidores incluso en este nivel de sustitución.

4.3.1.4 Apariencia general

Los resultados del análisis estadístico se muestran a continuación, la media de los tratamientos se muestra en el Cuadro 4.10, reflejadas en la Figura 4.9, la formación de subconjuntos de comparación por pares por Tukey en el Cuadro 4.11.

Cuadro 4.10. Media de los tratamientos de acuerdo a la Apariencia General

Tratamiento	N	Promedio*	Desviación típica
T0:294	30	4,27 a	± 0,640
M1: 738	30	3,77 a	± 1,040
M2: 501	30	3,70 a	± 0,750
M3: 685	30	3,53 b	± 1,008
Total	120	3,82	± 0,907

*Promedios con una letra en común no presentan diferencias significativas

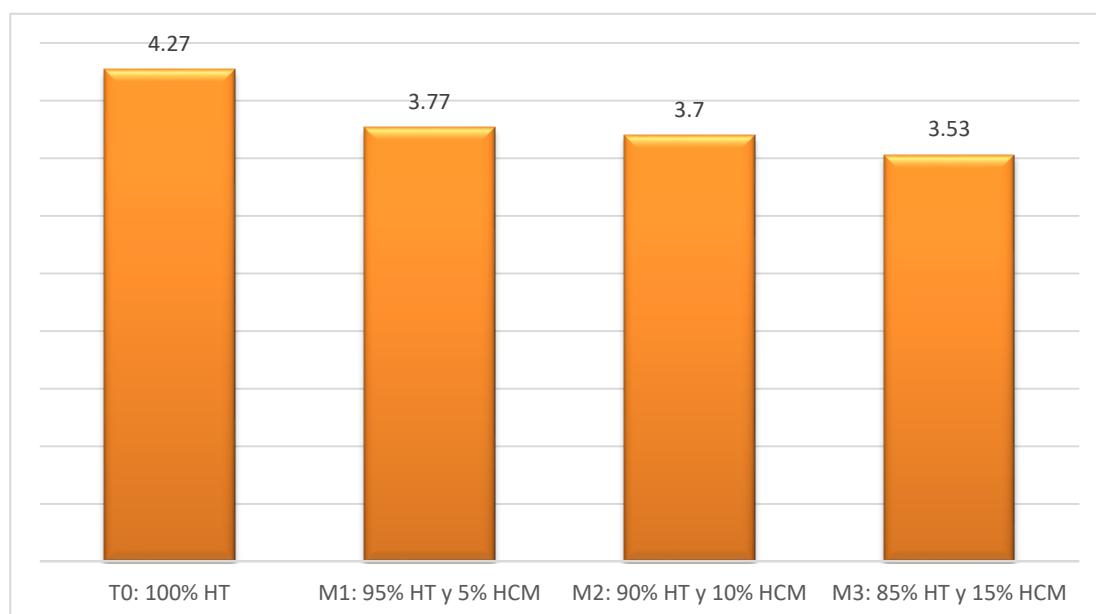


Figura 4.9. Valoración de los tratamientos de acuerdo a Apariencia General

Respecto a la apariencia general del pan, según se observa en el Cuadro 4.10 y la Figura 4.9, los panelistas tienen una tendencia de aceptación a los tratamientos hasta un 10% de sustitución de

harina de cáscara de mango, una característica similar a los otros atributos evaluados, esto debido a que a un nivel de 15% de sustitución se percibe un cambio más acentuado, no solo en el olor, color y sabor, sino también en la apariencia general del pan

Cuadro 4.11. Subconjuntos por Tukey de acuerdo a Apariencia General

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T0:294	30	3,53	
M1: 738	30	3,70	3,70
M2: 501	30	3,77	3,77
M3: 685	30		4,27
Sig.		,731	,064

Al aplicar la prueba de Tukey se observó que no existieron diferencias significativas entre todos los pares, excepto el par testigo – M3, de lo que se concluye que un nivel de sustitución de 15% los consumidores detectan o perciben diferencias significativas respecto al pan que normalmente consumen, con lo que no se justificaría ese nivel de sustitución. Se observa que para este atributo analizado el pan con mayor preferencia es el pan testigo, sin embargo existe aceptación de los panelistas hasta un 10% de sustitución de harina de cáscara de mango en polvo, lo cual se permite afirmar que el sabor del pan de cáscara de mango en polvo tiene aceptación por los consumidores incluso en este nivel de sustitución.

4.3.2 Volumen específico

En el Cuadro 4.12 se muestran los valores de volumen específico, en mL/g, del pan testigo y de los panes de cáscara de mango en polvo, con los tres niveles de sustitución evaluados.

Cuadro 4.12. Volumen específico de panes con sustitución de HCM y testigo

T0	M1	M2	M3
2.83	2.36	2.07	1.83

Donde T0 es el pan testigo y M1, M2 y M3 son los panes con sustitución parcial al 5%, 10% y 15% respectivamente de cáscara de mango en polvo.

En el Cuadro 4.12 se observa que el volumen específico disminuye conforme aumenta el nivel de sustitución. Al hacer una comparación con el testigo, la disminución es en 16.6% para la sustitución al 5% de harina de cáscara de mango, en 26.9% para la sustitución al 10% y en 35.3% para la sustitución al 15%.

Respecto a la disminución en el volumen específico, Calaveras (2004) afirma que una de las

principales características detectadas en un pan integral es que tenga un volumen menor a lo normal. Esta tendencia, que se cumple según los resultados presentados, se explica en que al haber una menor cantidad de harina de trigo, se desarrollará una menor cantidad de gluten, lo que llevará a que la masa esté menos apta para retener el dióxido de carbono producido en la fermentación alcohólica. Además, al haber una menor cantidad de harina de trigo, la levadura tendrá una menor cantidad de sustrato para realizar la fermentación. Cabe mencionar que la harina de trigo no es propiamente el sustrato para esta reacción, sino la pequeña cantidad de azúcares simples que se producen cuando las enzimas amilolíticas presentes se activan durante los primeros minutos del horneado.

Cuadro 4.13. Subconjuntos por Tukey de acuerdo a Volumen específico

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T0:294	3	2.8317 a			
M1: 738	3		2.3559 b		
M2: 501	3			2.0677 c	
M3: 685	3				1.8295 d
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

*Promedios con una letra en común no presentan diferencias significativas

De acuerdo a la prueba de comparación por pares de Tukey, en el Cuadro 4.13 se observa que existe diferencia significativa entre cada uno de los seis pares de tratamientos, con lo que se concluye que todos los panes de bagazo de manzana en polvo son diferentes entre sí en esta variable.

Zapata (2010), elaboró panes sustituyendo harina de kiwicha por harina de trigo en 0%, 5%, 10% y 15%, obteniendo panes con volúmenes específicos de 4,58, 4,52, 4,14 y 3,79 mL/g respectivamente. Estos resultados muestran la misma tendencia que la obtenida en la presente investigación, sin embargo, son superiores a los obtenidos, lo que se debe a que el autor empleó una cantidad mayor de levadura, 5%, mientras que en la presente investigación se empleó 4%, lo cual llevó a que las masas elaboradas por el autor fermenten más. Otra razón que explica esta diferencia es que el autor empleó un tiempo total de fermentación de 130 minutos, mientras que en la presente investigación los panes fermentaron por un tiempo total de 90 minutos, con lo que la producción de dióxido de carbono se ve claramente disminuida. Finalmente, el autor empleó mejorador de masa adicional, añadiéndolo en 1% respecto a la harina total empleada, mientras que en la presente investigación no se empleó mejorador de masa, lo que contribuyó a que los panes obtenidos resultaron con volúmenes específicos inferiores.

4.3.3 Textura

En el Cuadro 4.14 se muestra los valores de dureza, en gramos fuerza, del pan testigo y de los panes de cáscara de mango en polvo, con los tres niveles de sustitución evaluados.

Cuadro 4.14. Dureza de panes de harina de cáscara de mango y testigo

T0	M1	M2	M3
230.1	331.3	579.6	691.2

Donde T0 es el pan testigo y M1, M2 y M3 son los panes con sustitución parcial al 5%, 10% y 15% respectivamente de cáscara de mango en polvo.

Cuadro 4.15. Subconjuntos por Tukey de acuerdo a Dureza

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T0:294	3	230.1233 a			
M1: 738	3		331.3433 b		
M2: 501	3			579.5767 c	
M3: 685	3				691.1700 d
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

*Promedios con una letra en común no presentan diferencias significativas

En el Cuadro 4.15 se observa que al hacer la prueba de comparación por pares de Tukey la formación de subconjuntos separados con lo que se concluye que todos los tratamientos con y sin sustitución de harina de cáscara de mango difieren significativamente entre sí.

Comparando con otras investigaciones, Thakaeng et al (2021), sustituyó harina de plátano verde inmaduro en 0%, 10%, 20% y 40% por harina de trigo en la preparación de pan obteniendo texturas de $245,33 \pm 1,57$, $276,09 \pm 1,58$, $296,60 \pm 0,91$ y $324,19 \pm 1,34$ respectivamente. Estos valores tienen la misma tendencia que la mostrada en la presente investigación pero son menores a los obtenidos, lo cual puede deberse a que el autor utilizó leche en un 56% como fuente líquida y un incremento de la cantidad de lípidos en la formulación procedente de la grasa láctea. De forma diferente, la presente investigación utilizó agua en 55%. Asimismo, los autores utilizaron un 20% de manteca, 13% más que la usada en la presente investigación lo que claramente mejoró las características de humedad final y dureza, respecto a textura del pan elaborado. Asimismo Thakaeng et al llevó a cabo el proceso de fermentación de la masa en una cámara de fermentación a una temperatura y HR determinada, lo cual no se usó en la presente investigación.

De La Cruz (2009) elaboró panes incluyendo como sucedáneo una mezcla de harina de quinua pre cocida y suero de leche en polvo, elaboró un testigo y sustituyó parcialmente a la harina

de trigo en 16,2%, 18,2% y 19,0%, obteniendo texturas de 91,0; 132,8; 148,6 y 151,4 g-f respectivamente. Estos resultados muestran el mismo comportamiento obtenido en el Cuadro 4.14, sin embargo son menores a los obtenidos, esto puede deberse al porcentaje de agua (60%) utilizado por De la Cruz, 5% más de agua que la presente investigación. Asimismo el autor utilizó 12% de manteca vegetal, 4% más que la grasa usada en la presente investigación. De la Cruz utilizó en su formulación mejorador de masa, insumo que no se utilizó en la presente investigación.

4.4 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA DE PAN

Los atributos evaluados mediante la prueba afectiva de grado de satisfacción con una escala hedónica de 5 puntos (Anexo 4) aplicada a los panes formulados con sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango (M1, M2 y M3) y el testigo, así como las calificaciones otorgadas por los panelistas se muestran en el Cuadro 4.16.

Cuadro 4.16. Calificaciones de la prueba de análisis sensorial del pan elaborado

Atributo	T ₀	M ₁	M ₂	M ₃
Color	134	121	121	112
Aroma	126	114	116	105
Sabor	123	113	109	103
Apariencia General	128	113	111	106
Promedio	127.75	115.25	114.25	106.5

Donde T₀ es el pan testigo y M₁, M₂ y M₃ son los panes con sustitución parcial al 5%, 10% y 15% respectivamente, formulados con harina cáscara de mango.

En los promedios por atributos que se muestran el Cuadro 4.16, se puede observar la tendencia de los panelistas según el aumento de la sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango en el pan elaborado, esto se puede deber a la tendencia que tiene el consumidor por un color, olor, sabor y apariencia general ya conocido (familiar) de un pan (testigo), además este comportamiento se puede apreciar de manera más clara en la Figura 4.10. Donde se observa que la preferencia de los panelistas en la evaluación sensorial es inversamente proporcional al aumento de sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango en los panes. Sin embargo según el análisis estadístico realizado por separado a cada atributo de los 3 tratamientos con sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango y el testigo muestra que solo existe diferencia significativa entre el testigo y M₃ en los cuatro atributos evaluados, siendo este último el menos aceptado por los panelistas en color, aroma, sabor y apariencia general e indica que los tratamientos M₁ y M₂ son aceptados por los panelistas y no existe diferencia significativa entre ellos, aunque el pan testigo sigue siendo el de mayor preferencia por la tendencia del consumidor a un producto con características ya conocidas.

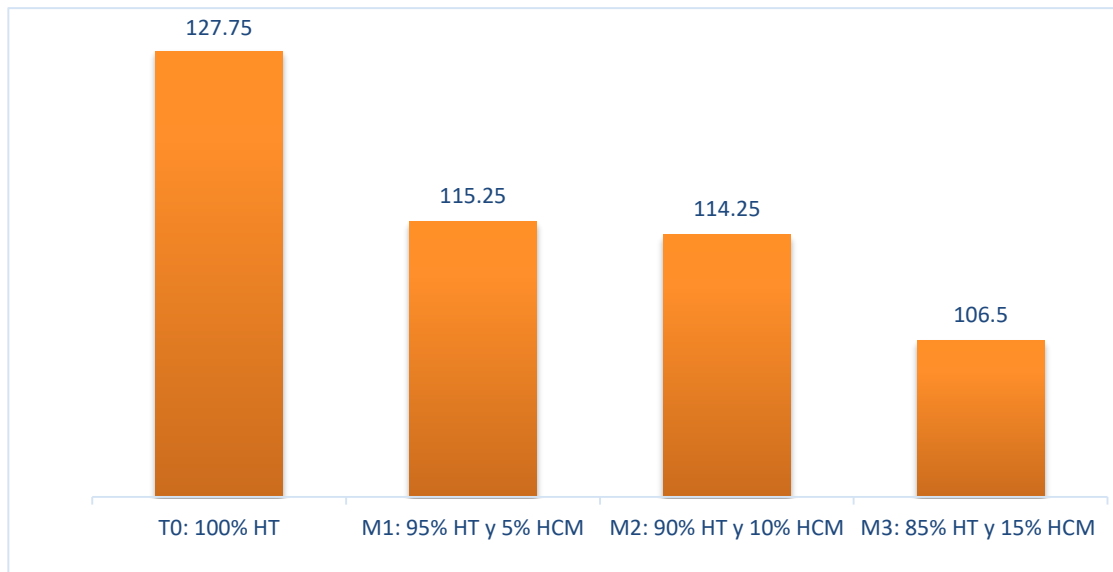


Figura 4.10. Valoración de los 4 tratamientos de pan

Respecto al análisis estadístico realizado a los resultados obtenidos del análisis sensorial realizado a 30 panelistas no entrenados, el cual indica que el tratamiento de mayor preferencia para los consumidores es el pan testigo, sin embargo existe una alta aceptación de los panelistas por los tratamientos con 5% y 10% de sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango, contrario al tratamiento con 15% de sustitución, es decir que el tratamiento con mayor sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango y que es aceptado por los consumidores es M2, el mismo que fue caracterizado mediante un análisis químico proximal para determinar no solo su composición sino también el incremento de fibra dietaria respecto a un pan sin sustitución y un pan sensorialmente aceptable por el consumidor que es el objetivo principal de la presente investigación y finalmente la medición de su vida útil. Asimismo obtener la caracterización de un pan sensorialmente aceptado por los consumidores, con mayor valor nutricional, a base de materia prima reaprovechable (economía circular) y amigable con el ambiente.

4.4.1 Caracterización de pan

Se determinó el contenido de fibra dietaria total a la formulación M2 así mismo como proteínas, grasa, humedad, ceniza y carbohidratos totales, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.17.

Cuadro 4.17. Análisis químico proximal del pan

Componente	Unidad	M2
Proteínas	g/100 g	9.06
Grasa	g/100 g	4.88
Humedad	g/100 g	32.51
Ceniza	g/100 g	1.44
Fibra Dietaria	g/100 g	8.06
Carbohidratos totales	g/100 g	52.11

Grossi et al (2015), indica que los valores de fibra dietaria generalmente son 3 a 5 veces mayores que los valores de fibra cruda, pero no puede hacerse un factor de corrección porque la relación entre fibra cruda y fibra dietaria varía dependiendo de los componentes químicos. La fibra cruda tiene poca significancia fisiológica en la nutrición humana y no debiera usarse para informar del contenido de fibra de los alimentos.

El contenido de fibra dietaria de un pan de labranza no es reportado por MINSA (2017), lo cual nos indica que su contenido es mínimo mientras que el contenido de fibra dietaria determinado en el pan con un 10% de sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mango es 8.06%. Gutiérrez, (2014) reportó $4,00 \pm 0,03$ % contenido de fibra dietaria total en un pan a base de harina de trigo, al comparar este resultado con el obtenido en la formulación M2 de la presente investigación, este último presenta un incremento de 100% de fibra dietaria respecto pan al elaborado con 100% harina de trigo.

Los insumos que aportan fibra dietaria al pan elaborado son la harina de trigo y la harina de cáscara de mango, las mismas que contienen 3.03% fibra dietaria según MINSA (2009) y 33.43% respectivamente.

Se comparó los panes elaborados con panes comerciales de distribución común en Perú. MINSA (2009), reporta que el pan de molde y el pan francés contienen un 2.4% de fibra dietaria, mientras que Gutiérrez (2017), indica que el pan integral comercial, cuya harina está compuesta por harina de trigo, salvado de trigo e inulina, tiene 5,66% de fibra dietaria. Comparando estos 3 tipos de pan con el pan a base de 10% de harina de cáscara de mango, se obtiene un incremento de fibra dietaria de la formulación M2 de 235% respecto al pan de molde y francés y un 42.4% respecto a un pan integral.

Respecto a la humedad, INDECOPI (2011) indica que el pan debe tener una humedad máxima de 35%, midiendo este valor una hora después del horneado. En el Cuadro 4.17 se observa que el pan de la formulación M2 está dentro el parámetro indicado, un punto importante, ya que el

exceso de contenido de humedad favorece el deterioro del alimento y la inocuidad del mismo.

Calaveras (2004) menciona que los panes integrales, es decir, que presentan salvado de trigo en su formulación, presentan 13,0% de proteínas, 2,3% de extracto etéreo y 73,1% de carbohidratos, expresados en base seca. El pan M2, contiene 9.06% de proteínas, 4.88% de grasa y 52.11% de carbohidratos, si bien no posee salvado de trigo, sin embargo presenta en su formulación un sucedáneo rico en fibra dietaria.

4.5 VIDA UTIL

En el Cuadro 4.18 se muestra los resultados de peso, humedad, acidez, mohos y levaduras del pan con 10% de harina de cáscara de mango, evaluado durante 4 días consecutivos a temperatura ambiente.

Cuadro 4.18. Análisis físico químico y microbiológico del pan

Análisis	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
Peso (g)	28.90	28.44	28.11	27.81	27.27
Humedad (%)	28.41	26.88	25.78	24.75	22.82
Acidez (%)		0.19	0.24	0.29	0.35
Mohos (ufc/g)		<10	<10	<10	12
Levaduras (ufc/g)		<10	<10	<10	<10

Respecto al parámetro microbiológico que indica la Norma Sanitaria N° 088-MINSA/DIGESA V.01. (2010) para el pan común o de labranza, el pan M2 cumplió con este parámetro durante los 4 días de evaluación a temperatura ambiente.

De la Cruz (2009), reporta en un pan de molde a base de harina de trigo 0.42% de acidez, comparando este resultado con la acidez del pan M2 es 0.19% en el primer día de evaluación se observa un importante diferencia, esto debido a que el pan de molde tiene una acidez máxima de 0.5%. Según la Norma Sanitaria N° 088-MINSA/DIGESA V.01. (2010), la acidez (expresada en ácido sulfúrico) máxima permisible en un pan común o de labranza es 0.25% calculada sobre la base de 30% de agua. Según los resultados que se muestran en el Cuadro 4.18, el pan con 10% de harina de cáscara de mango cumple con este parámetro hasta el 2do día de evaluación. Esto debido a que la harina sustituta empleada es ligeramente acida, ya que proviene de una fruta con características de esta naturaleza. En el cuadro se observa que el incremento de acidez hasta el 3er día es de 5% cada día, porcentaje que aumenta ligeramente a 6% el 4to día.

En el Cuadro 4.19 se observa que el peso de pan M2 no muestra diferencias significativas 24 horas después de ser elaborado, sin embargo el 2do día si muestran diferencias significativas respecto al peso del pan recién salido del horno, tendencia que se repite en el 3er y 4to día de evaluación, esto debido a la pérdida constante de humedad.

Cuadro 4.19. Subconjuntos por Tukey de acuerdo a peso

Día	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0	2	28.895			
1	2	28.435	28.435		
2	2		28.110	28.110	
3	2			27.810	27.810
4	2				27.270
Sig.		,113	,298	,355	,066

En el Cuadro 4.20 se observa una tendencia similar a la obtenida en el análisis de pesos del pan, ya que el porcentaje de humedad del pan es diferente significativamente cada 48, 72 y 96, es decir entre el día 0 a 1, 1 a 2, 2 a 3 y 3 a 4 no existe diferencia significativa, lo contrario al día 0 a 2, 0 a 3, 1 a 3, 0 a 4, 1 a 4 y 2 a 4. Según la Norma Sanitaria N° 088-MINSA/DIGESA V.01. (2010), el porcentaje máximo de humedad para un pan común o de labranza es de 35%, el pan con 10% de harina de cáscara de mango está dentro de este parámetro, asimismo la norma indica que el porcentaje mínimo de humedad es de 23%, criterio que se mantiene aceptable hasta el 3er día de evaluación y que se encuentra ligeramente por debajo al 4to día teniendo una humedad de 22.82%.

Cuadro 4.20. Subconjuntos por Tukey de acuerdo a % de humedad

Día	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0	2	28,4100			
1	2	26,8800	26,8800		
2	2		25,7750	25,7750	
3	2			24,7500	24,7500
4	2				22,8200
Sig.		,122	,298	,351	,055

El porcentaje de pérdida de humedad del día 0 a 1 es de 5.38%, del día 1 a 2 es de 4.17%, del día 2 a 3 es de 3.92% y del día 3 a 4 es de 7.8%, lo cual nos indica que la pérdida de humedad se mantiene constante hasta el tercer día, sin embargo aumenta considerablemente al 4to día de evaluación, comportamiento que se observa de manera más clara en la Figura 4.11.

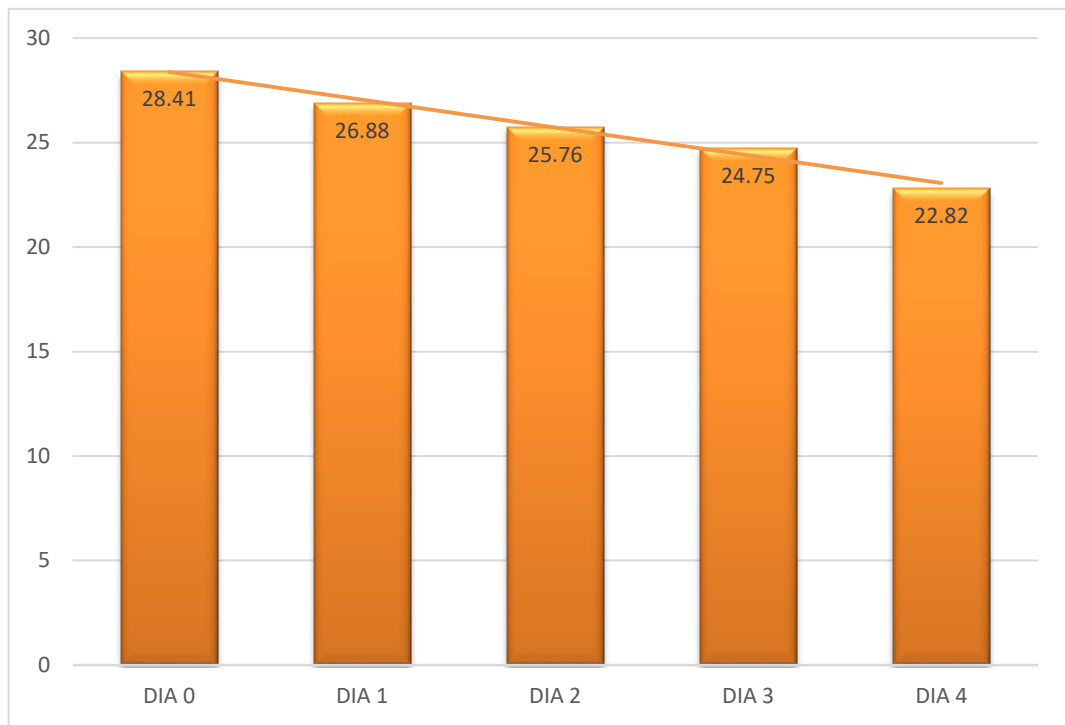


Figura 4.11. % Humedad del pan por día

CONCLUSIONES

El rendimiento de las cáscaras de mango frescas fue 10.53% respecto a la fruta; el rendimiento de la harina de cáscara de mango en polvo fue 23.74% respecto a las cáscaras frescas y 2,5% respecto a la fruta.

Mediante el proceso de obtención de harina de cáscara de mango aplicado, se obtuvo una harina que presentó 33.43% de fibra dietaria, 51.86% de carbohidratos, 7.55% de humedad, 2.80% de proteína, 2.66% de ceniza y 1.7% de grasa.

Las características físicas del pan con sustitución parcial 5%, 10% y 15% de harina de trigo por harina de cáscara de mango se vieron reflejados en pérdidas de volumen y aumento de dureza; según el incremento de sustitución de los tratamientos evaluados.

Los atributos evaluados en el análisis sensorial del pan con sustitución parcial 5%, 10% y 15% de harina de trigo por harina de cáscara de mango se vieron reflejados en incremento de color y sabor, así como aroma cada vez más acentuado; según el incremento de sustitución de los tratamientos evaluados.

El tratamiento M2, pan cuya formulación incluía 10% de harina de cáscara de mango fue elegido como la formulación más adecuada porque es sensorialmente aceptable por los consumidores, con mayor valor nutricional, contribuye a alternativas de economía circular y conservación de medio.

El pan cuya formulación incluía 10% de harina de cáscara de mango presentó 8.06 g de fibra dietaria total por 100 gramos de producto seco, este resultado representa un incremento de 100% de fibra dietaria más que un pan elaborado con 100% de harina de trigo.

El tiempo de vida útil según los criterios microbiológicos y físico químicos evaluados del pan con sustitución de 10% de harina de cáscara de mango es de 2 días, tomando como base la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010/MINSA.

RECOMENDACIONES

Ejecutar estudios de mercado, para determinar la viabilidad en la producción y comercialización de los panes con la formulación M2 (10% de harina de cáscara de mango) elaborados en la presente investigación y así de ser factible ampliar el uso que se le da a este subproducto como es las cáscaras de mango.

Realizar análisis químicos a la harina de cáscaras de mango para determinar su contenido de vitaminas y minerales y el uso que se le puede dar en otros sectores productivos.

Desarrollar investigaciones con variedades de mango de la región (exportables y no exportables) para comparar el contenido de fibra dietética y demás nutrientes que se pueden encontrar en las cáscaras de este fruto.

Evaluar el efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de subproductos agroindustriales provenientes de frutas de gran producción y demanda en la región Piura como el limón, la uva, la palta, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCIA AGRARIA DE NOTICIAS-AGRARIA.PE. (2020). Producción de mango en Perú alcanzó las 535 mil toneladas en la campaña 2019/2020. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/produccion-de-mango-en-peru-alcanzo-las-535-mil-toneladas-en-21473> [accesado el 20 de mayo de 2021]
- ALONSO, J. (2011). Manual de histología vegetal. Editorial Mundi-Prensa. Madrid- España.
- ALEGRÍA, M., BENITES, Y., CHERO, J., NUNURA, J., Y SAGÁSTEGUI, J. (2013). Diseño de una planta de producción de snacks de mango y banano orgánicos. Trabajo de investigación. Universidad de Piura. Repositorio Institucional Pirhua. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1836/PYT__Informe_Final__Snacks_Organicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y [accesado el 19 de octubre del 2020]
- ANDRADE, A. Y RIVADENEIRA, J. (2010). “Determinación de los parámetros óptimos en la elaboración de vino de miel de abeja, utilizando dos tipos de aglutinantes naturales, mucílago de cadillo negro (*Triumfetta lappula* L.) y mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*), como clarificantes”. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/666/1/03%20AGI%20268%20%20TESI%20S.pdf> [accesado el 12 de noviembre de 2020]
- ANZALDÚA-MORALES, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza-España.
- ARANCETA, J. (2011). Guía de buena práctica clínica en alimentos funcionales. Atención Primaria de Calidad. Editorial International Marketing y Communication S.A. España.
- ASOCIACIÓN AMERICANA DE DIABETES. (2001). “Position Statement. Nutrition recommendations and principles for people with diabetes mellitus”. Revista Diabetes Care, 21, (Supl. 1) 44-47.
- BAENA, L. Y GARCÍA, N. (2012). Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera colombiana. Documento presentado como requisito parcial para optar al título de Químico Industrial.

Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en:
<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/66392B139.pdf> [accesado el 20 de octubre de 2020]

BANCO AGROPECUARIO-AGROBANCO. (2007). Cultivo del mango. Artículo del Área de desarrollo. Disponible en:
https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/publicacionagroinforma/3_cultivo_del_mango.pdf
[accesado el 29 julio de 2020]

BARBERO QUIRÓS, M. (2012). Análisis proximal de alimentos, serie química. Editorial Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

BELITZ, H. Y GROSCH, W. (1997). Química de Alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

CALAVERAS, J. (2004). Nuevo tratado de panificación y bollería. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

CAÑAS, Z., RESTREPO, D., Y CORTÉS, M. (2011). Productos vegetales como fuente de fibra dietaria en la industria de alimentos. Revista de la Facultad Nacional Agronomía, 64, (1) 6023-6035.

CARBAJAL, A. (2018). Fibra dietaria. Manual de nutrición y dietética. Editorial de la Universidad Computense de Madrid. España. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-8-fibra.pdf> [accesado el 24 de noviembre de 2020]

CAUVAIN, S., YOUNG, L. (2006). Productos de panadería: ciencia, tecnología y práctica. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

CAYCHO, C., CASTILLO, C., Y MERINO, V. (2019). Manual de estadística no paramétrica aplicada a los negocios. Editorial de la Universidad de Lima. Perú.

CEDEÑO, J. Y ZAMBRANO, J. (2014). Cáscaras de piña y mango deshidratadas como fuente de fibra dietética en la producción de galletas. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/439/1/TESIS%20GALLETAS.pdf>
[accesado el 18 de julio de 2020]

- CERDÁ, E. Y KHALILOVA., A. (s.f.). Economía circular, estrategia y competitividad empresarial.
- CERVANTES, A. Y MÁRQUEZ, M. (2007). Diseño de experimentos, curso práctico. Editorial de la Universidad Nacional Autónoma de México. México. Disponible en: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/ecocuan/ecocuan_dis_manual.pdf [accesado el 20 de marzo de 2021]
- CHAVEZ-CEPEDA, LP., CRUZ-MÉNDEZ, G., GRACIA DE CASA, L., DIAZ-VELA, J., Y PEREZ-CHAVELA., ML. (2009). Utilización de subproductos como fuente de fibra de fibra para productos cárnicos. *Nacameh*, 3, (2) 71-82.
- CÓRDOBA, A. (2005). Caracterización de propiedades relacionadas con la textura de suspensiones de fibras alimentarias. Tesis para obtener el grado de Doctor en Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1900/tesisUPV2296.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [accesado el 11 de octubre de 2020]
- CURIA, A., FISZMAN, S., GÁMBARO, A., GARITTA., L., GÓMEZ, G., & HOUGH, G. (2005). Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. Editorial CYTED. Madrid, España.
- DE LA CRUZ, W. (2009). Complementación proteica de harina de trigo (*triticum aestivum l.*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil". Tesis para optar al grado de magíster en tecnología de alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en:
- GADEA, A. (2019). Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por cáscara de uva (*Vitis vinífera L.*) var. Gross Colman en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en galletas dulces. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Industrias alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Disponible en: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4812/1/RE_IND.ALIM_ANDREA.GADEA_SUSTITUCION.DE.HARINA.DE.TRIGO_DATOS.PDF [accesado el 13 de junio de 2020]
- GARCÍA, I. (2003). Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica L*) y su incorporación en galletas. Tesis para obtener el título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Disponible en:

http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/8487.pdf [accesado el 20 de noviembre de 2020]

GÓMEZ, C., COS, A., Y IGLESIAS, C. (2002). Fibra y nutrición enteral. *Revista Nutrición Hospitalaria XVII*, (Supl. 2) 30-40.

GONZÁLES, L. (2013). Obtención de nutraceuticos presentes en la piña del agave tequilero mediante dilución diferencial. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable. Instituto Politécnico Nacional. México. Disponible en: <https://docplayer.es/12999910-Instituto-politecnico-nacional.html> [accesado el 20 de noviembre de 2020]

GROSSI, G., OHACO, DOMÍNGUEZ, E Y DE MICHELIS, A. (2015). Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo *Pleurotus ostreatus*. Editorial Inta Ediciones. Argentina.

GUTIÉRREZ, E. (2017). EL PAN: La masa de todas las mesas. Ciencia, tecnología y conceptos prácticos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Editora Gráfica Vega S.A.C. Lima, Perú.

GUTIÉRREZ, E. (2014). Elaboración de panes con Fibra dietaria por adición de bagazo de manzana (*Malus domestica*) y mandarina (*Citrus reticulata*) en polvo. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303459182_Elaboracion_de_panes_con_fibra_dietaria_por_adicion_de_bagazo_de_manzana_Malus_domestica_y_mandarina_Citrus_reticulata_en_polvo [accesado el 24 de febrero de 2020]

GUTIÉRREZ, E., MEDINA, G., ROMAN, M., FLOREZ, O., Y MARTÍNEZ, O. (2002). Obtención y cuantificación de fibra dietaria a partir de residuos de algunas frutas comunes en Colombia. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia*, 9, (1) 5-14.

HERNANDEZ, E. (2005). Evaluación sensorial. Editorial UNAB (Universidad Tecnológica Abierta a Distancia) .Bogotá, Colombia.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL-INDECOPI. (2011). Harinas sucedáneas de la harina de trigo: Generalidades. Norma Técnica Peruana.

- MARTÍNEZ, J., ARPE, C., URRIALDE, R., FONTECHA, J., MURCIA, A., GÓMEZ, C., VILLARINO, A., Y PINTO, J. (2008). Nuevos alimentos para nuevas necesidades. Editorial Nueva Imprenta, S.A. España.
- MATOS, A. Y CHAMBILLA, E. (2010). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. Revista investigación en ciencia tecnología de alimentos, 1, (1) 4-14. Disponible en: https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_alimentos/article/view/813#:~:text=Las%20propiedades%20funcionales%20tecnol%C3%B3gicas%20que,e1%20organismo%20del%20ser%20humano. [accesado el 13 de junio de 2020]
- MAYO-MAYO, G., NAVARRETE-GARCÍA, A., MALDONADO-ASTUDILLO, Y., JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J., SANTIAGO-RAMOS, D., ARÁMBULA-VILLA, G., ÁLVAREZ-FITZ, P., RAMÍREZ, M., Y SALAZAR, R. (2020). Addition of roselle and mango peel powder in tortilla chips: a strategy for increasing their functionality. Journal of Food Measurement and Characterization. Revista Springer, 14, 1511-1519.
- MEJÍA, A. Y RAMÍREZ J. (2013). Modelo económico para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de mango y banano generados en la central mayorista de Antioquia. Investigación para optar al título de magíster en medioambiente y desarrollo sostenible. Universidad de Manizales. Disponible en: https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/802/Ram%C3%ADrez_%20Jaime_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y [accesado el 08 de octubre de 2020]
- MINISTERIO DE SALUD-MINSA. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos 10ma ed. Lima. Editorial Segear SAC. Perú.
- LEY 23407. (1982). Ley General de las Industrias. Perú.
- LEY 29157. (2008). Ley de inocuidad de alimentos, Decreto Legislativo N° 1062. Perú.
- LÓPEZ, R. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por cáscara de mango (*Mangífera indica* L.) var. kent en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Disponible en:

https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4375/1/RE_IND.ALIM_ROXANA.LOPEZ_SUSTITUCI%c3%93N.PARCIAL.DE.HARINA.DE.TRIGO_DATOS.PDF
[accesado el 24 de febrero de 2020]

NORMA MEXICANA NMX-F-009-SCFI-2005. (2005). Alimentos - Uso industrial - mantecas vegetales y grasas o mantecas mixtas o compuestas – Especificaciones. México.

NORMA SANITARIA N° 088-MINSA/DIGESA V.01. (2010). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería. Resolución Ministerial- RM N° 1020-2010/MINSA. Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA 202.001:2010. (2010). Leche y productos lácteos. Perú.

OSPINA, S., HERNANDEZ, E., Y LOZANO, C. (2012). Estudio experimental del proceso de fermentación de residuos agroindustriales del mango (*Mangifera Indica* L) usando *Saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de investigación para optar por el título de Bacteriólogo Universidad Católica de Manizales. Colombia.

PASCUAL, G. Y ZAPATA., J. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. Revista de la Sociedad Química del Perú, 76, (4) 377-388.

PÉREZ, J. Y MÁRQUEZ, L. (2006). Caracterización fisicoquímica y funcional de harina de cáscara de espárrago blanco (*Asparagus officinalis* L.) y evaluación sensorial de sustituciones en galletas dulces. Revista Pueblo continente, 17, (2) 167-172.

RICCE, C., LEYVA, M., MEDINA, I; MIRANDA, J., SALDARRIAGA, L., RODRÍGUEZ, J., Y SICHE, R. (2013). Uso de residuos agroindustriales de La Libertad en la elaboración de un pan integral. Revista Agroindustrial Science, 3, (1) 41-46.

RODRIGUEZ, R., JIMENEZ, A., FERNÁNDEZ, B., GUILLEN, R., Y HEREDIA, A. (2010). Fibra Alimentaria. Editorial S.A. Raycar. Madrid-España.

SANEZ, L. (2019). “Tiempo de vida útil del pan elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*), harina de quinua (*Chenopodium quinoa* w.) y harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*)”. Proyecto de Investigación para optar al grado de Ingeniero Químico. Universidad Nacional del Callao. Lima, Perú. Disponible en: [accesado el 29 de abril de 2022]

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA-SENASA. (2020). Piura: MINAGRI y productores integran acciones en campaña de exportación de mango 2020/2021 – SENASA al día. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/piura-minagri-y-productores-integran-acciones-en-campana-de-exportacion-de-mango-2020-2021/> [accesado el 04 de junio de 2021]

STREETER, V. L., WYLIE, E. B., BEDFORD, K. W., Y SALDARRIAGA, J. G. (1998). Mecánica de los fluidos (Vol. 7). Editorial McGraw-Hill. Colombia.

SUMAYA, T., SÁNCHEZ L., TORRES, G. Y GARCÍA, D. (2012). Propiedades nutricionales del mango. Red de Valor del Mango y sus Desechos con Base en las Propiedades Nutricionales y Funcionales. Revista Mexicana de Agronegocios, 30, 826-833. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/141/14123097005.pdf> [accesado el 27 de noviembre de 2020]

THAKAENG, P.; BOONLOOM, T.; RAWDKUEN, S. (2021). Propiedades fisicoquímicas del pan parcialmente sustituido con harina de plátano verde inmaduro (*Cavendish spp.*). Revista Moléculas 2021, 26, 2070. <https://doi.org/10.3390/molecules26072070>.

YEPES, S., MONTOYA, L. Y OROZCO, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales de frutas en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía, 61, (1) 4422-4431.

ZÚÑIGA, M. (2005). Caracterización de fibra dietaría en orujo y capacidad antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva. Memoria para optar al grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/101763/zuniga_m.pdf?sequence=4&isAllowed=y [accesado el 15 noviembre de 2020]

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz básica de consistencia

Título del proyecto: “Formulación de pan, mediante sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*), para aumentar la fibra dietaria en su composición”

Nombre de la Tesista: Francies Andreina Escobar Paz

	Preguntas	Hipótesis	Objetivos
	¿Cuál es la formulación óptima en la elaboración de pan, mediante sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango, para aumentar la fibra dietaria en su composición?	La formulación de pan desarrollada con sustitución parcial de harina de trigo mediante la incorporación de harina de cáscara de mango permite aumentar la fibra dietaria en la composición del producto final.	Determinar la formulación óptima en la elaboración de pan, mediante sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de mango, para aumentar la fibra dietaria en su composición.
1	¿Cuál es el proceso de obtención de harina de cáscara de mango para una sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de pan?	El proceso definido para la obtención de harina de cáscara de mango permite su incorporación a la formulación de pan mediante la sustitución parcial de harina de trigo, logrando la formación de la masa y del producto panificado final.	Determinar el proceso de obtención de harina de cáscara de mango para la sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de pan.
2	¿Cuál es el efecto que ejerce la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango sobre las características físicas, sensoriales y químicas proximales del pan?	La sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango influye significativamente sobre las características físicas, sensoriales y químicas proximales del pan.	Evaluar el efecto que ejerce la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango sobre las características físicas, sensoriales y químicas proximales del pan.
3	¿Cuál será la proporción óptima de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango en la elaboración de pan?	La proporción de 10% de harina de cáscara de mango usada en la sustitución parcial de harina de trigo logra los requerimientos esperados en el producto panificado desarrollado.	Definir la proporción óptima de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango en la elaboración de pan.
4	¿Cuál será el tiempo de vida útil del pan óptimo, elaborado mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango?	El tiempo de vida útil de la formulación óptima del pan, elaborado mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango es de 2 días.	Determinar la vida útil de la formulación óptima de pan, elaborado mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango.

ANEXO 2. Matriz general de consistencia

TITULO: “Formulación óptima de pan, mediante sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i>), para aumentar la fibra dietaria en su composición”				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/Indicadores	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la formulación óptima en la elaboración de pan, mediante sustitución parcial de harina de trigo por harina de cascara de mango, para aumentar la fibra dietaria en su composición?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la formulación óptima en la elaboración de pan, mediante sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de mango, para aumentar la fibra dietaria en su composición.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La formulación de pan desarrollada con sustitución parcial de harina de trigo mediante la incorporación de harina de cáscara de mango permite aumentar la fibra dietaria en la composición del producto final.</p>	<p>Unidad de análisis: Pan con incorporación de harina de cáscara de mango.</p> <p>Variables independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • % Harina de cáscara de mango. <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0%, 10%, 20%, 30% <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje <p>Variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Características físicas • Características sensoriales • Características químicas proximales <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Textura y el volumen específico. • Carbohidratos, cenizas, fibra dietaria total, grasa cruda, humedad, proteína cruda. • Apariencia, aroma, sabor y aspecto general. <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • %, g, ml/g, N, escala de hedónica. 	<p>Enfoque: Mixto (Cualitativo y cuantitativo)</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Tipo: Básica/Aplicada</p> <p>Métodos: Físicos, sensoriales y químicos proximales.</p> <p>Técnicas e instrumentos: Pruebas estadísticas</p> <p>Recolección de datos: Ficha de análisis sensorial del pan.</p> <p>Análisis: Prueba no paramétrica de Friedman, tukey.</p> <p>Procesamiento de datos: Microsoft Excel</p> <p>Población: Panes que se producen en Perú.</p> <p>Muestra: Panes que se producen en Piura.</p> <p>Procedimientos Determinación de textura y el volumen específico, carbohidratos, cenizas, fibra dietaria total, grasa cruda, humedad, proteína cruda, evaluación sensorial (aparencia, aroma, sabor, aspecto general).</p>

ANEXO 3. Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
VARIABLE INDEPENDIENTE			
% Harina de cáscara de mango	Proporción en la que sustituirá la harina de trigo en la preparación de pan en cada tratamiento que se realizará (Definición propia).	Se realizarán cuatro tratamientos (0%, 5%, 10%, 15%) en los cuales se sustituirá en diferente proporción la harina de trigo por la harina de cáscara de mango en la preparación de pan.	%, g
VARIABLE DEPENDIENTE			
Características físicas	Características que pueden ser medidas y observadas sin modificar su composición (Barquero, 2012).	Se hará un análisis físico a los panes elaborados a partir de 4 tratamientos (0%, 5%, 10%, 15%) dónde se evaluará la textura y el volumen específico de cada tratamiento.	N, ml/g
Características químico proximales	Referidas a la composición química de los alimentos, comprende los porcentajes de proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas, fibra y humedad presentes en los mismos (Barquero, 2012).	Se realizará el análisis químico proximal de los panes elaborados como resultado del mejor tratamiento obtenido, dónde se realizarán análisis de carbohidratos, cenizas, fibra dietaria total (que incluyen FDS: Fibra dietaria soluble y FDI: Fibra dietaria insoluble), grasa cruda, humedad y proteínas.	%, g
Características sensoriales	Atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades quinestésicas o textuales (Anzaldúa-Morales, 1994).	Se realizará mediante la catación del pan elaborado con diferentes tratamientos, a los cuáles se les evaluará 4 atributos sensoriales: apariencia, aroma, sabor y aspecto general.	Escala hedónica

Fuente: Elaborado con información de Barquero (2012) y Anzaldúa-Morales (1994)

ANEXO 4. Ficha de Evaluación Sensorial

**FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL
ESCALA HEDÓNICA DE UNA PRUEBA DE PREFERENCIA**

NOMBRE:

FECHA: / /

PRODUCTO:

A continuación se presentan 4 muestras de pan con incorporación de harina de cáscara de mango. Se le pide que deguste y califique las muestras según: apariencia, aroma, sabor y aspecto general clasificándolas en la escala que se presenta en los cuadros. Marque con una X en el casillero correspondiente a la percepción de preferencia.

	MUESTRAS			
APARIENCIA	294	738	501	685
Me gusta				
Me gusta poco				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta poco				
Me disgusta				
AROMA	294	738	501	685
Me gusta				
Me gusta poco				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta poco				
Me disgusta				
SABOR	294	738	501	685
Me gusta				
Me gusta poco				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta poco				
Me disgusta				
ASPECTO GENERAL	294	738	501	685
Me gusta				
Me gusta poco				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta poco				
Me disgusta				

Pensado en los productos que usted consume normalmente, cuál sería su aptitud en relación a la compra del producto que acaba de evaluar:

Ciertamente compraría	Probablemente compraría	Talvez compraría, tal vez no compraría	Probablemente no compraría	Ciertamente no compraría

Gracias por tu tiempo

ANEXO 5. Análisis químico proximal de la harina de cáscara de mango



INFORME DE ENSAYO N° 1-09087/21

Pág. 1/1

Solicitante : ESCOBAR PAZ, FRANCIES ANDREINA
Domicilio legal : Mz. T Lote 19 Sector Valle San Juan – Tambogrande – Piura – Piura
Producto declarado : HARINA DE CÁSCARA DE MANGO
Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 300 g
Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno ziploc cerrada y a temperatura ambiente
Fecha de recepción : 2021 - 09 - 06
Fecha de inicio del ensayo : 2021 - 09 - 07
Fecha de término del ensayo : 2021 - 09 - 10
Ensayo realizado en : Laboratorio de Físico Química - Alimentos
Identificado con : H/S 21007490 (EXAI-11073-2021)
Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas

Ensayos	Unidad	Resultados
Proteína (N x 6,25)	g/100 g	2,80
Grasa	g/100 g	1,70
Humedad	g/100 g	7,55
Ceniza	g/100 g	2,66
Fibra Dietaria	g/100 g	33,43
Carbohidratos totales	g/100 g	85,29

MÉTODOS

Carbohidratos totales: Por cálculo

Ceniza: AOAC 923.03, c32, 21st Ed. 2019 . Ash of Flour - Direct Method

Fibra Dietaria: CERPER LE ME FDA, versión 01 enero 2006. Determinación de Fibra dietaria

Grasa: AOAC 930.09, c3, 21st Ed. 2019. Ether Extract of plants. Gravimetric method

Humedad: AOAC 920.151, c37, 21st Ed. 2019. Solids(Total)in Fruits and Fruit Products

Proteína: AOAC 978.04, c3, 21st Ed. 2019. Nitrogen (total) (crude protein) in plants. Kjeldahl methods.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 10 de septiembre de 2021
BC

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.I.P. 33422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

ANEXO 6. Análisis químico proximal del pan con 10% HCM



INFORME DE ENSAYO N° 1-08307/22

Pág. 1/1

Solicitante : **ESCOBAR PAZ, FRANCIES ANDREINA**
Domicilio legal : Mz. T Lote 19 Sector Valle San Juan – Tambogrande – Piura – Piura
Producto declarado : **PAN A BASE DE HARINA DE CASCARA DE MANGO (10%) Y HARINA DE TRIGO (90%)**
Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 400 g
Muestra proporcionada por el solicitante
Identificación de la muestra : **08/08/2022**
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrado y a temperatura ambiente.
Fecha de recepción : 2022 - 08 - 08
Fecha de inicio del ensayo : 2022 - 08 - 09
Fecha de término del ensayo : 2022 - 08 - 16
Ensayo realizado en : Laboratorio Físico Química - Alimentos
Identificado con : **H/S 22007020 (EXAI-10594-2022)**
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayos	Unidad	Resultados
Proteína (N x 6,25)	g/100 g	9,06
Grasa (por hidrólisis ácida)	g /100 g	4,88
Humedad	g/100 g	32,51
Ceniza	g/100 g	1,44
Fibra Dietaria	g/100 g	8,06
Carbohidratos totales	g/100 g	52,11

MÉTODOS

Carbohidratos totales: Por cálculo.

Ceniza: AOAC 923.03, c32, 21st Ed. 2019. Ash of Flour - Direct Method.

Fibra Dietaria: CERPER LE ME FDA, versión 01 enero 2006. Determinación de Fibra Dietaria.

Grasa: AOAC 935.39 (D), c32, 21st Ed. 2019. Baked Products Fat.

Humedad: NTP 206.011. 2018. BIZCOCHOS, GALLETAS, PASTAS O FIDEOS. Determinación de humedad.

Proteína: AOAC 984.13, c4, 21st Ed.2019. Protein (Crude) in Animal Feed and Pet Food. Cooper Catalyst Kjeldahl Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 17 de agosto de 2022
AM

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.
ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.I.P. 93422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

ANEXO 7. Análisis microbiológicos (Mohos y levaduras) del pan



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

Urb. Miraflores-Campus Universitario S/N- Castilla-Piura
Teléfonos: (073)-284700- (073)-285251
labocontrolfip@unp.edu.pe



Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 2022-001

Solicitado por : FRANCIES ANDREINA ESCOBAR PAZ
Domicilio legal : PIURA
Producto declarado : PAN
Tesis "Formulación óptima de pan, mediante la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) para aumentar la fibra dietaria en su composición"
Información proporcionada por el solicitante : Fecha de producción : 31 de julio del 2022
Muestreado por : El solicitante
Cantidad de muestra(s) : 4 muestras x 100 g c/u
Ensayos realizados en : Laboratorio de ensayos microbiológicos (SL01LA 33)
Fecha de recepción de la(s) muestra(s) : 01 / 08 / 2022
Fecha de inicio de ensayo(s) : 01 / 08 / 2022
Fecha de término de la(s) muestra(s) : 09 / 08 / 2022

I. ENSAYO MICROBIOLÓGICO

Día 01: 01-08-2022

Parámetro	Unidad	Resultado
Mohos	ufc/g	<10
Levaduras	ufc/g	<10

Día 02: 02-08-2022

Parámetro	Unidad	Resultado
Mohos	ufc/g	<10
Levaduras	ufc/g	<10

Día 03: 03-08-2022

Parámetro	Unidad	Resultado
Mohos	ufc/g	<10
Levaduras	ufc/g	<10

Día 04: 04-08-2022

Parámetro	Unidad	Resultado
Mohos	ufc/g	12
Levaduras	ufc/g	<10

II. MÉTODO DE ENSAYO

Mohos y levaduras

ICMSF Microorganismos de los Alimentos. Su significado y métodos de enumeración. Pág. 165-167, 2da Ed. Recuentos de mohos y levaduras. Método de recuento de mohos y levaduras por siembra en placa en todo el medio..

Piura, 12 de agosto del 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Pesquera
Laboratorio Control de Calidad
Dr. Ing. Evaristo David Quinte Reale
JEFE
CIP 01252

El presente documento es redactado íntegramente en el Laboratorio Control de Calidad. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia. Solo es válido para la(s) muestra(s) referida(s) en el presente informe. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LCC-JE-F01 / Ver 01 / Agosto 22

ANEXO 8. Análisis de acidez del pan



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

Urb. Miraflores-Campus Universitario S/N- Castilla-Piura
Teléfonos: (073)-284700- (073)-285251
labocontrolfip@unp.edu.pe



Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 2022-002

Solicitado por : FRANCIES ANDREINA ESCOBAR PAZ
Domicilio legal : PIURA
Producto declarado : PAN
Tesis "Formulación óptima de pan, mediante la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) para aumentar la fibra dietaria en su composición"
Fecha de producción : 31 de julio del 2022
Información proporcionada por el solicitante :
Muestreado por : El solicitante
Cantidad de muestra(s) : 4 muestras x 100 g c/u
Ensayos realizados en : Laboratorio de ensayos instrumentales (SL01LA 34)
Fecha de recepción de la(s) muestra(s) : 01 / 08 / 2022
Fecha de inicio de ensayo(s) : 01 / 08 / 2022
Fecha de término de la(s) muestra(s) : 04 / 08 / 2022

I. ENSAYO MICROBIOLÓGICO

Día 01: 01-08-2022

Parámetro	Unidad	Resultado
Acidez (Expresada como ácido sulfúrico)	%	0.19

Día 02: 02-08-2022

Parámetro	Unidad	Resultado
Acidez (Expresada como ácido sulfúrico)	%	0.24

Día 03: 03-08-2022

Parámetro	Unidad	Resultado
Acidez (Expresada como ácido sulfúrico)	%	0.29

Día 04: 04-08-2022

Parámetro	Unidad	Resultado
Acidez (Expresada como ácido sulfúrico)	%	0.35

II. MÉTODO DE ENSAYO

Acidez total NMX-F-102-NORMEX-2010. Determinación de acidez titulable en alimentos

Piura, 12 de agosto del 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Pesquera
Laboratorio Control de Calidad
Dr. Fernando David Quinto Escobedo
JEFE
CIP 61238

El presente documento es redactado íntegramente en el Laboratorio Control de Calidad. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia. Solo es válido para la(s) muestra(s) referida(s) en el presente informe. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LCC-IE-F01 / Ver 01 / Agosto 22

ANEXO 9. Evidencias fotográficas de la parte experimental



(A)
Planta de mango Kent en producción



(B)
(B) Mangos Kent cosechados



(C)
(C) Mangos Kent en proceso de deslatex



(D)
(D) Evaluación de Materia prima



(E)
(E) Frutos lavados y desinfectados



(F)
(F) Frutos después de ser escaldados



(G)

(G) Tesista realizando escaldado de fruta



(H)

(H) Tesista realizando proceso de pulpeado



(I)

(I) Cáscara de mango fresca



(J)

(J) Cáscara de mango deshidratada



(K)

(K) Tesista acondicionando cáscara para secado



(L)

(L) Tesista realizando operación de molido



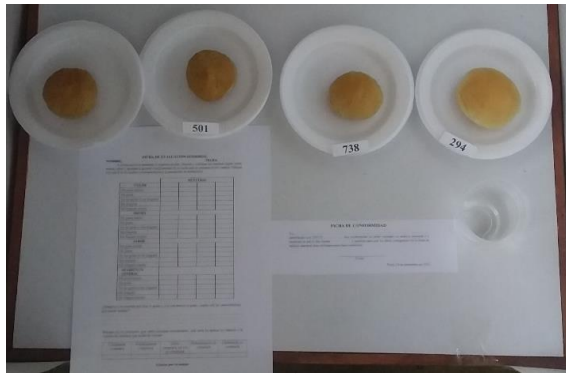
(M)

(M) Cáscara de mango deshidratada y molida



(N)

(N) Harina de cáscara de mango



(Ñ)

(Ñ) Muestras del análisis sensorial



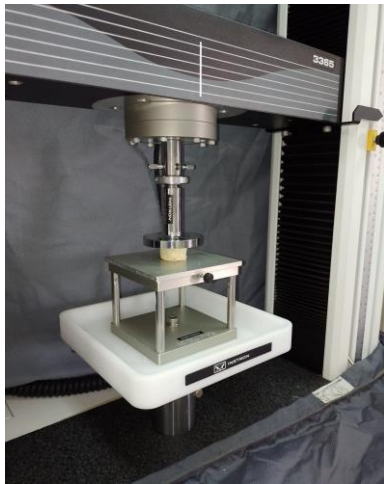
(O)

(O) Panelistas en catación de pan



(P)

(P) Tesista dando pautas a los panelistas para la realización del análisis sensorial



(Q)

(Q) Medición de textura al pan



(R)

(R) Medición de volumen específico



(S)

(S) Pesado de muestras de M2 (10% HCM)



(T)

(T) Medición de % humedad de M2 (10% HCM)



(S)

(S) Tesista realizando pesado de muestras de M2



(T)

(T) Tesista realizando medición de % humedad de M2