



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

TESIS

**“FORMULACIÓN DE PANETÓN CON SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR
HARINA DE ALGARROBA (*Prosopis alba*)”**

**PARA OPTAR EL GRADO DE TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero en Industrias Alimentarias**

PRESENTADO POR:

Bach. ERIK EDIL AVELLANEDA RODRIGUEZ

Bach. DARWIN MICHAEL CUBAS QUISPE

ASESORADO POR:

Ing. M. Sc. JUAN FRANCISCO ROBLES RUIZ.

Lambayeque – Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

TESIS

**"FORMULACIÓN DE PANETÓN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE
HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR HARINA DE ALGARROBA
(*Prosopis alba*)"**

**PARA OPTAR EL GRADO DE TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero en Industrias Alimentarias**

PRESENTADO POR:

Bach. ERIK EDIL AVELLANEDA RODRIGUEZ

Bach. DARWIN MICHAEL CUBAS QUISPE

APROBADO POR:

Ing. M. Sc. Rubén Darío Sachun García
Jurado Presidente

Ing. M. Sc. Rubén Enrique Vargas Lindo
Jurado Secretario

Ing. M. Sc. Ronald Alfonso Gutierrez Moreno
Jurado Vocal

Ing. M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz
Asesor

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado. La Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mis padres Francisco Cubas Miño y Delmira Quispe Altamirano, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. A mi madre por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por todo su amor y confianza. Y a mi padre por su esfuerzo que lo caracteriza y que me ha infundado siempre, mostrándome el valor para salir adelante y por su amor.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Darwín Michael Cubas Quispe

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad, amor e iluminarme siempre en mi camino, a la Virgen María por ser mi intercedora ante Dios y ser mi fuente de bondad e inspiración.

A mis padres Bertha y Vidal, por darme siempre su incondicional apoyo durante mi formación ética y profesional. A mi madre por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por todo su amor y confianza. Y a mi padre por su esfuerzo que lo caracteriza y que me ha infundado siempre, mostrándome el valor para salir adelante y por su amor. Porque todo lo que soy se lo debo a ellos por inculcarme siempre la importancia de estudiar.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por haberme dado la oportunidad de ser parte de ella y adquirir muchas aptitudes para poder estudiar mi carrera, así también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Erik Edíl Avellaneda Rodríguez

AGRADECIMIENTO

A Dios Omnipotente, por permitirnos
arribar hasta esta maravillosa etapa con salud e inteligencia,
por iluminar nuestro sendero y contribuir de manera celestial
a la cristalización de nuestros objetivos.

A los señores(as) técnicos de laboratorios de la FIQIA, y a todas aquellas
personas que de manera directa e indirectamente
coadyudaron en el desarrollo y culminación de
nuestro trabajo de investigación.

A nuestro Asesor, Ing. M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz,
a quien expresamos nuestra gratitud y reconocimiento
por guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis,
por inculcarnos conocimientos y valores.
También, por incentivarnos a seguir nuestros ideales
y a mejorar constantemente.

Erik Avellaneda Rodríguez

Darwin Cubas Quispe

ÍNDICE GENERAL

	Págs.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	17
CAPITULO I: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	18
1.1. El algarrobo (<i>Prosopis L.</i>).....	18
1.1.1. Caracterización del fruto y semillas de Algarroba.....	26
1.1.2. El algarrobo como alimento.....	29
1.1.3. Composición de la algarroba.....	36
1.1.3.1 Pulpa.....	37
1.1.3.2 Endocarpio.....	40
1.1.3.3 Semillas.....	41
1.1.4. Principios activos y factores antinutricionales.....	43
1.1.4.1. Proteínas.....	43
1.1.4.2. Azúcares.....	45
1.1.4.3. Fibra.....	46
1.1.4.4. Grasa.....	46
1.1.4.5. Taninos.....	47
1.1.5. Proceso para obtención de nuevos productos de algarroba	48
1.1.6. Harina de algarroba.....	51
1.1.6.1. Definición.....	51
1.1.6.2. Valor nutritivo y beneficio.....	51
1.2. El trigo.....	53
1.2.1. Clasificación según su fuerza.....	56
1.2.2. Composición química del trigo.....	57
1.2.3. Molienda del trigo.....	58
1.2.4. La harina de trigo.....	61
1.2.4.1. Clasificación de las harinas de trigo.....	62
1.2.4.2. Componentes principales de la harina de trigo.....	63
1.2.4.2.1. Almidón.....	63

1.2.4.2.2. Proteínas del gluten.....	68
1.2.5. Otras harinas.....	71
1.2.5.1. Harinas sucedáneas.....	71
1.2.5.2. Harinas compuestas.....	71
1.2.5.3. Harinas industriales en el Perú.....	72
1.3. Panetón.....	73
1.3.1. Clasificación de los bizcochos.....	74
1.3.2. Historia del panetón.....	75
1.3.3. consumo del panetón.....	75
1.3.4. Proceso de elaboración de panetones.....	77
1.3.4.1. Recepción de la materia prima.....	78
1.3.4.2. Mezclado.....	78
1.3.4.3. Amasado.....	78
1.3.4.4. Reposo.....	79
1.3.4.5. Modelado.....	80
1.3.4.6. Moldeado.....	80
1.3.4.7. Fermentación.....	81
1.3.4.8. Horneado.....	83
1.3.4.9. Enfriamiento.....	83
1.3.4.10. Envasado.....	83
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.....	84
2.1. Lugar de ejecución de la investigación	84
2.2. Población y muestra.....	84
2.1.1. Población.....	84
2.1.2. Muestra.....	84
2.3. Materiales prima e insumos.....	85
2.3.1. Materia prima.....	85
2.3.2. Insumos.....	85
2.4. Materiales, reactivos y equipos.....	86
2.4.1. Materiales de vidrio.....	86
2.4.2. Materiales de metal.....	86

2.4.3. Materiales de plástico.....	86
2.4.4. Otros materiales.....	87
2.4.5. Reactivos.....	87
2.4.6. Equipos.....	88
2.5. Variables.....	88
2.5.1. Variable independiente.....	88
2.5.2. Variable dependiente.....	88
2.5.3. Operacionalidad de variables.....	89
2.6. Métodos de análisis.....	89
2.6.1. Análisis físico químico.....	89
2.6.2. Análisis microbiológico.....	91
2.6.3. Análisis sensorial.....	91
2.6.4. Análisis estadístico.....	92
2.7. Diseño experimental.....	93
2.8. Proceso productivo para la elaboración del panetón.....	94
2.8.1. Recepción de la materia prima e insumos.....	94
2.8.2. Primera dosificación o pesado.....	94
2.8.3. Primer mezclado.....	94
2.8.4. Primer amasado.....	95
2.8.5. Primer fermentado.....	95
2.8.6. Segunda recepción.....	97
2.8.7. Segundo dosificado y pesado.....	98
2.8.8. Mezclado en seco.....	98
2.8.9. Segundo mezclado y batido.....	98

2.8.10.	Segundo amasado.....	99
2.8.11.	Cortado y pesado.....	99
2.8.12.	Boleado.....	100
2.8.13.	Moldeado.....	100
2.8.14.	Segundo fermentado.....	101
2.8.15.	Horneado.....	102
2.8.16.	Enfriado.....	102
2.8.17.	Embolsado.....	103
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		105
3.1.	Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las materias primas.....	105
3.1.1.	Características fisicoquímicas.....	105
3.1.2.	Análisis microbiológico.....	106
3.2.	Evaluación de los tratamientos.....	107
3.2.1.	Evaluación sensorial.....	107
3.2.1.1.	Olor.....	107
3.2.1.2.	Sabor.....	109
3.2.1.3.	Color.....	111
3.2.1.4.	Textura.....	114
3.2.2.	Evaluación fisicoquímica de los tratamientos.....	119
3.3.	Caracterización del panetón obtenido con harina de algarroba.....	124
3.3.1.	Análisis físico químico.....	124
3.3.2.	Análisis microbiológico.....	125
CAPÍTULO IV:		
4.1	CONCLUSIONES.....	126
4.2	RECOMENDACIONES.....	128

CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
---	-----

CAPÍTULO VI: ANEXOS.....	132
--------------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla Nº 1. <i>Composición de la pulpa de Prosopis pallida</i>	38
Tabla Nº 2. <i>Composición de endocarpio de Prosopis pallida</i>	40
Tabla Nº 3. <i>Composición de aminoácidos en el cotiledón de semillas de Prosopis pallida</i>	41
Tabla Nº 4. <i>Cuadro 1 Análisis Proximal de Harina de Algarroba en base a 100g</i>	52
Tabla Nº 5. <i>Minerales en la Harina de Algarrobo</i>	53
Tabla Nº 6. <i>Composición químico proximal del grano de trigo (por 100g de alimento)</i>	58
Tabla Nº 7. <i>Tipificación comercial de las harinas según el CAA</i>	63
Tabla Nº 8. <i>Composición químico proximal del panteón popular</i>	73
Tabla Nº 9. <i>Operacionalización de las variables, dimensiones, indicadores e índices</i>	89
Tabla Nº 10. <i>Resultado de Análisis físico químico de las harinas de trigo y algarroba</i>	105
Tabla Nº 11. <i>Análisis microbiológicos de las materias primas</i>	107
Tabla Nº 12. <i>Homogeneidad de varianza para atributo olor</i>	108
Tabla Nº 13. <i>Análisis de ANOVA para atributo olor</i>	108
Tabla Nº 14. <i>Homogeneidad de varianza para atributo sabor</i>	110
Tabla Nº 15. <i>Análisis de ANOVA para atributo sabor</i>	110
Tabla Nº 16. <i>Homogeneidad de varianza para atributo color</i>	112
Tabla Nº 17. <i>Análisis de ANOVA para atributo color</i>	112
Tabla Nº 18. <i>Prueba de comparaciones múltiples para atributo color</i>	113
Tabla Nº 19. <i>Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos homogéneos</i>	113
Tabla Nº 20. <i>Homogeneidad de varianza para atributo Textura</i>	115

Tabla Nº 21. <i>Análisis de ANOVA para atributo color</i>	115
Tabla Nº 22. <i>Pruebas de post hoc para las medias del atributo textura</i> ...	116
Tabla Nº 23. <i>Pruebas de post hoc para las medias del atributo textura</i> ...	117
Tabla Nº 24. <i>Comparación de los atributos sensoriales evaluados en cada formulación</i>	118
Tabla Nº 25. <i>Comparación de composición fisicoquímica de las formulaciones</i>	119
Tabla Nº 26. <i>Análisis físico químico de la formulación ganadora</i>	124
Tabla Nº 27. <i>Análisis microbiológicos de las materias primas</i>	125

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura Nº 1. <i>Árbol de algarrobo</i>	25
Figura Nº 2. <i>Frutos maduros de Prosopis alba y Prosopis nigra</i>	28
Figura Nº 3. <i>Fracciones de la vaina de algarroba</i>	34
Figura Nº 4. <i>Posibles utilizaciones de la algarroba</i>	34
Figura Nº 5. <i>Posibles utilizaciones de la algarroba</i>	49
Figura Nº 6. <i>Diagrama de fraccionamiento de frutos de Prosopis pallida</i> .	50
Figura Nº 7 <i>Principales productores mundiales de trigo</i>	55
Figura Nº 8 <i>Estructura del grano de trigo</i>	60
Figura Nº 9 <i>Estructura de A) Amilosa, B) amilopectina</i>	64
Figura Nº 10 <i>El gránulo de trigo y la disposición de las cadenas de amilopectina que dan lugar a las zonas amorfas y cristalinas</i>	65
Figura Nº 11 <i>Esquema de la estructura de la matriz de gluten</i>	71
Figura Nº 12 <i>Reposo del gluten</i>	79
Figura Nº 13 <i>Operaciones en la elaboración de panetones</i>	82
Figura Nº 14 <i>Esquema experimental de los tratamientos para la formulación del panetón</i>	93
Figura Nº 15 <i>Proceso de elaboración de panetón de algarroba</i>	104

Figura Nº 16 Comparación de medias para atributo olor de panetón de algarroba.....	109
Figura Nº 17 Comparación de medias para atributo olor de panetón de algarroba.....	111
Figura Nº 18 Comparación de medias para atributo color de panetón de algarroba.....	120
Figura Nº 19 Comparación de medias para atributo olor de panetón de algarroba.....	117
Figura Nº 20 Comparación de medias de evaluación sensorial.....	118
Figura Nº 21 Contenido de humedad en cada formulación.....	120
Figura Nº 22 Contenido de proteína en cada formulación.....	120
Figura Nº 23 Contenido de grasa en cada formulación.....	121
Figura Nº 24 Contenido de fibra cruda en cada formulación.....	121
Figura Nº 25 Contenido de ceniza en cada formulación.....	122
Figura Nº 26 Contenido de carbohidratos en cada formulación.....	122
Figura Nº 27 Contenido de acidez en cada formulación.....	123
Figura Nº 28 Contenido de energía en cada formulación.....	123

RESUMEN

En la actualidad el mundo moderno requiere de alimentos más nutritivos, ricos en proteínas y carbohidratos, ante esto se ha incrementado la producción de alimentos fortificados con diversas harinas como de quinua, kiwicha, cuyos alimentos como panes, galletas, panetones fortificados hoy en día son muy demandados por la población. La región Lambayeque cuenta con una buena cantidad de producción de harina de algarroba. Nos vemos en la necesidad de formular un producto fortificado con dicha harina.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo la formulación de panetón con sustitución parcial de harina de trigo por harina de algarroba; para ello se sustituye parcialmente la harina de trigo por harinas sucedáneas de algarrobo para la obtención del Panetón Andino. Para ello se inició caracterizando la harina de algarroba llevándose a cabo pruebas sensoriales y análisis fisicoquímicos, para luego diseñar el proceso de elaboración y obtención del Panetón Andino. Los parámetros adecuados fue el porcentaje de harina de algarroba (10, 15 y 20%) que se sustituyeron.

Finalmente, los resultados obtenidos muestran que las 3 formulaciones son del agrado del público, pero destacando la formulación 90%HT10%HA, donde destaca los atributos de textura, color, y sabor en la cual la totalidad de las respuestas expresan la preferencia por esta formulación.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la tendencia en la selección de alimentos por parte de los consumidores se ha modificado ampliamente, conforme se ha incrementado el universo de productos disponibles.

Actualmente los consumidores exigen mayor calidad en los productos, sobre todo en el aspecto que relaciona a la alimentación con la salud. En las sociedades desarrolladas el concepto de nutrición ha evolucionado de “nutrición adecuada o suficiente” a “nutrición óptima” (Silveira Rodríguez, Monereo Megías, & Molina Baena, 2003). Esta tendencia no es casual, la misma está relacionada a un mayor manejo de la información por parte de los consumidores acerca de las relaciones que existen entre una buena alimentación y una buena salud. Esta mayor información disponible puede relacionarse tanto con que los gobiernos son interesados directos en mantener una población más saludable, que a la vez reduce los costos de salud pública, y por otro lado el sector privado industrial que busca instalar nuevos productos en el mercado (Alvídrez-Morales, GonzálezMartínez, & Jiménez-Salas, 2002).

La elaboración de panetón constituye un sector sustancial de la industria alimentaria, siendo uno de sus principales atractivos su variedad de tipos.

Todos los panetones tradicionales se fabrican generalmente con harina de trigo, y pueden tener añadidas pequeñas cantidades de otras harinas o almidones, para conseguir sabores o propiedades estructurales especiales. Sin embargo, es importante considerar otros materiales feculentos que se pueden utilizar en la confección de panetones o productos análogos; razón por la cual es imprescindible partir de las costumbres alimentarias regionales para evaluar la combinación de harinas sucedáneas obtenidas de leguminosas (Saravia, 2013).

Diversas investigaciones datan sobre sustituciones parciales de la harina de trigo por harinas de diferentes tipos de cereales, leguminosas y granos como la cebada, arveja, soya, etc.; todas estas conocidas bajo la denominación de "harinas sucedáneas".

Las harinas sucedáneas constituyen una ventaja para los países en desarrollo, debido a que se podría reducir las importaciones de harina de trigo y el aumento del uso potencial de los cultivos agrícolas (Othon C., 2006).

Dentro de este pensamiento, nace la idea de desarrollar un alimento elaborado a partir del algarrobo, un recurso que Perú posee, en su región norte y cuya explotación con fines alimenticios se limita mayormente a la algarrobina y posterior comercialización.

Revisando detenidamente sus características nutricionales, la semilla de algarrobo puede constituirse en un recurso de importancia para el ser humano, uno de sus principales nutrientes lo constituye la proteína, la misma que hoy en

día es difícil de conseguir a bajo costo. La industrialización de dicha semilla podría competir con otras fuentes de proteína del mercado, tales como la harina de trigo y la soja, con bajos costos de implementación de la empresa se puede conseguir un producto de buena calidad y a un bajo costo.

En cuanto a la industrialización de la semilla, es sorprendente que con el grado de desarrollo de la tecnología actual no se haya puesto la mirada en un proceso mediante el cual este recurso que se encuentra en la naturaleza pueda ser aprovechado de una manera acertada y en beneficio del humano, proporcionándole un valor agregado, por ejemplo elaborando harina de algarrobo, que en su composición destaca la presencia de entre un 40 y un 50% de azúcares, fundamentalmente fructuosa, glucosa y sacarosa. También tiene un 5% de proteínas y muchos minerales: hierro, calcio, magnesio, zinc, silicio, fósforo y mucho potasio.

El presente trabajo pretende difundir la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas sucedáneas de algarrobo para la obtención del Panetón Andino, con ello diversificar la presentación del producto, así como proponer un alimento nutritivo.

Por ello se consideró realizar el presente trabajo de investigación, planteando los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

- Seleccionar la formulación adecuada de un panteón, con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de Algarroba (*Triticum aestivum*).

OBJETIVO ESPECÍFCOS

- Caracterizar fisicoquímicamente la harina de algarroba.
- Enriquecer la dieta alimenticia de las personas consumiendo harina de algarroba.
- Evaluar sensorialmente cada una de las formulaciones.
- Evaluar microbiológicamente el producto obtenido

CAPÍTULO I

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. El algarrobo (*Prosopis L.*)

El género *Prosopis* Linnaeus emend. Burkart (Fabaceae - Mimosoideae, tribu Adenanthereae) comprende árboles, arbustos y raramente subarbustos, con hojas bipinnadas, comúnmente con escasos pares de pinnas opuestas, sólo en unas pocas especies subáfilas, reducidas, pinnadas, paucifolioladas; el pecíolo presenta una glándula apical, circular, sésil y a veces unas similares, más pequeñas, sobre el raquis de las pinnas. Los folíolos son pequeños, numerosos, opuestos, lineares, oblongos, fusiformes, raramente grandes (en *P. ruscifolia*), enteros, del mismo color en ambos lados. La venación es pinnada y poco prominente.

Las ramas, en la mayoría de las especies son dimórficas; megablastos largos, flexuosos, nudosos con la edad; braquiblastos o ramas cortas emergen de yemas axilares múltiples, que cuando presentes, se transforman en espinas caulinares.

Las flores son entomófilas, pequeñas, actinomorfas, pentámeras, hermafroditas, blanco-verdosas, amarillentas con la edad, rara vez rojas. La prefoliación es

valvada. El cáliz es campanulado. La corola presenta pétalos lineares, soldados o más o menos libres, glabros o pubescentes, frecuentemente vellosos o pilosos interiormente. El androceo posee dos ciclos de cinco estambres libres, con anteras elípticas, dorsifijas, introrsas, que exhiben una glándula conectiva apical pedicelada, globosa u ovoide. Los granos de polen son subesféricos y tricolpados. La antesis aparentemente es protógina. Las flores se agrupan en racimos espiciformes, amentiformes, axilares.

El fruto es una legumbre indehisciente, llamada lomento drupáceo, caracterizada por la diversidad de formas: lineal, recta, falcada, anular a espiralada. Presenta una variada distribución de cada uno de sus componentes: epicarpo, mesocarpo, endocarpo y semillas. El endocarpo forma una estructura cerrada e indehisciente, de diferentes espesores, y su tamaño guarda una relación directa con el tamaño de las semillas.

Las semillas son ovoides, comprimidas, resistentes, de color marrón. Presentan línea fisural, endosperma rico en galactomananos y embrión con dos cotiledones, epígeos al germinar. Las especies del género son casi todas diploides, con número somático $2n = 28$. Los cromosomas son pequeños y uniformes (Burkart, 1976; Cosiansi et al., 2005).

El género es originario de África y comprende cinco Secciones:

Prosopis, *Anonychium*, *Strombocarpa*, *Monilicarpa* y *Algarobia*. Las secciones: *Prosopis* y *Anonychium* tienen distribución afroasiática y las tres restantes en América: *Monilicarpa*, con una sola especie, está restringida a la región centro oeste de Argentina; *Strombocarpa* con siete especies, se encuentra en América del Norte y del Sur y *Algarobia* con alrededor de 30 especies, registra una amplia distribución en el sur de Estados Unidos, México, la costa del océano Pacífico de América Central, las costas de Colombia, Venezuela e islas del Caribe, y hacia el sur, desde Ecuador hasta Argentina. Con respecto a la Sección *Algarobia*, se consideran dos grandes centros disyuntos de dispersión: el Tejano – mexicano y el Argentino - paraguayo - chileno. El centro de polimorfismo del género se encuentra en Argentina (Burkart, 1976).

Dada la hibridación frecuente entre especies, genetistas y taxónomos han abordado, desde el punto de vista taxonómico, la investigación del género *Prosopis* L., publicando numerosas revisiones (Burkart, 1940, 1976; Benson, 1941; Johnston, 1962; Folliot & Thames, 1983; Rzedowski, 1988; GalindoAlmanza et al., 1986; Hultine, 2000; Palacios, 2006).

Constituye un componente importante de la vegetación de zonas áridas y semiáridas, caracterizadas por la escasez de agua, la baja fertilidad de los suelos y, a menudo, la alta salinidad. Como estrategias para detener el avance

de la desertificación, su presencia contribuye a la desalinización, minimiza el escurrimiento del suelo y controla la erosión.

La importancia del género dentro de las culturas originarias ha sido muy significativa en el pasado y aún hoy sigue vigente, a pesar de la deforestación y los cambios culturales. Es valorado por sus múltiples aplicaciones que incluyen, entre otras, la industria forestal (madera, leña y carbón), alimentación humana (miel, bebidas, patay), alimentación animal, fitomedicina, obtención de aceite, gomas, azúcares, fibras y resinas polifenólicas. Desde el punto de vista socioeconómico representa un recurso seguro contra el hambre y la creación de puestos de trabajo de mano de obra no especializada (Burkart, 1976; CORD, 1992; Fagg y Stewart, 1994; Pasiecznik, et al., 2001; Barra de la Rosa, 2006; Escobar, 2009).

El origen de la palabra *Prosopis* L. proviene del griego antiguo y podría significar, "hacia la abundancia" de pros = hacia y Opis = diosa de la abundancia y la agricultura. El nombre *Prosopis*, fue elegido por Linneo en 1767, para describir, en la India, la especie tipo del género, *P. spicigera* Linnaeus (actualmente *P. cineraria* (L.) Druce), cuyo fruto es espinoso (Burkart, 1976; Perry, 1988; Alvarez et al., 2009).

Cuando los conquistadores españoles arribaron a Perú en 1532, denominaron algarrobo a *P. pallida* por su similitud con el algarrobo europeo, *Ceratonia*

siliqua Linn, ambas con troncos retorcidos y frutos dulces palatables (Burkart, 1952; Tortorelli, 1956; D ·Antoni, 1970).

En la actualidad, en Sudamérica, el nombre vernáculo utilizado para las especies arbóreas de este género es algarrobo. Entre otras denominaciones también figuran: plumo de oro (Cuba); thacco o guarango (Peroe); mancacaballo (Panamá); carbón (Costa Rica); trupillo (Colombia); cují (Venezuela); mezquite (Méjico , Estados Unidos) (Simpson, 1977; Cruz, 1992; Villanueva et al., 2009).

Fernández de Oviedo y Valdés (1535) cita, en la crónica sobre historia de las Indias, que durante las cruzadas, se utilizaron las algarrobas para elaborar pan y miel. Cuando los españoles arribaron a Sudamérica observaron que los pobladores originarios, especialmente de Perú, Chile y Argentina, incluían frutos de *Prosopis* L. en sus dietas (Silva, 1988).

Las Crónicas y Archivos del Perú (1547-1960) confirman la recolección de frutos de algarrobo y su almacenamiento, para épocas de carencia de alimentos, tanto para el hombre como para animales (chanchos y cabras). Este autor reporta la elaboración de harina para preparar una especie de pan y bebidas alcohólicas. Restos arqueobotánicos datados entre 10000 AC – 1500 DC, hallados en el valle de Tehuacán (México), confirman la importancia de las especies del género para las culturas originarias (Smith, 1967; Simpson, 1977; Rostworowski, 1981).

Además, los frutos de mezquite (*P. juliflora*) jugaron un importante rol en el desierto de Sonora (Norteamérica), donde las tribus de pobladores originarios elaboraban harina y masa con la pulpa seca o tostada de los lomentos maduros. Un tipo de torta durable, se preparaba secando la masa en forma de bolas (Meyer, 1984; Simpson, 1977). Actualmente, una pasta fermentada de semillas hervidas de *P. africana*, llamada okpiye, se prepara en Nigeria (Achi, 1992).

En Argentina, su utilización se remonta a las culturas prehispánicas. En la provincia de Santiago del Estero los pobladores locales preparaban patay, aloja y añapa (Burkart, 1952, Ochoa de Cornelli, 1996). Alonso de Ovalle (1646), relata que en la provincia de Mendoza, los indios huarpes, al no disponer de trigo, maíz o arroz para elaborar el pan, utilizaban algarroba que cosechaban y almacenaban (apud Rusconi, 1958). En la provincia de Chaco, los tobas, preparaban harina con las algarrobas (frutos) de *P. alba* y *P. nigra*, dejándolas secar y moliéndolas en un mortero para consumirlas disuelta en agua (Martínez Crovetto, 1964).

En cuanto a la elaboración de bebidas, Bibar (1558), relata, que en el valle de Atacama (Chile) los nativos preparaban una bebida fermentada con algarroba molida y cocida en agua (apud Roig, 1993b). Para la región de Cuyo, el Abate Americano (1787), describe el uso de *P. chilensis* para elaborar “aloja”. Guinnard (1856) y Claraz (1865) mencionan que los indios mapuches,

cosechaban y aplastaban algarrobas entre dos piedras y las introducían en bolsas de cuero llenas de agua para obtener una bebida que dejaban fermentar durante varios días (apud Prates, 2009). Métraux (1944), reporta que en el Chaco los frutos eran machacados en un mortero y mezclados con agua caliente en un tronco ahuecado de palo borracho (*Ceiba speciosa*) o en un recipiente improvisado de cuero de vaca o cabra.

A pesar del alto contenido proteico de las semillas, el uso industrial de los frutos, para consumo humano o animal, es prácticamente inexistente (Barra de la Rosa, et al., 2006). Numerosos investigadores, en Argentina, han encarado estudios sobre explotación, germinación, cultivo, protección, maduración y cosecha de diferentes especies creciendo en áreas desérticas (Roig, 1993b). Aisladas investigaciones han analizado el tratamiento y conservación post cosecha de los frutos de *P. ruscifolia* en la provincia de Formosa (Freyre et al., 2003). En particular, Prokopiuk (2004), ha ensayado procesos controlados de molienda para la obtención de sustitutos de café a partir de frutos de *P. alba*. Al respecto, Hieronymus (1881) ya cita que las semillas tostadas podrían reemplazar al café.



Figura 1. Árbol de algarrobo

Fuente: <https://aseretselene.files.wordpress.com/2013/10/algarrobasemillas.jpg>

En Perú, Grados et al. (1996), a partir de la molienda de frutos de especies nativas del género, han analizado las diferentes fracciones obtenidas para la elaboración de variados subproductos (sustituto de café, alcohol por fermentación, harina, productos de panadería, aditivos para comidas dietéticas, gomas).

1.1.1. Caracterización del fruto y semillas de Algarroba

Desde el punto de vista botánico, el fruto, es una legumbre indehiscente, denominada lomento drupáceo. Proviene de un gineceo unicarpelar (Burkart, 1976) y según las especies, varía en forma, tamaño y color. Es valorado por el alto contenido de proteínas y polisacáridos (Freyre et al., 2003).

El pericarpo consta de epicarpo, mesocarpo y endocarpo. El epicarpo, con fibras, es de color amarillo-pajizo, café-rojizo o plumizo, a veces presenta manchas violáceas. En sección transversal, está algo comprimido, delgado y constituido por epidermis uniestratificada, (2 - 3) capas de células subepidérmicas y haces vasculares colaterales con refuerzo de paquetes de fibras. El mesocarpo carnoso, fibroso o azucarado, es comestible y nutritivo en algunas especies. Está constituido por un parenquima pluriestratificado más o menos desarrollado. El endocarpo, coriáceo a óseo, está dividido en segmentos uniseminados cerrados, en ocasiones difíciles de abrir. En sección transversal, exhibe fibras lignificadas, con un patrón de distribución cruzado. En *P. alba* y *P. chilensis* el endocarpo es delgado (0,15 - 0,25 mm), en *P. nigra* y *P. flexuosa*, más grueso (0,6 - 0,8 mm) y en *P. kuntzei*, muy grueso (1,2 - 1,5 mm). Es duro, impermeable al agua y debe ser removido para que ocurra la germinación (Trobok, 1985; Solbrig y Cantino, 1975, Cosiansi et al., 2005).

Las semillas, provienen de óvulos anátropos con placentación submarginal (Roth, 1977). Son generalmente ovoides, elípticas, oblongoelípticas, más o menos cuadrangulares o a veces irregulares, duras, comprimidas, color castaño claro, café-amarillentas a rojizas, más o menos brillantes y de textura lisa. Su extracción del fruto es difícil. Presentan un extremo a menudo aguzado, donde se ubican el hilo, la micrópila y el rafe y un extremo calazal ancho (Font Quer, 1989). El hilo es pequeño, circular u ovalado, superficial o hundido, apical o subapical. La micrópila y el hilo se encuentran muy próximos. El rafe es de forma umbonada, surco o línea, a menudo blanquecino (Burkart, 1940 –1952; Boelcke, 1946; Palacios y Bravo, 1974). Sobre la testa va impresa la línea fisural (pleurograma o ecusson), característica de las Mimosoideae. Posee forma de herradura, con sus brazos dirigidos hacia el extremo hilar y alrededor de un embrión ubicado en el centro de las caras. La sección transversal de la semilla es comprimida, elíptica a anchamente elíptico-transversa. El tegumento seminal (testa y tegmen), es duro. La testa (externa) está compuesta por macroesclereidas y osteoesclereidas. El tegmen (interno) consta de unas pocas capas de células. Hacia el interior, el endosperma, generalmente duro, mucilaginoso, córneo o vítreo, está rodeando a los cotiledones. El eje del embrión, de 3 mm de longitud aproximadamente, es recto. Los cotiledones son aplanados, plano-convexos, redondeados o elípticos, amarillos y con la base sagitada de aproximadamente 5 mm de longitud (Corner, 1951). Las semillas

presentan alto contenido de proteínas, en particular, Bravo et al. (1994) citan en *P. pallida* 65 gramos de proteína por kilogramo de semillas.



Figura 2. Frutos maduros de *Prosopis alba* y *Prosopis nigra*.

Fuente: Galera (2000)

<https://aseretselene.files.wordpress.com/2013/10/algarrobasemillas.jpg>

Insectos que afectan los frutos son los únicos invertebrados conocidos que se alimentan de frutos y semillas de *Prosopis* L. Las infestaciones pueden producirse sobre las inflorescencias, afectando indirectamente la producción de frutos. Los insectos, especialmente diversas especies de la familia Bruchidae, brúquidos, se alimentan del mesocarpo de frutos inmaduros, del endocarpo y de

las semillas. Para preservar la calidad y sanidad de la semilla, es importante el control eficaz pre y postcosecha.

1.1.2. El algarrobo como alimento

Los frutos han sido y son utilizados como alimento por la palatabilidad del mesocarpo dulce, el alto contenido proteico de las semillas y el aporte de carbohidratos (Burkart, 1976; Prokopiuk, 2004). En general, el fruto entero contiene: 11 – 17 % de proteínas y 13 – 34 % de azúcares, con la proteína concentrada en las semillas (26 - 37 % de la semilla) y los azúcares en el pericarpo (Meyer et al., 1986).

Actualmente, entre los productos derivados existentes en el mercado, figuran: un sustituto del café (granos o polvo soluble instantáneo), una melaza, alcohol (obtenida por fermentación), productos de panadería y snacks, combustible (carbón vegetal) y gomas (Figueiredo, 1975, 1990; Felker y Bandurski, 1977; del Valle et al., 1983; Meyer, 1984; Bravo et al., 1994; Frías - Hernández et al., 1994; Grados, 1996; Galindo - Almanza et al., 2000; Maldonado - Aguirre et al., 2000; Freyre et al., 2001; Arenas, 2003).

En el Departamento de Cochabamba (Bolivia), el consumo de frutos constituye el 54% de la alimentación humana, comprobándose que el complemento

dietario de cereales (maíz) y algarroba favorece notablemente los índices biológicos de los consumidores (Loma Mercado et al., 2011).

En Argentina, aún hoy, algunas comunidades locales en Chaco y Formosa, continúan utilizándolo como recurso para la alimentación (Burkart, 1952). En general, los frutos maduran rápidamente y caen; su período de aprovechamiento es muy corto, aproximadamente un mes. El patay, elaborado en ese período, una vez seco o tostado, asegura el mantenimiento del alimento por mucho tiempo. Para la elaboración de pata, los frutos maduros y secos se machacan en un mortero (de piedra o de madera), luego se ciernen para dejar sólo la harina y eliminar el resto, incluidas las semillas. Con esta harina y agua se elabora una pasta, se le da forma de panes que se secan, al horno o al rescoldo. Así, pueden conservarse bien en climas semiáridos (Roig y Dalmasso, 1986). En Catamarca, San Luis, Santiago del Estero y La Rioja, el patay es un alimento muy popular (Burkart, 1952). Las especies más utilizadas para su elaboración son: *P. alba*, *P. nigra* y *P. flexuosa*, también se usan *P. elata*, *P. ruscifolia*, *P. vinalillo* (Arenas, 1981), y *P. torquata* (Ragonese y Martínez Crovetto, 1947). Escudero y Herraiz (1943) encontraron que el patay, además del alto contenido de azúcares (30 – 40 %), posee un alto contenido de calcio asimilable (0,138 - 0,217 %), de tiamina y de riboflavina.

En La Rioja llaman chuningó a una variedad de patay, que se prepara con los frutos molidos y cernidos, maíz y agua para ser consumida sin hornear.

En Santiago del Estero elaboran bollitos a partir de pasta de mistol (*Zizyphus mistol*), rodeada por harina de algarrobo llamada bolanchao (Burkart, 1952).

Las bebidas con un alto contenido de alcohol como la chicha o aloja se elaboran por fermentación de las vainas en agua. Las especies más utilizadas en Argentina para la elaboración de aloja son *P. alba* y *P. chilensis* (Burkart, 1952), también *P. ruscifolia* (Martínez Crovetto, 1964), *P. hassleri* y *P. torquata* (Ragonese y Martínez Crovetto, 1947), *P. elata* y *P. vinalillo* (Arenas, 1981). En la provincia de Salta se prepara con frutos de *P. alba* según el siguiente protocolo: una parte de algarroba molida en cuatro partes de agua. Se machacan los frutos en un mortero, luego se vierten en una tinaja agregando agua. Se tapa, se deja fermentar y transcurridas 24 horas comienza la formación de burbujas. A las 48 h, se saca la parte sólida estrujándola entre las manos y se agrega una mayor cantidad de algarroba. Esta bebida tiene un gusto acidulado agradable, pero debe ser consumida enseguida, no puede conservarse (Burkart, 1952).

La añapa, una bebida no fermentada, dulce y refrescante, se prepara a partir de frutos molidos colocados en agua fría (Cornelli, 1996). En Argentina y Chile, se utilizan las mismas especies que para la elaboración de la “aloja” (Roig, 1993b; Habit, 1981). En México y Centroamérica, esta bebida se conoce como mesquitatole (Allen y Allen, 1981) y en Perú, yusipín (Cruz, 1999).

Prokopiuk (2004), obtuvo un sucedáneo de café a partir de frutos de *P. alba* tostados a 160 °C durante 60 minutos. El aroma de la infusión resultante, presentó matices de tostado, miel, hierba y chocolate. Resulta parecido al del café genuino y tuvo aceptación entre los consumidores. Recientemente, algunas pequeñas fábricas en Perú comenzaron a elaborar sucedáneos de café o café de algarroba (Cruz, 1999). En la provincia de Formosa (Argentina), este producto es fabricado y comercializado por pobladores originarios de la etnia wichí.

En Perú se prepara la algarrobina, un almíbar o extracto concentrado azucarado que se obtiene a partir de algarrobas maduras enteras o partidas, hervidas en agua durante dos horas, prensadas, filtradas y concentradas por evaporación. El resultado es un producto viscoso, de color marrón brillante que se comercializa en botellas de vidrio o pots de plástico para ser usado como endulzante y saborizante. Es revitalizante y fortificante para niños y ancianos. Se utiliza en repostería y como aperitivo, mezclándolo con pisco y leche (Cruz, 1999, Prokopiuk, 2004). En Argentina, este producto se denomina arrope y se prepara a partir de algarrobas maduras de *P. nigra* (Martínez Crovetto, 1964), *P. torquata* y *P. hassleri* (Ragonese y Martínez Crovetto, 1947).

Los galactomananos, existen en cantidades considerables en el endosperma de las semillas de los algarrobos. Debido a sus interesantes propiedades físico-químicas, la industria de alimentos registra una creciente demanda. En general,

son utilizados como aditivos en alimentos, cosméticos, pinturas para papel, en la industria textil, petrolera, farmacéutica y en explosivos. (Gauter, et al. 1999; Vilela, 2003;). Segøen Ibaæez (2003), los resultados obtenidos del endosperma de la semilla de *P. flexuosa*, revelan la presencia de galactosa (27.3 % p/p) y manosa (56.3 % p/p) como los mayores componentes y en menor cantidad glucosa (13.9 % p/p) y arabinosa (2.5 % p/p). El galactomanano es el polisacárido principal en el endosperma de la semilla de *P. flexuosa* (83.6 % p/p de galactosa más manosa), de acuerdo con éstos análisis, la relación manosa: galactosa es de 2,1 más próxima a la de goma guar. Para *P. pallida* y *P. juliflora* 1,45 y 1,59, respectivamente.

Diferentes especies de *Prosopis* L. exudan una goma soluble en agua que ha sido utilizada como sustituto de la goma arábica (Cruz, 1999). En América, y desde un punto de vista comercial, la mayor fuente de goma de algarrobo proviene de los exudados de *P. glandulosa* (Burkart, 1976).

Hernández-Tinoco et al. (2004), proponen la posibilidad de elaborar quesos con bajo contenido de grasa, utilizando los hidrocoloides naturales de la goma de las semillas de especies del género.

Por otra parte, el azúcar de los frutos, básicamente sacarosa, no necesita insulina para metabolizarse. Los productos elaborados con frutos de algarrobo pueden incorporarse a la dieta de diabéticos (www.livesuperfoods.com).

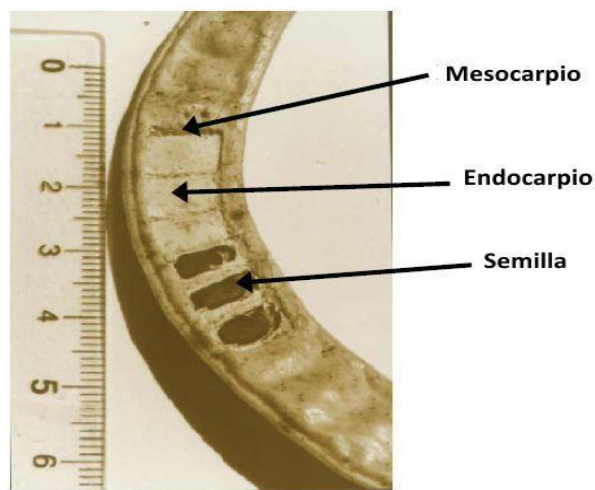


Figura 3. Fracciones de la vaina de algarroba. Adaptado de Felker, Takeoka, & Dao (2013).

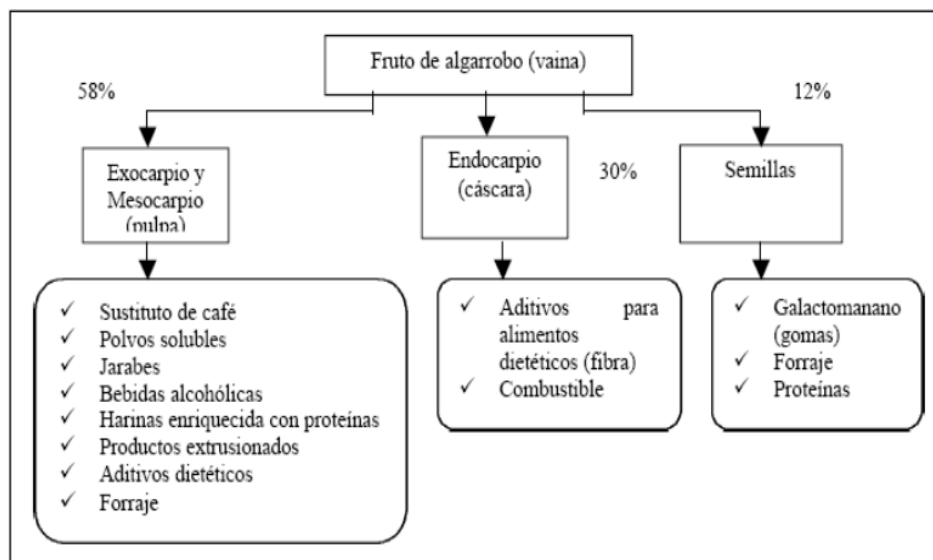


Figura 4. Posibles utilizaciones de la algarroba. Adaptado de Grados & Cruz (1996)

Como forraje, en zonas áridas y semiáridas, la importancia de los frutos, radica en su valor nutritivo, por ejemplo, para ser utilizado durante la época de invierno como suplemento en la alimentación de animales domésticos. Carballo et al., (apud Karlin, 1979), sugieren que los productores de la zona cabritera del Norte de la provincia de Córdoba, podrían utilizar frutos de algarrobo (*P. nigra*), con valor nutritivo similar al maíz, para alimentar cabras gestantes y durante la lactancia. Con un recurso de bajo costo, se lograría mejorar el sistema de producción caprina, evitar la mortalidad de las crías y el bajo peso al nacer o al momento de la venta. Una propuesta para afianzar el desarrollo y hacerlo sustentable. Una ventaja, es que los frutos podrían cosecharse de Diciembre a Febrero y luego almacenarlos para ser usados en temporadas de escasez (Karlin, 1979). El fruto de *P. chilensis* contiene un porcentaje de proteínas mayor que el maíz, Escobar et al. (2009) proponen utilizarlo como principal suplemento forrajero en la zona del Chaco árido.

Las moliendas que incluyen el fruto (pericarpo) y las semillas, registran alto contenido de proteínas. Este producto mejora la dieta de la población rural, tiene un alto contenido energético (carbohidratos), asegura el aporte de proteínas (8,5 %), fibras (11,5 %) y sales minerales, en especial calcio y hierro (INCUIPO, 1997). Esta harina responde a los requerimientos recomendados por la FAO (FAO/WHO, 1973).

Finalmente, en harinas mezcla (leguminosas / cereales) se incrementa el nivel de aminoácidos. Las leguminosas son una excelente fuente de lisina y los cereales, de aminoácidos azufrados (Escobar et al., 2009).

1.1.3. Composición de la algarroba

Existen estudios que evalúan la composición químico nutricional de los frutos de especies de *Prosopis* provenientes de diferentes regiones geográficas. Los análisis proximales de vainas enteras muestran resultados similares para varias de ellas, pero éstos brindan información limitada para proponer nuevas formas de uso en nutrición humana. Trevisson (1992) reporta para *P. alba* variedad panta: proteína, 11,7%; fibra, 12,49%; cenizas, 4,8%; y grasa, 4,32%. Del Valle et al. (1987) reporta para especies de Norteamérica (*P. glandulosa* y *P. velutina*): proteína, 11%; fibra, 29%; cenizas, 4,6%; y grasa 1,7%. Zolfaghari et al. (1986, 1985, 1982) analiza vainas de *P. glandulosa* verdes y maduras, con resultados comparables a estos valores. Pak et al. (1977) reporta valores similares de vainas de *P. tamarugo* de Chile. Oduol et al. (1986) analizan los contenidos de proteína y azúcares totales en vainas de las especies *Prosopis alba* (9,6% y 35%), *P. nigra* (10,4% y 37,5%), *P. velutina* (18,6% y 25,7%), *P. articulata* (17% y 25,7%) y *P. glandulosa* (13,4% y 17%). Varios autores (Saura et al., 1991; Espinoza, 1987; Sáenz et al., 1987) han estudiado las especies *P. pallida* y *P. juliflora* de Perú, los rangos son: proteína, 9-12%; fibra, 14-23%; cenizas, 3-5%; grasa, menos del 1,7%. Vainas de *P. juliflora* de Ecuador y

Brasil muestran casi la misma composición, pero con un contenido más alto de fibra y grasa (Marangoni y Alli, 1988; Figueiredo, 1975).

1.1.3.1. Pulpa

La pulpa representa aproximadamente el 56% del peso total del fruto (Cruz, 1999). En Perú se han realizado varios estudios para determinar, lo más completamente posible, la composición química de la pulpa de *P. pallida* (Bravo et al., 1994b; Grados y Cruz, 1994; Salazar, 1993; Cruz et al., 1987); los resultados se resumen en la Tabla 1.

El mayor componente de la pulpa es sacarosa (46,1%), y representa cerca del 90% del total de azúcares solubles. Los azúcares reductores (glucosa, fructosa y xilosa); están presentes en muy pequeñas cantidades (Cruz et al., 1987). La relación sacarosa/glucosa/fructosa concuerda bien con la de pulpa de mesquite (Meyer, 1984). Para el pericarpio de *P. juliflora*, se ha reportado que el 75% de azúcares solubles corresponde a sacarosa; 12%, fructosa; 5%, glucosa; 5%, inositol; y 1%, rafinosa (Marangoni y Alli, 1988). En *P. glandulosa* y *P. velutina* se encontró que el fruto entero contiene 21,3% de sacarosa y 6,5% de azúcares reductores (Del Valle et al., 1983). Después de la autólisis del pericarpio, un pequeño incremento en glucosa y fructosa indica baja actividad de invertasa (Becker et al., 1980). En la pulpa de *Prosopis alba* se han encontrado 59,14% de azúcares solubles totales y 27,6% de azúcares reductores (Prokopiuk et al., 2001)

Tabla 1.

Composición de la pulpa de *Prosopis pallida*

Componentes principales (g/100 g b.s.)		Aminoácidos (g/100 g proteína)		
				WHO/FAO patrón
Azúcares solubles totales	48,5	Hidroxiprolina	2,13	
Sacarosa	46,1	Ácido aspártico	8,51	
Fructosa	1,26	Treonina	4,68	4
Glucosa	1,02	Serina	4,96	
Xilosa	0,27	Ácido glutámico	10,07	
		Prolina	23,40	
Fibra dietética total	32,2	Glicina	4,68	
Fibra dietética insoluble	30,6	Alanina	4,26	
Fibra dietética soluble	1,6	Cisteína	0,43	
		Metionina	0,57	
Proteína (N x 6,25)	8,1	Met + Cis	1,00	3,5
Suma de aminoácidos	7,1	Valina	7,80	
Proteína resistente	2,2	Isoleucina	3,26	4
		Leucina	7,94	7
Grasa	0,77	Tirosina	2,84	
Cenizas	3,6	Fenilalanina	2,98	
		Tir + Fen	5,82	6
Taninos condensados	0,41	Lisina	4,26	5,5
Polifenoles solubles totales	0,81	Histidina	1,99	
		Arginina	4,82	
		Triptófano	0,89	1

Minerales (g/kg b.s.)		Vitaminas (mg/kg muestra)	
Potasio	26,5	Vitamina A	no detectada
Sodio	1,1	Vitamina E	5
Calcio	0,76	Vitamina B1	1,9
Magnesio	0,9	Vitamina B2	0,6
Cobre	trazas	Vitamina B6	2,35
Zinc	trazas	Ácido nicotínico	31
Manganeso	trazas	Vitamina C	60
Hierro	0,33	Ácido fólico	0,18
		Pantotenato de calcio	10,5

Fuente: Cruz (1999)

El contenido de proteína cruda en la pulpa de *Prosopis* es considerablemente alto (7,1% en *Prosopis alba* y 8,1% en *P. pallida*), teniendo en cuenta que las semillas no están incluidas (Prokopiuk et al., 2001; Rozycki et al., 1998). De la composición aminoacídica en *P. pallida* mostrada en la TABLA 1 puede verse que casi todos los aminoácidos esenciales están presentes en cantidades que satisfacen los requerimientos de la FAO/WHO (1973), lo cual indica una

aceptable calidad nutricional de la proteína. Los aminoácidos limitantes son metionina y cisteína.

Estos resultados son concordantes con los estudios sobre *P. juliflora* (Marangoni y Alli, 1988; Del Valle et al., 1983) y *P. glandulosa* (Meyer, 1984; Zolfaghari et al., 1982; Felker et al., 1977).

La digestibilidad de la proteína de la pulpa de *Prosopis* es alta: 62% para *P. alba* variedad panta; 73% para *P. pallida*; y 75,2% para *P. juliflora* (Bravo et al., 1994b; Trevisson, 1992; Marangoni y Alli, 1988).

La fibra dietética de *P. pallida* representa aproximadamente el 32% de la pulpa y es en su mayor parte fibra insoluble (Tabla 1); más de la mitad de la fibra está compuesta de polisacáridos neutros (Bravo et al., 1994). Se han publicado contenidos más altos de fibra dietética de pulpa de otras especies, aunque los métodos de análisis son distintos. Meyer (1984) reportó 35% de fibra dietética en pulpa de mesquite y Zolfaghari et al. (1986) reportaron 25% de celulosa, 11% de hemicelulosa y 7% de lignina para el pericarpio de *P. glandulosa*, mientras que para *Prosopis alba* se informaron valores inferiores de fibra dietética total (26,56%) con un importante contenido de solubles (24,36%) (Prokopiuk et al., 2001).

La pulpa de *P. pallida* contiene altas cantidades de hierro y bajos niveles de calcio en comparación a los valores reportados para mesquite (Zolfaghari et al., 1982; Becker et al., 1980). También se han reportado altos niveles de hierro en

Prosopis alba (Prokopiuk et al., 2001), *P. juliflora* (Marangoni y Alli, 1988; Figueiredo, 1975), y *P. tamarugo* (Pak et al., 1977), pero no se indica la biodisponibilidad. Con respecto a las vitaminas, son relevantes las cantidades de vitamina C, B6 y pantotenato de calcio en la pulpa de *P. pallida* (Grados y Cruz, 1996).

1.1.3.2. Endocarpio

El endocarpio (carozo) es una cápsula dura y fibrosa en la cual está encerrada la semilla (Figura 3). La composición química del endocarpio de *P. pallida* se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Composición de endocarpio de Prosopis pallida

Componentes principales (g/100 g b.s.)	
Fibra dietética total	92,3
Fibra dietética insoluble	88,9
Fibra dietética soluble	3,4
Azúcares solubles	1,6
Proteína	2,3
Grasa	1,3
Cenizas	1,3
Polifenoles solubles	0,7

Fuente: Cruz (1999)

La fibra dietética insoluble es el componente mayoritario del endocarpio. El análisis más detallado de esta fracción muestra a polisacáridos celulósicos (40%) y lignina (17%) como sus principales constituyentes (Saura et al., 1991).

1.1.3.3. Semillas

El cotiledón de la semilla de *P. pallida* contiene 65% de proteína, lo cual representa el 31% del peso de esta. La composición de aminoácidos de las proteínas en el cotiledón se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.

Composición de aminoácidos en el cotiledón de semillas de *Prosopis pallida*

Aminoácidos (g/100 g proteína)		WHO/FAO patrón
Ácido aspártico	8,30	4
Treonina	2,42	
Serina	4,87	
Ácido glutámico	21,31	
Prolina	7,49	3,5
Glicina	4,59	
Alanina	4,34	
Cisteína	1,31	
Metionina	0,88	4
Met + Cis	2,19	
Valina	4,56	
Isoleucina	3,09	
Leucina	7,51	7
Tirosina	1,84	
Fenilalanina	4,29	
Tir + Fen	6,13	
Lisina	4,09	6
Histidina	3,10	
Arginina	14,63	
Triptófano	1,37	

Fuente: Cruz (1999)

El contenido de aminoácidos esenciales es alto, siendo cisteína y metionina los aminoácidos limitantes. Los valores son comparables con otros reportados para *P. juliflora* y mesquite (Baião, 1987; Meyer, 1984; Zolfaghari et al., 1982; Figueiredo, 1975).

En cuanto a la digestibilidad aparente de proteínas crudas en semillas se reportaron: 70,9% para *P. glandulosa*; y 81,3% para *P. juliflora* (Marangoni y Alli, 1988; Zolfaghari et al., 1982).

El contenido de grasa del cotiledón de *P. pallida* alcanza el 7% (Jiménez et al., 1977). Los principales ácidos grasos encontrados en el aceite extraído fueron linoleico (39%), oleico (29%), palmítico (13%) y esteárico (10%). Este aceite sin refinar muestra una acidez de 1,7%. Similares valores han sido reportados para mesquite (Ortega-Nieblas et al., 1995; Becker et al., 1980) y *P. juliflora* (Marangoni y Alli, 1988). También se han estudiado en la Argentina composiciones de ácidos grasos y esteroides de varias especies de *Prosopis* (Lamarque et al., 1994).

Trabajos en Brasil (Figueiredo, 1990, 1987, 1983 y 1975; Figueiredo et al., 1990; Bobbio, 1987) reportan las posibilidades de producción y uso de un polisacárido galactomanano (hidrocoloide) a partir del endospermo de las semillas de *P. juliflora*, con una relación manosa/galactosa igual a 4. Meyer (1984) estudió la producción de un galactomanano de la semilla de mesquite (*P.*

glandulosa y *P. velutina*), y encontró una relación M/G 1,6, es decir, similar a la de goma de guar. En un trabajo anterior, con semillas de mesquite, se reportó una relación M/G de aproximadamente 1 (Becker et al., 1980). Espinosa (1987) determinó para *P. pallida* una relación M/G 1,35, la cual fue corroborada por otros autores (Bravo et al., 1994b; Cruz et al., 1987). También se han estudiado algunas propiedades reológicas de galactomananos de semillas de *P. chilensis* (Romeo et al., 1989; Vásquez et al., 1988), y de *P. juliflora* (Holmquist-Donquis et al., 1997). El estudio más actual y completo de producción y caracterización de galactomananos de *Prosopis* fue llevado a cabo por Cruz (1999), que trabajó con el endospermo de *P. pallida*, proveniente de Perú y la comparó con otras especies.

En harina de semillas completas se ha determinado el contenido de proteína: 33,06% en *P. alba* variedad panta (López Hernández et al., 1985); 35,8% en *P. ruscifolia* (Freyre et al., 2000); y 32,57% en *P. pallida* (Espinoza, 1987).

1.1.4. Principios activos y factores anti nutricionales

1.1.4.1. Proteínas

En la semilla la concentración relativa de sustancias de reserva (lípidos, proteínas y carbohidratos) varía considerablemente entre especies. Las proteínas de reserva se acumulan en cuerpos proteicos, ovales o esféricos,

rodeados de una membrana. La proteína es hidrolizada en aminoácidos por enzimas proteolíticas.

Las proteínas solubles en agua son clasificadas como albúminas; las insolubles en agua, pero solubles en soluciones salinas diluidas, como globulinas; las solubles en soluciones débiles ácidas o básicas, glutelinas y las solubles en etanol 70 - 80 %, prolaminas. En la mayoría de las semillas, excepto en gramíneas, la principal proteína de reserva son las globulinas. En los cereales, existen albúminas y globulinas, excepto en el arroz, dado que el 40 – 60 % de las proteínas consiste en prolaminas y el 20 – 40 % en glutelinas.

Las proteínas de reserva en las semillas de las leguminosas son albúminas y globulinas. Las globulinas son dominantes 50 - 90 %. Según el coeficiente de sedimentación se distinguen: globulinas 7S (vicilina, 7,1S - 8,7S) y globulinas 11S (legumina, 10,1S - 14S). La proporción entre las globulinas 11S a 7S varía entre cultivares (Utsumi et al., 1997). En el género *Prosopis* L. no se detectan prolaminas y glutaminas (Osborne et al., 1998; Buchanan et al., 2006; INAL, 2009).

Los aminoácidos de la proteína de los cotiledones aportan la mayor parte del nitrógeno. Los frutos de las especies del género *Prosopis* L. son considerados importantes recursos alimentarios con un contenido proteico 11 - 17 %, teniendo como aminoácidos limitantes tirosina y metionina/cisteína (González Galán et al., 2008). Grados y Cruz (1996) reportan la presencia de los

siguientes aminoácidos en los cotiledones de *P. pallida*: ácido aspártico, treonina, serina, ácido glutámico, prolina, glicina, alanina, cisteína, valina, metionina, isoleucina, leucina, tirosina, fenilalanina, lisina, histidina y arginina (57,812 g/100 g de materia original). Los mismos aminoácidos, en distintas proporciones, se presentan en los frutos de *P. chilensis* y *P. tamarugo* (Astudillo et al., 2000). Lo mencionado confirma que los frutos de las especies del género constituyen una fuente de aminoácidos esenciales.

1.1.4.2. Azúcares

La fracción mayoritaria de azúcares se detecta en la pulpa de los frutos. *P. velutina* registra un porcentaje muy alto de sacarosa (92 %) y una muy baja proporción de fructosa (5 %) y glucosa (3 %) (Meyer et al., 1986).

La pulpa del fruto de *P. alba*, tiene una cantidad de azúcares totales equivalente a 549,14 g/kg de materia en base seca, con una cantidad alta de azúcares reductores (27,6 g/kg). Se caracteriza, además, por la presencia de xilosa, fructosa, glucosa y sacarosa, está última en proporción mayoritaria (Prokopiuk et al., 2000).

En cuanto a la composición de polisacáridos en el endospermo se registran, en *P. pallida*: manosa (46,28 %) galactosa (33,97 %), arabinosa (1,56 %) glucosa (0,93 %), xilosa (0,19 %) (Grados y Cruz, 1996). En *P. velutina*: ramnosa (0,23 %) manosa (56,47 %) galactosa (36,24 %), arabinosa (4,18 %) glucosa (0,59 %), xilosa (1,96 %) y otros (0,32 %). Los altos contenidos de proteína soluble y

minerales interfieren con la cristalización y purificación de la sacarosa. Este hecho, si bien permite preparar un azúcar de algarrobo especial o melaza, impide competir directamente con el azúcar refinado (Meyer et al., 1986).

El embrión aporta 4,5 % de azúcares libres.

1.1.4.3. Fibra

La fibra alimentaria (fibra dietética) es un componente importante en alimentos de origen vegetal por sus propiedades para el organismo humano (Grados y Cruz, 1996).

La fibra cruda indica la porción no digerible de los alimentos. Prokopiuk et al. (2000) indican los siguientes valores en *P. alba*: para fibra dietética total (FDT): 265,6 g/kg, fibra dietética insoluble (FDI): 200,9 g/kg y fibra dietética solubles (FDS): 64,7 g/kg. En *P. flexuosa* y *P. chilensis* los valores de fibra cruda resultaron similares (8,9 % p/p) (Vásquez et al., 1985; Ibáñez, 2003).

1.1.4.4. Grasa

En el género *Prosopis* L, al igual que las proteínas, la mayor cantidad de grasas se encuentra en el embrión.

En particular, *P. velutina*, registra un 8 % de grasas representadas por ácidos linoleico (46,7 %), oleico (24,5 %), palmítico (13,7 %), linolénico (4,6 %), esteárico (4,6 %) y mirístico (1,1 %) (Meyer et al., 1986).

1.1.4.5. Taninos

Los taninos vegetales son polifenoles y están presentes en una amplia cantidad de alimentos y bebidas (té, vino tinto, frutos y cereales). Se clasifican en polifenoles condensados (flavonoides) y polifenoles hidrolizables (ésteres de la glucosa y el ácido gálico o el ágico).

Con gusto amargo, provocan la sensación oral de astringencia, aspereza y sequedad. La astringencia se debe a interacciones entre los polifenoles y principalmente las proteínas ricas en prolina de la saliva (Charlton, 2002).

Los taninos tienen efectos dañinos en animales: secuestran el hierro de los alimentos e inhiben enzimas digestivas. Las proteínas de la saliva, ricas en prolina, pueden unirse a los polifenoles y precipitarlos, evitando de esta forma, el efecto gastrointestinal negativo en los consumidores (Charlton, 2002; von Staszewski, 2011).

Entre los factores antinutricionales (tripsina, ácido fítico, taninos), los taninos son comunes en las semillas de leguminosas y se han hallado en cantidades considerables en algunas especies del género *Prosopis* L.

Dada la baja proporción de taninos en frutos de *P. alba*, son insignificantes los efectos adversos mencionados de los taninos condensados (5,7 g/kg base seca) y polifenoles solubles totales (0,06 g/kg base seca). Por lo tanto su

presencia no constituye un factor limitante para ser usado en la elaboración de alimentos (Prokopiuk et al., 2000).

En cuanto a los frutos de *P. chilensis*, la bibliografía registra valores 0,40 - 2,92 % de compuestos antinutricionales (polifenoles, nitratos, fitatos) (González Galán et al., 2008).

1.1.5. Proceso para obtención de nuevos productos de algarroba

Investigaciones más recientes en Perú están orientadas a la producción de harinas refinadas y jugos concentrados (almíbares) de la algarroba y es muy promisorio su aplicación en alimentos humanos (Felker et al., 2003).

Por su valor nutritivo y fácil disponibilidad, las algarrobas pueden ser procesadas y usadas como suplementos e ingredientes alimenticios. El procesamiento involucra la separación de las partes del fruto, siendo la fracción de mesocarpio (pulpa) la que ofrece más posibilidades de aplicación, en forma de harinas o extractos (Cruz, 1999).

Varias unidades procesadoras de tamaño semiindustrial se han adaptado o diseñado específicamente para procesar algarrobas de *Prosopis* sp. En Brasil, en varios lugares, se están construyendo instalaciones para el secado y molido de algarrobas de *P. juliflora*, las que son un buen ejemplo de proceso en pequeña escala para uso comunal y de granjeros locales. El proceso incluye el secado de las algarrobas con un secadero a leña en grandes recipientes

abiertos a aproximadamente 80°C durante 4 h inmediatamente antes de la molienda. Los molinos son de martillos con cribas de varios tamaños (Pasiiecznik et al., 2001). Varios tipos de micro molinos para moler cereales y alimentos de animales también se usan para algarrobas de *P. juliflora* (Kanzaria y Varshney, 1998).

En estudios detallados sobre la molienda y la separación de partes de la algarroba de *P. glandulosa* (Saunders et al., 1986; Meyer, 1984; Meyer et al., 1982), se obtuvieron harina de pulpa, semillas y endocarpios, y se propusieron técnicas para una mayor separación de la semilla en endospermo, cotiledón y epispermo (cáscara). También fue investigada la molienda integral de algarrobas, incluyendo las semillas, para la producción de harinas de alta-proteína y baja-fibra (Del Valle et al., 1987 y 1986).



Figura 5. Molino trillador de martillos, Universidad de Piura, Perú (2014)

En Perú, se construyó un prototipo de molino específicamente para procesar algarrobas de *P. pallida* perfeccionando el diseño de una trilladora de cereal; cuenta con varios martillos fijados a un eje rotativo y cortos martillos montados en una malla metálica (Figura 5). Con este molino de escala piloto se consigue la separación de algarroba en cuatro fracciones y la recuperación de semillas enteras (Grados y Cruz, 1996, 1994). En la Figura 6 se muestra el diagrama de fraccionamiento de los frutos de *P. pallida*.

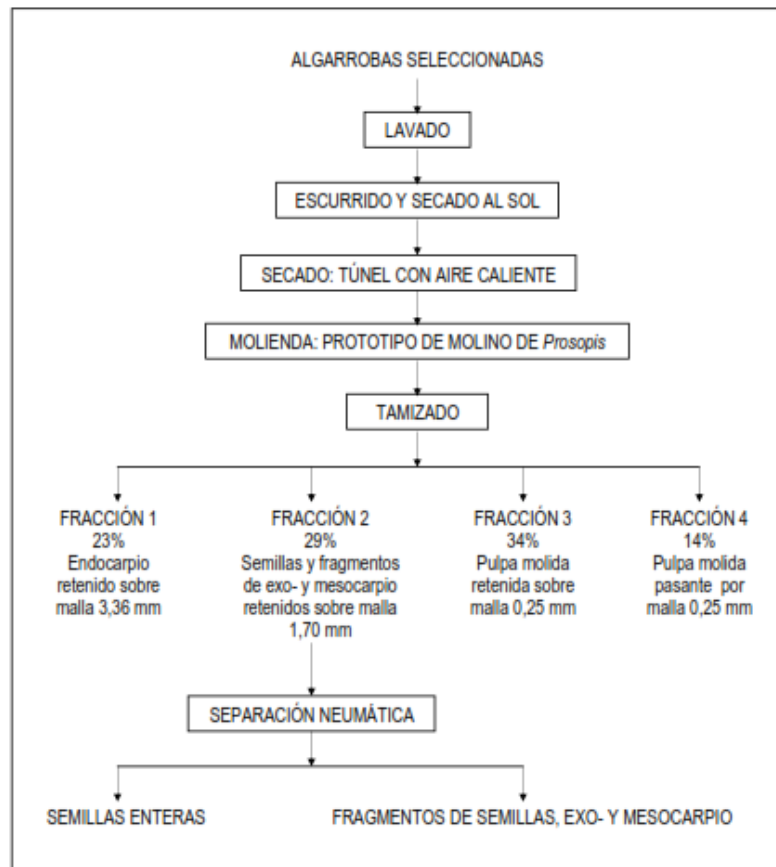


Figura 6. Diagrama de fraccionamiento de frutos de *Prosopis pallida*

1.1.6. Harina de algarroba

1.1.6.1. Definición

Según la Norma Técnica Peruana - NTP 209.602:2007 la harina de algarroba se define como el producto obtenido por molienda de vainas de algarroba (*Prosopis pallida*), sanas, previamente lavadas, de las que se han eliminado el carozo y gran parte de las semillas, y secadas hasta una humedad apropiada que permita la molienda fina, hasta obtener una harina de granulometría establecida.

1.1.6.2. Valor nutritivo y beneficio

Por la alta presencia de azúcares estas harinas son altamente energéticas; se destaca la presencia de fructosa, glucosa y sacarosa; esto hace que sea un alimento energético por excelencia 313 kcal cada 100 g.

En harina su aporte de proteína es significativo sobre todo al mezclarse con harinas, como el maíz u otros cereales.

Las fibras, son abundantes en las harinas de algarrobo, sobre todo en los cernidos gruesos.

Las grasas, si bien aparecen en pequeñas cantidades, son de excelente calidad.

Tabla 4.

Cuadro 1 Análisis Proximal de Harina de Algarroba en base a 100g

Análisis Proximal (%)	Harina de Algarrobo
Energía Kcal	313
Agua	5.60
Proteínas	11
Grasa	3
Fibra cruda	12.5
Cenizas	2.98
Carbohidratos	65
Totales	100.00

Fuente: Prama (2006)

Las grandes cantidades de sales minerales son un aporte valioso a las necesidades de regulación de nuestro organismo sobre todo si se toma la precaución de completar su consumo con algunas frutas o verduras frescas para el aporte de vitamina A y C. Con estas precauciones podemos considerar las harinas de estas leguminosas como alimentos casi completos (Estévez, 2004).

No posee gluten por lo cual es apto para celíacos.

Tabla 5.

Minerales en la Harina de Algarrobo

CONTENIDO DE MINERALES EN LA HARINA DE ALGARROBA	
Calcio	1,4 mg/g.
Hierro	0,07 mg/g
Potasio	0,9 mg/g
Sodio	0,13 mg/g
Zinc	0,015 mg/g

Fuente: Prama (2006)

1.2. El trigo

El trigo (género *Triticum*) es uno de los tres granos más producidos a nivel mundial (junto al arroz y el maíz). Pertenece a la familia de las gramíneas y engloba a un gran número de especies y sub-especies, entre las que se encuentran las mayormente cultivadas por el hombre (*T. durum* y *T. aestivum*).

Quaglia (1991), el trigo es el cereal perteneciente a las gramíneas, siendo el más cultivado del mundo, es el más importante de los cereales debido a su adaptación a terrenos y climas, actualmente se vienen cultivando cerca de 10000 especies del género *Triticum*, pero solo dos de estas presentan interés desde el punto de vista comercial, el *Triticum vulgare* y el *Triticum durum*.

Alcázar (2001), el cultivo del trigo se remonta a lejanos tiempos, ya que en la antigüedad fue un elemento predominante en la alimentación humana, se cultivó particularmente en Persia, Egipto, Grecia y Europa. Actualmente el trigo se cultiva prácticamente en todo el mundo, las variedades cultivadas, son de muy diferente genealogía, al crecer en las más distintas condiciones de suelo y clima producen las características más variables, pero se pueden agrupar en tres variedades distintas principalmente:

- *Triticum vulgare*: utilizada principalmente en la elaboración de pan.
- *Triticum durum*: muy utilizada en la fabricación de pastas.
- *Triticum compactum* o trigo club: generalmente demasiado blando para la panificación ordinaria.

Gálvez (1981), de las gramíneas cultivadas, el trigo es casi único por el gluten que posee en su composición, solamente hay otra harina (cereal) con esta propiedad, pero de ninguna manera en el mismo grado siendo esta el centeno.

En el mundo, el trigo es asociado principalmente con los productos panificados destinados a la alimentación humana (Barberis, 2014), esto es debido a las características únicas (descriptas más adelante) que la harina proveniente del mismo provee para la elaboración de dichos productos.

El cultivo de trigo se puede dar en condiciones climáticas y de suelo bastante diversas (dependiendo de las especies), aunque los mejores rendimientos se obtienen en climas templados con temperaturas entre los 10 y 24°C y con

cantidades de lluvia entre los 400 y 500 mm de agua/ciclo. En la Figura 1.5 se observan las cosechas obtenidas por los productores de trigo más importantes durante las campañas 09/10, 10/11, 11/12 y 12/13 (FAO, 2014). Los principales productores son la Unión Europea, China e India, que en conjunto superan el 53% de la producción mundial. Le siguen en producción EEUU, Rusia, Canadá, Australia y Argentina.

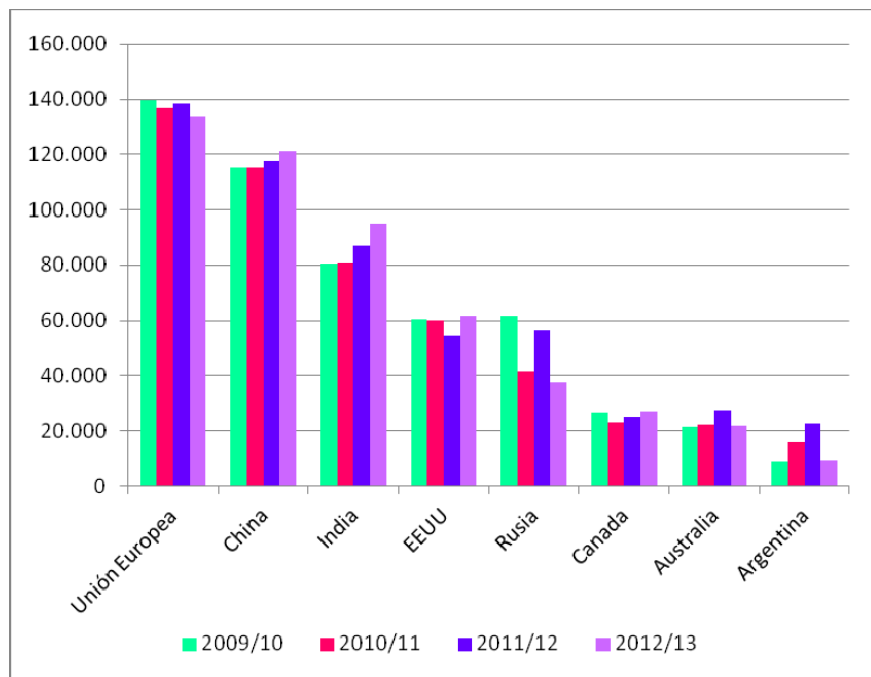


Figura 7. Principales productores mundiales de trigo. Fuente: FAO 2014.

En abril de 2014 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estimó una producción mundial de trigo 2013/14 de 712,52 millones de toneladas, 8,53% superior respecto a la campaña 2012/13. En una nota

informativa publicada en octubre de 2015 la FAO (FAO, 2015) prevé una producción mundial de trigo cercana a los 736 millones de toneladas, superando la producción récord alcanzada en 2014 en unos 3 millones de toneladas. El mismo informe prevé un consumo de 491 millones de toneladas de trigo como alimento durante 2015/2016, dando un consumo anual per cápita de 67Kg. El trigo es el segundo cereal más consumido del mundo, por debajo del maíz que se ha incrementado cerca de un 35% durante los últimos 10 años, según datos de la USDA.

La industrialización del trigo da lugar a dos ramas de productos, los denominados de primera industrialización, entre los que se encuentra la harina, y los de segunda industrialización, tales como los panificados, las galletitas y las pastas.

1.2.1. Clasificación según su fuerza

Calaveras (1996), clasifica de la siguiente manera:

- **Trigos fuertes**, son trigos que tienen la facultad de producir harina para panificación con piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general alto contenido de proteína.

- **Trigos flojos.**- Son aquellos trigos que dan harina con la que solamente se pueden conseguir pequeños panes con miga gruesa y abierta. Se caracterizan por su bajo contenido en proteína. La harina de trigo flojo es ideal para galletas y pastelería, aunque es inadecuada para panificación a menos que se mezcle con harina más fuerte.

Jagnow (1997), glutenina, proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa. Gliadina, proteína responsable de la elasticidad de la masa. La cantidad de gluten presente en una harina es lo que determina que la harina sea "fuerte" o "floja".

1.2.2. Composición química del trigo

Charley (1995), los cereales, así como el trigo son fuentes baratas de energía, proporcionando de 330 a 380 calorías por kilogramo. Los granos íntegros son buena fuente de hierro, tiamina y niacina y fuente moderada de riboflavina. Son buenas fuentes de proteína. Aunque la proteína del grano integral es de mejor calidad que la del endospermo solo, necesita todavía complementarse con las proteínas de la leche, huevo, carne o legumbres. Los trigos integrales son buenas fuentes de celulosa, lo que proporciona volumen al tracto gastrointestinal.

Los cereales refinados producen principalmente energía a partir del almidón y de algo de proteína incompleta.

La composición de la harina de trigo promedio se muestra en la Tabla 6 y como ya se mencionó, cerca del 70% de la harina obtenida se utiliza en la fabricación de pan, siendo las harinas de trigo y en menor grado la de centeno las únicas que resultan panificables. Esta particularidad se debe a las características de las proteínas: gliadinas y gluteninas presentes en el grano. (Lindsay & Skeritt, 1999; Shewry, Popineau, Lafiandra, & Belton, 2001).

Tabla 6.

Composición químico proximal del grano de trigo (por 100g de alimento)

COMPOSICION	CANTIDAD
Agua (g)	14,5
Proteína (g)	8,6
Grasa (g)	1,5
Carbohidrato (g)	73,7
Fibra (g)	3
Ceniza (g)	1,7
Vitamina B1(mg)	0,3
Vitamina B2 (mg)	0,08
Niacina (mg)	2,85

Fuente: Portocarrero (2002)

1.2.3. Molienda del trigo

La harina de trigo es el resultado de la molienda de los granos de trigo (Figura 1.5). El mismo se compone de tres partes fundamentales: el salvado, el germen y el endospermo, representando aproximadamente el 14%, 3% y 83% en peso del grano respectivamente. El salvado está formado por diferentes capas que recubren el endospermo (desde el exterior hacia el interior): epidermis, epicarpio, células transversales, endocarpio, testa, epispermo y capa de

aleurona; y su composición es principalmente fibras celulósicas y hemicelulósicas, cenizas y ácido fítico. El germen del trigo es rico en proteínas, lípidos y vitamina E. El endospermo contiene cerca del 70% de las proteínas del grano, situándose las mismas sobre todo en las partes más externas.

Además, el endospermo contiene la totalidad del almidón del grano.

La harina de trigo se obtiene del endospermo, pero debido a la forma del mismo, que posee un repliegue, es imposible eliminar los tegumentos externos (salvado) por abrasión del mismo. Para poder obtenerla debe realizarse la molturación de los granos, que consta de sucesivas trituraciones y luego separar las diferentes fracciones por tamización y separación por diferencias de densidad. Antes de comenzar con las etapas de molturación se realiza la limpieza y lavado de los granos. Luego se realiza un acondicionamiento de la humedad de los mismos (entre 15 y 17%) para optimizar el proceso de la molienda, logrando una textura dura y elástica para el salvado y blanda para el endospermo, que facilitará la separación posterior entre ellos.

Los granos pasan a través de una serie de rodillos acanalados cada vez más próximos entre sí. El germen se aplana y puede separarse relativamente fácil por tamizado, mientras que para separar el endospermo del salvado la molienda debe repetirse varias veces. De esta forma se logran desprender los trozos de salvado que con la ayuda de tamices y equipos específicos de aspiración de aire son separados debido a poseer menor densidad que los

fragmentos de endospermo. Una vez separado el endospermo se puede reducir su tamaño de partícula con el uso de rodillos lisos si se desea obtener harinas más finas. (Cheftel & Cheftel, 1976).

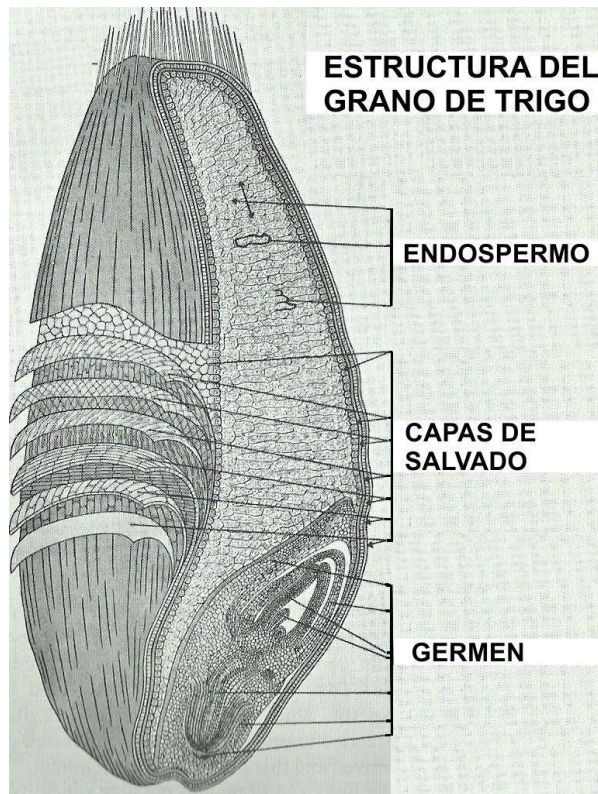


Figura 8. Estructura del grano de trigo. Imagen adaptada de Potter (1968).

El tipo de harina resultante de la molienda y sus posibles aplicaciones serán dependientes de la especie de trigo utilizada. Los granos de “trigo duro” (*T. durum*) presentan mayor facilidad a la molturación, triturándose de una forma más o menos regular, y dan lugar a harinas con una mayor granulometría. Este tipo de harinas son las utilizadas principalmente en la elaboración de pastas.

Por otro lado, a partir de los “trigos blandos” (*T. aestivum*), donde los granos se fracturan en forma más aleatoria e irregular, se obtienen harinas muy finas que se emplean mayormente en productos panificados (Hoseney & Rogers, 1990).

En la Argentina el cultivo de trigo se ha difundido a zonas no tradicionales en la producción del mismo, como son las provincias del Noroeste (NOA) y Noreste (NEA). Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, las principales provincias productoras de trigo (en orden decreciente) son: Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, La Pampa, Entre Ríos y las provincias del NOA y del NEA (Lezcano, 2011).

En nuestro país el consumo de harina de trigo es de aproximadamente 80-90 Kg per cápita y su destino industrial aproximado es: 70% pan tradicional, 8% pastas secas, 2% pastas frescas, 7% galletitas, 3% pan industrial, 10% harina fraccionada (García, 2005).

1.2.4. La harina de trigo

Indecopi, (1984). Es el producto resultante de la molienda del grano limpio de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) con o sin separación parcial de las cascavas. De la molienda del grano de trigo se obtiene harina de diferentes clases como: harina blanca, harina integral, harina morena y sémola.

La designación "Harina" es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de otros granos cereales

menestras, tubérculos y raíces le corresponde la denominación "Harina" seguida del nombre del vegetal que proviene.

En los productos horneados, la harina constituye el ingrediente principal, no solo por la cantidad en que interviene, sino por lo que permite en la estructura final del proceso.

INIA, (1993). En el Perú la harina se emplea mayormente en la industria de panificación, elaboración de pasteles, galletas y fideos. La harina integral se emplea para elaborar algunas clases de pan integral, la harina morena se utiliza para elaborar pan y la harina blanca se emplea en la elaboración de productos como el pan, pasteles y galletas.

1.2.4.1. Clasificación de las harinas de trigo

El Código Alimentario Argentino (CAA) en su Capítulo IX, artículo 661 (Res 167, 26.1.82) define como Harina al producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo y tipifica comercialmente a las harinas. La tipificación de las harinas se basa en 1) el contenido de cenizas determinado a 900-920 °C (calculadas sobre residuo seco), 2) la humedad determinada a 130 °C durante una hora, 3) la absorción farinográfica de agua (cantidad de agua que absorben 100 g de harina) y 4) el volumen de pan que puede obtenerse a partir de 100 g de harina.

En la Tabla 7 se muestran las características requeridas para los diferentes tipos de harinas.

Tabla 7.

Tipificación comercial de las harinas según el CAA

Harina tipo	Humedad g/100 g (máx.)	Cenizas g/100 g (máx.)	Absorción g/100 g	Volumen pan cm ³ (min.)
0000	15,0	0,492	56-62	550
000	15,0	0,65	57-63	520
00	14,7	0,678	58-65	500
0	14,7	0,873	60-67	475
½ 0	14,5	1,350	-	-

1.2.4.2. Componentes principales de la harina de trigo

Los componentes mayoritarios de la harina de trigo son el almidón y las proteínas. Juntos son los principales responsables de las propiedades físicas y químicas de la harina y de los productos obtenidos a base de ella. A continuación, se describen brevemente las características de estos componentes de la harina de trigo.

1.2.4.2.1 Almidón

El almidón es el hidrato de carbono de reserva de la mayoría de los vegetales, entre ellos el trigo. En el grano de trigo se encuentra en las células del endospermo empaquetado en forma de gránulos. Está compuesto por dos polisacáridos de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa, que representa

cerca del 25% del almidón, está formada por residuos de glucosa unidos a través de enlaces α (1- \rightarrow 4) (Figura 8A). Sus cadenas son lineales y presentan una estructura helicoidal, donde los grupos hidroxilo están orientados hacia el exterior, estableciéndose así un ambiente no polar hacia el interior de la hélice en el cual pueden incluirse moléculas tales como los ácidos grasos. La amilopectina (75% restante del almidón) es un polímero altamente ramificado formado por cadenas de residuos de glucosa unidos a través de enlaces α (1- \rightarrow 4), como en la amilosa, conectadas unas a otras a través de enlaces α (1- \rightarrow 6) (Figura 9B).

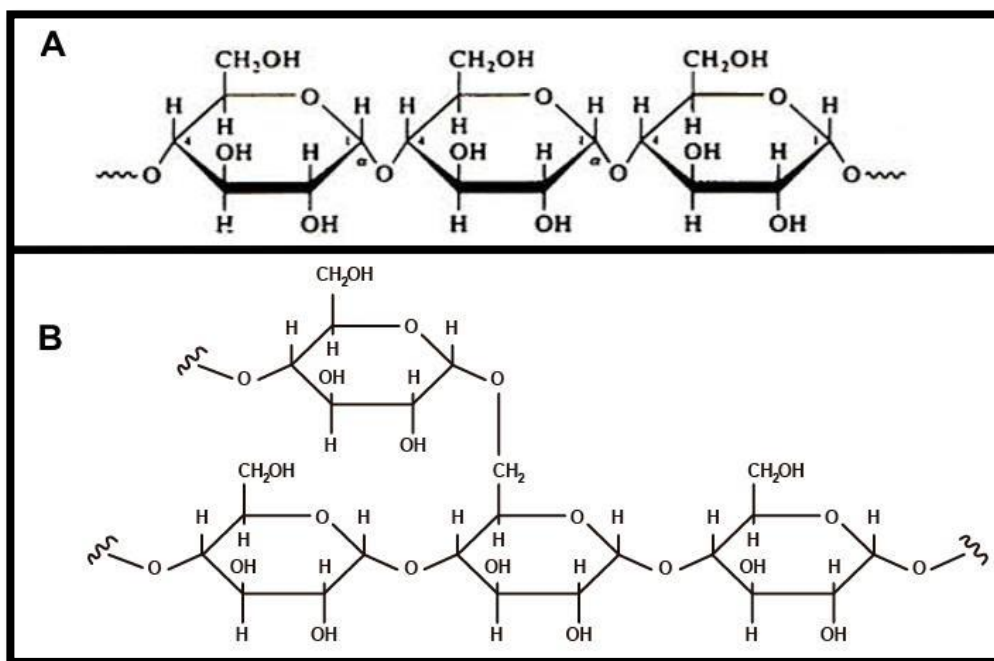


Figura 9. Estructura de A) Amilosa, B) amilopectina

El tamaño de los gránulos de almidón es dependiente de la especie vegetal que se trate, variando notablemente entre tubérculos, raíces y los diferentes cereales. En la harina de trigo se evidencia una distribución bimodal en el tamaño de los gránulos de almidón, los de menor tamaño son esféricos y con diámetros de hasta 10 μm mientras que la población de gránulos de mayor tamaño presenta un tamaño de hasta 20 μm y un aspecto lenticular (Karlsson, Svalov, Olered, & Eliasson, 1983; Moon, Giddings, Moon, & Giddings, 1993). Al observarlos con un microscopio de luz polarizada presentan birrefringencia con la aparición de una cruz de Malta característica, la cual refleja el arreglo radial de las moléculas de almidón en el gránulo alrededor del centro biosintético, el hilum (Jane, 2004). En la Figura 9 se ilustran las zonas amorfas y cristalinas del gránulo de almidón y el arreglo radial de las cadenas de amilopectina.

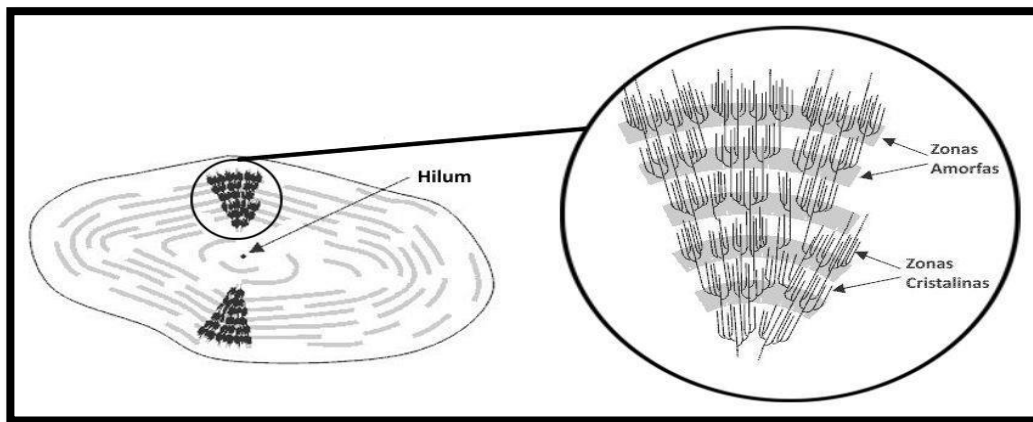


Figura 10. El gránulo de trigo y la disposición de las cadenas de amilopectina que dan lugar a las zonas amorfas y cristalinas.

La cristalinidad de los gránulos está fundamentalmente ligada a la amilopectina. Las zonas cristalinas del gránulo corresponden a aquellas donde las cadenas poco ramificadas de amilopectina se organizan de forma paralela unas con otras, estabilizadas por puentes de hidrógeno. Por otro lado, las zonas amorfas del gránulo son aquellas donde predominan las ramificaciones de la amilopectina que impiden una estructuración de las cadenas. En este caso las interacciones de puente hidrógeno resultan más débiles debido a la mayor distancia entre las cadenas. Este hecho explica por qué la gelatinización del almidón comienza en las zonas amorfas del gránulo, como se discute más adelante.

Cuando se prepara una suspensión de almidón en agua los gránulos absorben parte de la misma y son capaces de incrementar su tamaño entre 10 y 30% (Dengate, 1984). Al calentar la suspensión de almidón se produce la gelatinización del mismo. El proceso comienza en las zonas amorfas (vítreas) de los gránulos (por absorción de agua y pasaje al estado gomoso) y continúa en las zonas cristalinas, el incremento de temperatura debilita los puentes de hidrógeno que mantienen unidas las cadenas de amilopectina y se pierde la birrefringencia de los gránulos debido a la pérdida de la estructuración. El tamaño de los gránulos se incrementa, parte de la amilosa es lixiviada al medio y se incrementa la viscosidad del sistema.

Al analizar la gelatinización del almidón en una suspensión (exceso de agua) por calorimetría diferencial de barrido (DSC) se puede observar una endoterma cuya temperatura de pico y amplitud térmica depende de la procedencia del almidón. Para el caso del almidón de trigo la endoterma puede encontrarse aproximadamente entre 50 y 80 °C. Analizando la gelatinización por DSC pero con restricción de la cantidad de agua se produce un incremento en la amplitud térmica de la endoterma y un desdoblamiento del pico (Ghiasi, Hosene, & Varriano-Marston, 1982). Una continuidad del calentamiento (o la aplicación de un esfuerzo de cizalla) provoca un incremento en la ruptura de los gránulos y una mayor salida de amilosa al medio.

Cuando se enfría el almidón gelatinizado se produce la gelificación de la amilosa que rodea los gránulos. Con el paso del tiempo se produce la retrogradación del almidón, que involucra una cristalización tanto de la amilosa como de la amilopectina. Durante las primeras horas se produce la retrogradación de las moléculas lineales de amilosa, mientras que el proceso lleva de días a semanas para el caso de la amilopectina que se encuentra alojada dentro los gránulos gelatinizados.

Durante el amasado de la harina de trigo con agua, el almidón absorbe cerca del 40% del agua agregada (Stauffer, 1998) y actuaría como relleno en la matriz de la masa contribuyendo a aumentar su viscoelasticidad. Lindahl & Eliasson (1986) propusieron la existencia de interacciones entre el almidón y las

proteínas del gluten y que las mismas se producen a través de una interacción superficial entre el gránulo y las gliadinas y gluteninas que constituyen el gluten. Tolstoguzov (1997) por otra parte, ha propuesto que en la masa coexisten dos fases, y que el almidón y las proteínas del gluten se encontrarían formando parte de una de ellas.

El proceso de horneado de una masa de trigo provoca una gelatinización del almidón en un entorno de limitación de agua. La gelatinización contribuye al volumen de pan y a la estabilización de la estructura de la miga (Eliasson, 2003). Durante el almacenamiento, el almidón retrograda y provoca, junto con otros procesos, el endurecimiento de la miga de pan (Pateras, 1998).

1.2.4.2.2 Proteínas del gluten

Desde el punto de vista de la funcionalidad de las proteínas, se pueden distinguir dos grupos de proteínas de trigo:

- **Proteínas no formadoras de gluten:** representan entre un 15-20% del total de las proteínas del trigo (según clasificación de Osborne son las albúminas y globulinas). En su mayoría son proteínas monoméricas, estructurales o fisiológicamente activas (enzimas).

- **Proteínas formadoras de gluten:** son las proteínas de reserva del grano de trigo y constituyen entre el 80 y el 85% de las proteínas totales. Como gluten se

designa a la red formada por gluteninas y gliadinas hidratadas durante el amasado.

La fracción de gluteninas comprende agregados proteicos que se mantienen unidos por puentes disulfuro y fuerzas no covalentes intermoleculares, y cuya masa molecular varía entre 500.000 y más de 10 millones de Da (Wieser, 2007). Cuando las gluteninas son tratadas con una solución de dodecil sulfato de sodio (SDS) más un agente reductor, como el β -mercaptoetanol, se obtienen dos grupos de proteínas: las subunidades de bajo peso molecular (LMW-GT) y las subunidades de alto peso molecular (HMW-GT) (Wieser, 2000). Las subunidades LMW-GT poseen la habilidad de formar puentes disulfuro que permiten su incorporación dentro de los polímeros de gluteninas. En general, estas proteínas se relacionan con la resistencia y la elasticidad de la masa (Metakovskii, Wrigley, Bekes, & Gupta, 1990; Cornish, Bekes, Allen, & Martin, 2001). Shewry et al. (2001) presentaron un modelo estructural de HMW-GT, basado en datos espectroscópicos, donde muestran a las subunidades de gluteninas de alta masa molecular como moléculas alargadas que poseen una estructura β -espiral repetitiva en la región central, mientras que los dominios N- y C-terminal poseen una estructura similar a las proteínas globulares, presentando α -hélices y estructura desordenada. En los dominios terminales se encuentran la mayoría de los residuos de cisteína que proveen de los sitios para la formación de puentes disulfuro intermoleculares. A las gluteninas, sobre

todo a las HMW-GT, se les asigna la capacidad de conferir a la masa las propiedades visco elásticas, debido a la repetición de las estructuras tipo giro- β .

Las gliadinas son un grupo altamente polimórfico de proteínas monoméricas con un bajo nivel de aminoácidos cargados. Poseen una masa molecular que varía entre los 30.000 y 80.000 Da. Las gliadinas interaccionan con las gluteninas a través de enlaces no covalentes y son las responsables de las características extensibles de la red de gluten. La Figura 10 muestra un esquema de la estructura del gluten presentado por Shewry et al. (2001), en el cual las gluteninas de alta masa molecular forman la columna vertebral del polímero, y se encuentran unidas entre sí a través de puentes disulfuro intermoleculares ubicados en los extremos. La columna vertebral de HMW-GT sirve de base para que se unan a ella las subunidades de bajo peso molecular (LMW-GT) mediante puentes disulfuro en los puntos de ramificación. Las gliadinas, consideradas tradicionalmente por contribuir a la viscosidad del gluten, interactúan principalmente con los polímeros de gluteninas mediante interacciones no covalentes. En el dominio central de las HMW-GT ocurren interacciones puentes de hidrógeno probablemente entre las amidas de los residuos de glutamina. Estas interacciones son muy importantes porque contribuyen a la viscoelasticidad de la masa (Ewart, 1989; Jeffrey & Saenger, 1994; Belton, 1999).

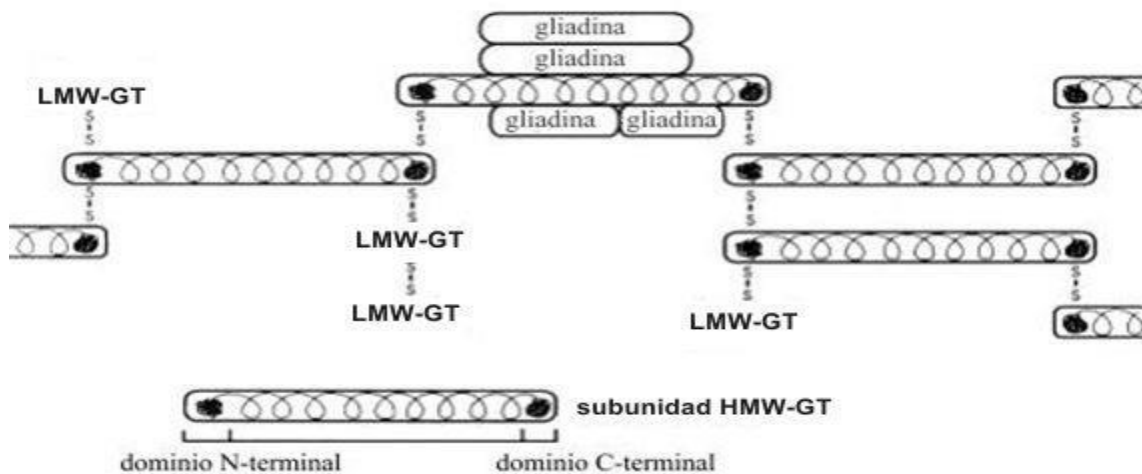


Figura 11. Esquema de la estructura de la matriz de gluten. Imagen adaptada de Shewry et al. (2001).

1.2.5. Otras harinas

1.2.5.1. Harinas sucedáneas

Indecopi, (1976). Las harinas sucedáneas de la harina de trigo es el producto obtenido de la molienda de los cereales, tubérculos, raíces. Leguminosas y otros que reúnan características apropiadas para ser utilizadas en el consumo humano.

1.2.5.2. Harinas compuestas

Indecopi (1976), es el producto obtenido de la mezcla de dos o más harinas sucedáneas o de estas con harina de trigo.

Se han realizado trabajos de investigación en panificación utilizando papa, camote, yuca, maíz, soya como sustitución parcial del trigo. Todos ellos tratan

de encontrar el nivel óptimo de sustitución de harinas de trigo por las harinas sucedáneas. Estos sustitutos generalmente siguen las pautas de la Asociación de Químicos Cerealistas (AA. C. C.).

1.2.5.3. Harinas industriales en el Perú

El mercado de harinas industriales se estima en 693,000 toneladas anuales. No incluye la harina utilizada para la elaboración de harinas domésticas, fideos o galletas. En este mercado, Alicorp es líder con una participación de 56.4% a abril del 2009. Dentro de este mercado Alicorp comercializa 5 marcas: 2 a nivel Nacional Nicolini (Premium utilizada para todo tipo de procesos y productos) y Blanca Nieve (marca económica de gran rendimiento) y 3 marcas - regionales Santa Rosa (Especialista en Pan Francés), Victoria (Especialista en panes del Sur) e Inca (Marca líder del Norte, comercializada por Molinera Inca S.A.).

La principal materia prima de la industria es el trigo, que se importa principalmente de Argentina, Canadá y Estados Unidos y en los últimos años se han efectuado algunas importaciones de países europeos. La competencia en esta categoría es Regional, y sus principales competidores son Cogorno S.A., Molitalia S.A., Anita Food S.A. y Don Ángel S.A. <http://dany-alicorpdany.b/ogspot.com/2009>

1.3. Panetón

Indecopi (1981). Es el producto elaborado de consistencia blanda, de sabor dulce obtenido por amasamiento y cocimiento de masas fermentadas,

preparadas con harina con una o más de los siguientes elementos: levadura, leudante, leche, fécula, huevo, sal, azúcar, agua potable, mantequilla, grasas comestibles y otros aditivos permitidos. Se considera comprendido en la definición de bizcocho el panetón.

1.3.1. Clasificación de los bizcochos

Indecopi (1981), clasifica al biscocho en:

- **Simple.** - Cuando se presentan sin ningún agregado especial en su masa como el chancay y el pan de dulce.
- **Rellenos.** - Cuando tienen un núcleo de relleno apropiado o agregado de frutas secas o confitadas como el panetón.
- **Revestidos.** - Son los bizcochos simples a los que se les ha dado un revestimiento a base de miel, jarabe, azúcar en polvo, chocolate y cremas.

Tabla 8.

Composición químico proximal del panteón popular

COMPOSICION	CANTIDAD
Agua (g)	20,3
Proteína (g)	7
Grasa (g)	8,4
Carbohidrato (g)	63,1
Fibra (g)	0,4
Ceniza (g)	1,2

Fuente: Bejarano, et, al. (2002).

El panetón (en milanés panetún o panetton) es un bollo con pasas tradicional de Navidad en Milán (Italia). Un dulce milanés con forma de cúpula hecho con harina, levadura, huevos, mantequilla, azúcar, pasas y fruta confitada. Con su típica forma de cúpula y una altura de unos 12 a 15 cm, se sirve en rebanadas verticales, acompañado de vinos dulces como el vino moscatel, e incluso con vinos con más cuerpo o bebidas calientes como la chocolatada en el desayuno o como postre al final del almuerzo. En algunos países se sirve tostado, y se unta con salsas y mermeladas o se recubre o rellena con cremas.

1.3.2. Historia del panetón

Los orígenes de este particular dulce son muy antiguos, al parecer los antiguos Romanos fueron los primeros que lo disfrutaron endulzándolo con miel.

A lo largo del tiempo este delicioso "pan alto con levadura y frutas " se hace presente en varias ocasiones: en una pintura de 1500 del Brueghel el Viejo, en un libro de recetas Bartolomeo Scappi, cocinero personal de los Papas y emperadores en los tiempos de Carlos V. en donde se encuentra esta receta la cual era considerada muy especial.

Una leyenda de Milán de 1400 atribuye la invención del dulce al noble Ughetto Atellani propietario de un horno para la producción del pan: dicen que un aprendiz de nombre Toni que trabajaba con él, para mejorar un dulce que se producía en ese horno usó todo lo que encontró en la tienda, inventando el panetón (que empezó a llamarse pane di Toni).

El que habla por primera vez del panetón como dulce navideño milanés fue el escritor iluminista Pietro Verri, que lo elogia en pleno 1700, llamándolo pane di toni (pan Grande). Pero se debe a la industria el hecho de que el Panetón se haya vuelto el dulce de Navidad de todos los italianos y ahora famoso en todo el mundo. En los años 1950 dos empresarios milaneses Angelo Motta y Gino Alemagna, lanzaron en toda Italia y en todo el mundo el panetón, dulce típico de Navidad. (<http://Mercadointernoperuano.Biogspot.com/2010/12/Paneton-Consumo-en-Peru-!!ega-19QQQ.html>).

1.3.3. Consumo de panetón en el Perú

Perú es uno de los países donde más se consume este producto. Las empresas esperan que con una mayor inversión publicitaria y una calculada y esmerada presentación en bolsa van a impulsar mayores ventas para el mercado de panetones. Francois Marchand, gerente de Confitería Nestlé Perú, prevé un crecimiento interesante de la categoría. Este es un buen indicador para un mercado que, por la coyuntura económica, el año 2007 se tuvo un retroceso de 1% frente al 2008. Pese a ello D'onofrio mostró un crecimiento en su participación de mercado, alcanzando el 40%. "En particular, panetones D'onofrio espera llegar por encima del crecimiento de la categoría, manteniendo así su liderazgo", remarcó Marchand. Actualmente el mercado de panetones en el Perú asciende a las 19.000 toneladas, lo que lo convierte en uno de los países donde más se consume este producto: la tasa de penetración llega al

92%. Explicó que en el interior del país se concentra el 50% del consumo, "aunque la preferencia de marcas varía significativamente en las principales ciudades". En ese sentido, el ejecutivo indicó que la recordación de las marcas de Nestlé cada vez es más fuerte y tiene tres de las seis más recordadas: D'onofrio, Motta y Buon Natale. Un logro para la empresa de capitales holandeses que se enfrenta a más de 100 marcas en el mercado.

<http://Mercadointemperuano.Biogspot.com/2010/12/Paneton-Consumo-en-Peru-llega-19000.html>

El estudio "Hábitos y costumbres del consumo de panetón en Lima Metropolitana", publicado en el mes de diciembre de 2013 por la carrera de mercadeo de la Universidad San Ignacio de Loyola (USIL), indicó que el consumo de este dulce en las familias limeñas ha variado.

Las marcas "blancas" (que se venden en los supermercados) empiezan a ganar terreno frente a las tradicionales, porque son percibidas como productos de calidad al tener el respaldo de supermercados conocidos, así como por sus precios más accesibles.

Sin embargo, los tradicionales, como D'Onofrio, Todinno y Gloria, ocupan los tres primeros lugares en ser recordados, pero marcas nuevas como Metro y Tottus, por el nombre de los supermercados, ocupan el cuarto y quinto lugar respectivamente, según el estudio.

El informe revela que el consumo de este tradicional pan dulce ha dejado de ser patrimonio exclusivo de la época navideña, ya que el 32 % de las familias limeñas lo come también durante las fiestas de la Independencia nacional (28 y 29 de julio) y el 6 % de las mesas peruanas lo tiene en cualquier momento del año.

1.3.4. Proceso de elaboración de panetones

Los ingredientes básicos para la elaboración de panetón son: harina de trigo, levadura, agua, azúcar, mantequilla y/o grasa vegetal, huevos, leche, sal, pasas y fruta confitada. Además, especias (anís, cascara de naranja etc.), preservantes, acidulante, colorantes, emulsificantes, lecitina, antioxidantes, etc.

Para elaborar el panetón primero se hace una mezcla de harina, agua y levadura que se prepara un día antes y se deja reposar en un ambiente frío para evitar la sobre fermentación. Después esta mezcla con el resto de ingredientes (sin frutas ni pasas) se lleva a una amasadora donde se le da punto a la masa (no se pega a las paredes de la amasadora ni a las manos).

Cuando la masa está a punto se agregan las pasas y fruta confitada y se vuelve a mezclar para distribuir uniformemente. Se deja reposar la masa hasta que el volumen Aumente al doble, luego se divide en masas de aproximadamente un kilo, se bolea, da forma y se introduce en el molde para luego ser fermentado hasta que su volumen sea ligeramente superior al del molde. Finalmente se

introduce al horno durante 30 a 40 minutos, de donde se obtiene finalmente el producto.

Según Quispe, 2012, el proceso de elaboración de panetones consta de las siguientes operaciones:

1.3.4.1. Recepción de la materia prima

Se recibe la materia prima, se realiza la inspección visual y organoléptica cuando corresponda, se anotan la fecha, lotes, cantidades, tipos y proveedores como así también observaciones correspondientes al estado general de conservación de las mismas.

1.3.4.2. Mezclado

Se procede a hacer una mezcla uniforme con todos los ingredientes más el agua, a excepción de las frutas cristalizadas y frutos secos, luego se revuelve hasta que se transforme en una pasta suave.

1.3.4.3. Amasado

Como se menciona anteriormente el objetivo de esta parte es obtener una masa suave a velocidad media durante aproximadamente 10 - 15 minutos. Verificar que la masa posea la red de gluten formada, esto es a lo que se llama una masa con propiedades de elásticas. Antes de terminar el amasado y obtener las

características deseadas en la masa, permitir que la amasadora revuelva las frutas confitadas, luego de esto podrá darse por terminado este paso.

1.3.4.4. Reposo

Son aproximadamente 5 minutos que la masa necesita de un reposo adecuado, con esto se consigue una susceptibilidad a que la masa sea modelada y más maleable al hecho de que se obtiene un gluten con mejores propiedades, ya que en este proceso se infla lo suficiente para una mejor manipulación de la misma.

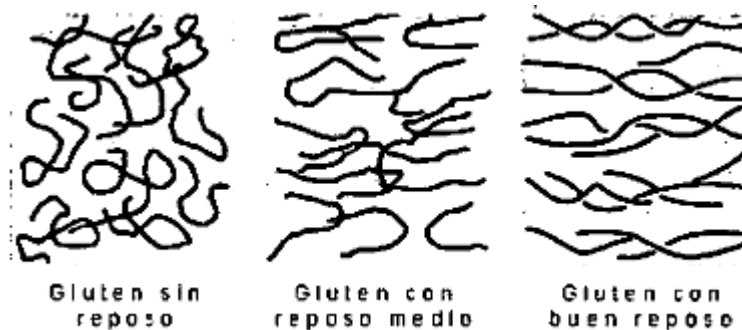


Figura 12. Reposo del gluten

Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec>

Como se aprecia en la primera Imagen, el gluten se encuentra disperso en todos lados sin un enlace predeterminado. Si usamos las masas inmediatamente, tendrá un difícil trabajo y se complicaría o malograría las masas. Al observar la tercera imagen se distingue que el gluten se encuentra estirado, es decir, tuvo tiempo de formar enlaces entre la glutenina, gliadina y el agua. En palabras simples se logra a que se relaje la elasticidad de la masa al pasar el tiempo.

1.3.4.5. Modelado

En este paso lo que se hace es dividir la masa en fragmentos adecuados, aproximadamente 600 gramos, los cuales son pesados en una balanza. Es importante que la temperatura de la masa se mantenga dentro del rango de 20 a 25 °C. El modelado de la masa se lo hace realizando movimientos circulares en la masa de tal forma que generamos una bola no pegajosa de masa. Este proceso dura aproximadamente entre 10 minutos.

1.3.4.6. Moldeado

En este paso lo único que se realiza es el colocar la masa antes modelada en unos pirotines característicos del Panetón para luego hacerlos fermentar dentro de ellos.

1.3.4.7. Fermentación

Como es de conocimiento la fermentación es el mecanismo indispensable para la fabricación del pan, este proceso es anaeróbico, por lo que se obtienen mejores resultados si se posee una cámara especial de fermentación, con una temperatura ideal entre 26 a 27 °C, en donde se coloca el pan con una alta humedad para permitir que la masa no se reseque demasiado, y crear un ambiente adecuado de desarrollo para la levadura, en donde degradara el azúcar a ácido pirúvico, y este mismo se convierte luego en CO_2 y etanol. El dióxido de carbono formara burbujas, que serán atrapadas por el gluten del trigo que causa que el pan se levante. Debido a la rapidez con que se fermenta el pan, se requieren apenas pocas cantidades de alcohol, cuya mayoría se evapora durante el proceso de levitación.

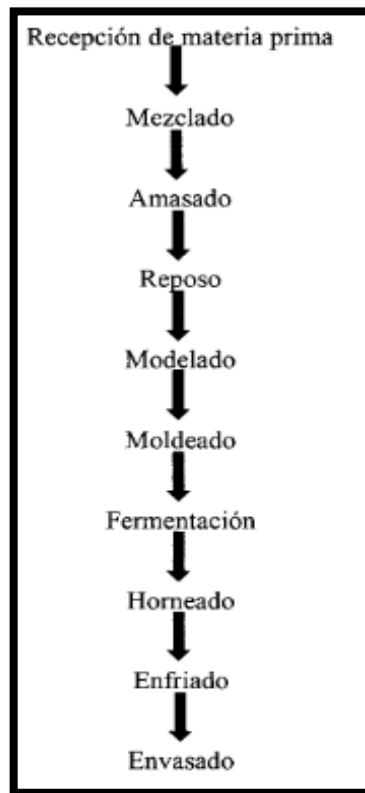


Figura 13. Operaciones en la elaboración de panetones

Fuente: Benavides, 2011.

1.3.4.8. Horneado

Se realiza a 125 °C durante aproximadamente 60 minutos. En este proceso dará su última hinchada, y dependerá de cuánto tiempo lo hayamos dejado reposar para que el sabor del Panetón sea ácido o dulce. De habernos excedido en el tiempo de fermentación el panetón sabrá ácido.

1.3.4.9. Enfriamiento

La temperatura rápida de enfriamiento que se recomienda es de aproximadamente 20 °C. Esta temperatura es la adecuada para a su vez evitar el ahilamiento producido por "Bacillus Subtilis" o "Bacillus Mesentericus"

1.3.4.10. Envasado

En este proceso solo corresponde a empaquetar el panetón en su mayoría de veces en fundas de propietileno o en caja. Es aquí donde se coloca la fecha de vencimiento y lote de producción.

CAPÍTULO II

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Lugar de ejecución de la investigación

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo- Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias (FIQIA), en los Laboratorios de: Tecnología de los alimentos, Control de Calidad de Alimentos, Físico-química y Química Orgánica, en el ambiente de Unidad de Producción (Panificadora Industrial) de la FIQIA.

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población

La población estuvo constituida por la harina de algarroba producida por la empresa agroindustrial Muchik, ubicada en el sector de Pomac III – Provincia de Ferreñafe – Región Lambayeque.

2.2.2 Muestra

Constituida por 20 kg. de harina de algarroba adquirida en la empresa agroindustrial Muchik, ubicada en el sector de Pomac III – Provincia de Ferreñafe – Región Lambayeque.

2.3 Materiales prima e insumos

2.3.1 Materia prima

- Harina de trigo especial Nicolini

2.3.2 Insumos

- Levadura instantánea “Fleischmann”
- Azúcar Blanca (Casagrande) $C_6H_{12}O_{11}$
- Gluten (Vital trigo)
- Yema de huevo líquido (Calera)
- Sal de mesa (Marina) NaCl
- Leche en polvo (Anchor)
- Antimoho (Fieshman)
- Emulsificante mejorador (Mixo)
- Manteca vegetal (Tropical)
- Margarina vegetal (Primavera)
- Esencia paneton (Montana)
- Agua (H_2O)
- Aceite (Cil)
- Pasas (Santis Frut)
- Fruta confitada (Sta Maria .Milan)

2.4 Materiales, reactivos y equipos

2.4.1 Materiales de vidrio

- Crisol
- Buretas de 25 ml
- Desecador
- Fiolas de 250 ml
- Matraz de Erlenmeyer de 250 ml
- Probetas de 50, 100 y 1000 ml
- Varilla de agitación
- Vasos de vidrio de 100 y 250 ml.

2.4.2 Materiales de metal

- Soporte universal
- Trípode
- Bandejas
- Espátulas

2.4.3 Materiales de plástico

- Bolsas de polipropileno
- Bolsas de polietileno
- Jarras medidoras de 250 ml
- Platos descartables

2.4.4 Otros materiales

- Agua mineral
- Amarres (Alámbricas para alimentos) de 100 unidades
- Bandejas
- Pabilo
- Papel filtro
- Pirotines de 100g (Coesa) contenido por paquete 100 unidades

2.4.5 Reactivos

- Acetona
- Ácido clorhídrico comercial 1N
- Ácido sulfúrico
- Agua destilada
- Etanol 95%
- Éter de petróleo
- Fenolftaleína solución alcohólica 1%
- Hidróxido de sodio 0,1N
- Indicador de nitrógeno
- Tiosulfato de sodio 5 H₂O Q.P.
- Otros reactivos usados en los análisis fisicoquímicos

2.4.6 Equipos

- Agitador termomagnético
- Amasadora (Nova), potencia 3hp, capacidad 25kg
- Baño de agua termostatzado THELCO
- Balanza analítica con precisión de 0.01g BH-300 EXCELL
- Cámara Fermentadora (Echiso) capacidad 10kg, potencia 0.3KW
- Cocina eléctrica
- Equipo de titulación
- Equipo Soxhlet
- Estufa de precisión THELCO MODEL 18
- Hidrómetro digital (Hanna Instrumentos) Procedencia Alemana
- Horno industrial rotativo NOVA
- pHmetro
- Mufla a 525 °C

2.5 Variables

2.5.1 Variable independiente

- Harina de algarroba

2.5.2 Variable dependiente

- Características fisicoquímicas de harina de algarroba
- Características sensoriales de harina de algarroba
-

2.5.3 Operacionalidad de variables

Tabla 9.

Operacionalización de las variables, dimensiones, indicadores e índices

Variable	Dimensiones	Indicadores	Índices
Independiente	Harina de algarroba	Contenido de cada harina en el producto	%
Dependiente	Análisis fisicoquímicos	Humedad Ceniza Proteína Grasa Acidez Fibra	%
	Evaluación sensorial de las muestras en estudio	Sabor Aroma Color Olor	Puntaje para cada Atributo

Fuente: Elaboración propia (2018)

2.6 Métodos de análisis

2.6.1 Análisis físico químico

Los análisis fisicoquímicos de las harinas (humedad, ceniza, proteínas, grasas, fibra y acidez), se realizaron con tres repeticiones, empleando las normas descritas en el Cuadro 2, así como las fórmulas para su cálculo. Para el panetón optimizado se realizó la comparación con el pan patrón, con la finalidad de determinar su diferencia fisicoquímica.

Cuadro 2. Tipo de análisis fisicoquímicos de las harinas de trigo, algarroba y panetón optimizado.

Análisis fisicoquímico de harina y pan optimizado	Fórmula	Norma
Humedad	$\%HUMEDAD = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100$	AOAC 925.10, 18th Ed. AOAC 935.36, 18th Ed
Ceniza	$\%CENIZAS = \frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1} \times 100$	NTP 205.004:1979 AOAC 935.39, 18th Ed.
Proteínas	$\%N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$ $\%PROTEINA = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times FACTOR}{m \times 1000}$ <p>V= 50 ml H₂SO₄ 0.1 N - gasto NaOH 0.1 N o gasto de HCl 0.1 N</p> <p>m= masa de muestra, en gramos</p>	NTP 205.005:1979 AOAC 984.13, 18th Ed
Grasa	$\%GRASA\ CRUDA = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$ <p>m = peso de la muestra</p> <p>m₁ = tara de matraz solo</p> <p>m₂ = peso matraz con grasa</p>	NTP 205.006:1980
Acidez	$\%ACIDEZ\ (como\ acido\ sulfurico) = \frac{V_s - N_s}{Pm} \times 4.9$	NTP 205.039. 1975 NTP 206.008. 1976
Fibra	$\%Fibra = \left(\frac{P_2 - P_3}{P_1} \right) \times 100$ <p>P1= peso de la muestra (g)</p> <p>P2= peso de la muestra insoluble (g)</p> <p>P3= peso de las cenizas</p>	NTP 205.003:1980 reemplazada por la NTP 205.003:2016

Fuente: Elaboración propia (2018)

2.6.2 Análisis microbiológico

Los métodos de análisis microbiológicos para caracterizar las materias primas y evaluar el producto final durante el almacenamiento de muestras en el cuadro 3

Cuadro 3. Métodos de análisis microbiológicos

Análisis	Método	Nombre del método
Materia prima		
Determinación de Salmonella	ICMSF (1983)	Diluciones sucesivas-NMP/100ml
Recuento de mohos	ICMSF (1983)	Cultivo directo en placa: Determinación de crecimiento Micelial (Mohos)
Determinación de Escherichia coli	984.13 AOAC (2005)	Diluciones sucesivas-NMP/100ml
Panetón		
Numeración de Mohos	ICMSF (1983)	Microscopia 40x, 100x, 400x

Fuente: Lab. de Microbiología- Facultad de Ciencias Biológicas- UNPRG (2018)

2.6.3 Análisis sensorial

Se efectuará teniendo en cuenta los atributos de Sabor, Olor, Color y Textura, para lo cual se utilizará una escala hedónica de 9 puntos (me gusta muchísimo – me disgusta muchísimo), los que serán evaluados por panelistas semi entrenados (Anzaldúa, 1994).

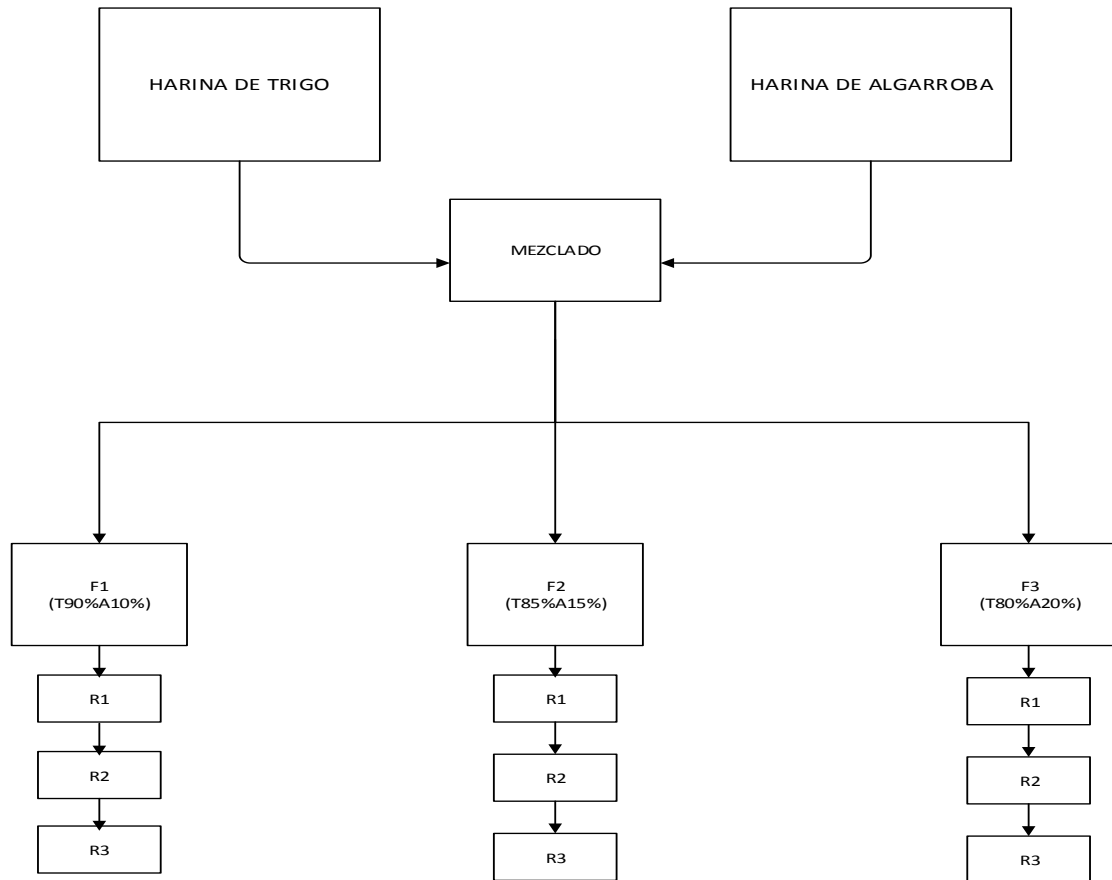
Escala Hedónica de nueve puntos

Descripción	Valor
Me gusta muchísimo	9
Me gusta mucho	8
Me gusta bastante	7
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta ni me disgusta	5
Me disgusta ligeramente	4
Me disgusta bastante	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta muchísimo	1

2.6.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico está dado por la formulación de supuestos teóricos (hipótesis), con los que se podrá hacer inferencias o conclusiones sobre una población de alimentos, y que serán comprobados a partir de los resultados del tratamiento estadístico (ANOVA con un nivel de confianza del 95% con el software estadístico SPSS) de los datos obtenidos del análisis sensorial de la muestra que la represente; tratamiento aplicado en base a un adecuado diseño experimental que asegure la confiabilidad de los datos y sus resultados (Ureña, 1999).

2.7 Diseño experimental



Donde:

- F1 : Formulación 1 (90% de harina de trigo y 10% de harina de algarroba)
 F2 : Formulación 2 (85% de harina de trigo y 15% de harina de algarroba)
 F3 : Formulación 3 (80% de harina de trigo y 20% de harina de algarroba)
 R1, R2, R3 : Repeticiones en cada formulación

Figura 14. Esquema experimental de los tratamientos para la formulación del panetón

Fuente: Elaboración propia (2018)

2.8 Proceso productivo para la elaboración del panetón

2.8.1 Recepción de la materia prima e insumos

Esta operación se realizó con la finalidad de verificar las materias primas e insumos utilizados para la elaboración del panetón experimental que son básicamente harina de trigo y harina de algarroba, insumos como: manteca, leche en polvo, leudantes, etc. estos fueron adquiridos y recepcionados previa verificación en las condiciones requeridas.

2.8.2 Primera dosificación o pesado

Esta operación se realizó con la finalidad de saber la cantidad exacta de la harina panetonera y harina sucedánea, elegidas de acuerdo al diseño experimental presentado en la figura 13. Cantidades requeridas para la formulación considerando como base de cálculo 5kg de mezcla de harinas para lo cual se hizo uso de una balanza analítica de 5kg de capacidad, esta etapa es muy importante para obtener una uniformidad de la composición del producto final.

2.8.3 Primer mezclado

Esta operación consistió en adicionar la harina panetonera, harina de algarroba, con los insumos como la levadura (400g), mejorador (30g), gluten (100g), manteca (400g), agua (1 000g), azúcar blanca (360g) y azúcar invertida (400g) en una mezcladora.

2.8.4 Primer amasado

Esta operación es una etapa clave y decisoria en la calidad del panetón. influye tanto en el tipo de amasadora como la velocidad, duración y la capacidad de ocupación de la misma, esta operación se hizo en primera velocidad. Durante esta operación, los componentes de la harina (almidón, proteínas, grasas, cenizas y enzimas), pierden su individualidad y junto con los demás ingredientes, van a dotar a la masa características plásticas, fuerza y equilibrio. La mezcla se realizó a baja velocidad y no fue demasiado larga por ello se amaso por 15min y la temperatura de la masa fue de 19°C.

En la operación de mezclado y amasado se observó un aumento de temperatura de la masa, causada principalmente por el calor producido de la hidratación de la harina al iniciar la absorción de agua y por el calor generado por la fricción de la masa durante el amasado.

Nota: Para alcanzar la temperatura deseada; la forma más fácil de regular la temperatura del agua, es con hielo o agua caliente, según corresponda.

2.8.5 Primer fermentado

Para hacer levar (leudado), la masa se adicionó levadura fresca, posteriormente se dejó reposar la masa durante 80min a una temperatura de 33°C en recipientes (limpio y desinfectado) en una cámara de fermentación. Esto permitió que la masa se relaje, facilitando una mejor división y armado.

La fermentación del panetón ocurre en diversas etapas: La denominada fermentación primaria empieza a ocurrir justamente tras el amasado y se deja la masa en forma de bola introducida en un recipiente para que repose a una temperatura adecuada de 33°C. Durante esta espera la masa adquiere mayor tamaño debido a que la levadura libera dióxido de carbono (CO_2) durante su etapa de metabolismo: la masa fermenta. La masa parece que se va inflando a medida que avanza el tiempo de reposo. La temperatura de la masa durante esta fase del proceso es muy importante debido a que la actividad metabólica de las levaduras es máxima a los 33°C, pero de la misma forma a esta temperatura se produce CO_2 a mayor ritmo, pero al mismo tiempo también malos olores. Es por esta razón por la que la mayoría de los libros de panadería sugieren emplear temperaturas inferiores, rondando los 29°C lo que supone un reposo de aproximadamente dos horas.

La temperatura gobierna este proceso de fermentación, a mayor temperatura menor tiempo de reposo. A veces algunos panaderos desean que las levaduras actúen durante el mayor tiempo que sea posible ya que este periodo dilatado con un mayor aroma y sabor al pan. En algunos casos se hace uso de frigorífico.

El final de la fermentación primaria lo indica el volumen de la masa que debe doblar el volumen, la red de gluten se estira hasta llegar a un límite que no puede sobrepasar. Una de las pruebas más populares para comprobar que se

ha llegado al límite es presionar la masa con un dedo, y se comprueba que la marca permanece entonces se deduce que el gluten se ha estirado hasta su límite. En algunos casos se comprueba que una larga fermentación (y por lo tanto reposo) hace que el resultado final del pan sea agradable. Es por esta razón por la que los panaderos empezaron a experimentar con la posibilidad de dividir los procesos en dos turnos de trabajo: por el día mezclaban, amasaban y moldeaban la masa, por la mañana temprano hacían el horneado. Para poder hacer esto introducían los panes moldeados en refrigeradores con el objeto de retrasar la fermentación y poder hacer el horneado por la mañana.

Las levaduras se tardan casi diez veces más tiempo en fermentar si están en el refrigerador, esta práctica de retardo es muy habitual hoy en día.

2.8.6 Segunda recepción

Esta operación se realizó con la finalidad de verificar las materias primas e insumos utilizados para la elaboración del panetón experimental que son básicamente harinas de cereales como: harina de trigo, harina de quinua y harina de kiwicha; estos fueron adquiridos y recepcionados previa verificación de las condiciones requeridas, de igual manera los insumos como: antimoho, leche en polvo gluten y mejorador, que fueron adquiridos y recepcionados previa verificación.

2.8.7 Segundo dosificado y pesado

Esta operación se realizó con la finalidad de saber la cantidad exacta de la harina panetonera y harina de algarroba, seleccionadas de acuerdo al cómputo químico del aminoácido limitante indicando las cantidades requeridas para la formulación considerando como base de cálculo 5kg de mezcla de harinas para lo cual se hará uso de una balanza analítica de 5kg de capacidad, esta etapa es muy importante para obtener una uniformidad de la composición del producto final.

2.8.8 Mezclado en seco

Este mezclado se realizó en un recipiente ajeno a la amasadora esta mezcla es denominada técnicamente como una mezcla seca. Este se realizó manualmente para luego pasar al segundo mezclado y batido que seguidamente se menciona.

2.8.9 Segundo mezclado y batido

En un primer momento de esta operación se mezcló yema de huevo (600g), azúcar blanca (1200g), sal (50g) y se realizó un breve mezclado adicionando la masa esponja (resultado del reposo de la masa), en el amasador.

En segundo lugar, se mezcló en un recipiente ajeno al amasador harinas sucedáneas, antimoho (0.30g), leche en polvo (100g), gluten (140g) y mejorador (3g) a esto se denomina mezcla seca. La cual fue adicionado en el

amasador que consta de la mezcla yema de huevo, azúcar, sal y masa esponja, seguidamente a esta mezcla se adicionó la escancia (20.25g) y por ultimo fruta confitada (1100g) y pasas (1100g) y se bate la masa obtenida del segundo mezclado, a la cual se le añadió de manera continua los insumos restantes como la margarina (700g), emulsificante (200g), esencia, fruta confitada y pasa.

2.8.10 Segundo amasado

Esta operación es una etapa clave y decisoria en la calidad del panetón influye tanto en el tipo de amasadora como la velocidad, duración y la capacidad de ocupación de la misma, esta operación se hizo en primera velocidad durante 19 minutos Los componentes de la harina (almidón, proteínas, grasas, cenizas y enzimas), pierden su individualidad.

2.8.11 Cortado y pesado

Esta operación consistió en trozar la masa de panetón en forma homogénea la cual se realizó manualmente con una cuchilla o raspa.

En esta operación después de haber sido cortado la masa para panetón se procede a un pesado de 1000 g de masa para poder obtener panetones de igual peso en una balanza analítica.

2.8.12 Boleado

Seguidamente se procedió a la operación de someter a presión contra una superficie rígida la masa fermentada con la finalidad de obtener una pieza compacta y fina. También llamado entornado, y consiste en formar piezas aproximadamente esféricas. Al cortar los panetones éstos tienen forma irregular y superficies de corte pegajoso, a través de las cuales el gas puede escaparse fácilmente, a mano se cierran las superficies, dando a los panetones un exterior liso y "seco", y además una "corteza" relativamente lisa y continúa alrededor del panetón. También se consigue la reorientación de la estructura del gluten al dar la forma de esfera, que además será de más fácil manejo en las operaciones siguientes.

Antes de llevar a cabo el boleado es necesario dejar que los panetones reposen durante un cierto tiempo, no muy largo, en el que la masa sigue fermentando, y por lo tanto aumentando su grado de madurez.

Nota: Si el reposo ha sido excesivo, el boleado es flojo.

2.8.13 Moldeado

Esta operación consistió en obtener panetones con la forma cilíndrica de la masa boleada obtenida de la etapa anterior, para pasar a la etapa de moldeado que se realizó manualmente utilizando moldes llamado pirotines, los cuales fueron codificados previamente en el que se introduce la masa a presión en los

moldes, para luego ser colocados en bandejas y estos en la porta bandejas y pasar a la siguiente operación.

2.8.14 Segundo fermentado

Esta operación se realizó para que las levaduras degraden los azúcares contenidos en la harina en gas carbónico y el alcohol, acompañados de ácidos.

Durante esta operación la masa adquiere mayor tamaño debido a que la levadura libera dióxido de carbono (CO_2) durante su etapa de metabolismo; se dice en este caso que la masa fermentada no es un elemento líquido sino elástico e impermeable, la masa se va inflando a medida que pasa el tiempo de reposo 1 00 minutos, la temperatura de la masa durante esta fase del proceso fue de 33°C esto en la cámara de fermentación. Tras el reposo se produce una segunda fermentación; antes de que ésta ocurra se le suele dar a la masa su forma definitiva bolo. Hay panaderos que vuelven a dar un ligero amasado antes de proporcionar la forma definitiva, con el objetivo de elongar las burbujas de gas en la masa. Esta segunda fermentación es previa al horneado. A veces se introducen cortes con un cuchillo en la superficie de la masa para que queden formas agradables a la vista al mismo tiempo que sea más fácil partir tras el horneado.

Nota: En la fermentación se oreo la masa y se da un corte a la masa fermentada con una cuchilla muy filuda por la parte superior en forma de aspa, esto para que la masa no reviente al momento del horneado (facultativo).

2.8.15 Horneado

Operación que consiste en someter el producto a un tratamiento térmico logrando una cocción homogénea. Los coches son colocados en el interior del horno y sometidas a las temperaturas de 180°C. Esta operación se trabajó en un horno rotatorio automático que nos permite programar las temperaturas de estudio a un tiempo constante 19 minutos en el horno, el calor pasa al alimento por radiaciones desde las paredes por convección del aire circundante y por conducción a través de la bandeja sobre la que descansa.

El objetivo del horneado fue en alterar las características organolépticas del Panetón con el objetivo de mejorar su palatabilidad y de ampliar la variedad de sabores, y textura del panetón.

El horneado se realizó con elevada temperatura para "desactivar" las levaduras, pero la aireación que hinchó la masa tras la fermentación permaneció. Desde el punto de vista reológico el horneado convirtió una masa visco elástica en un panetón elástico y cocido.

2.8.16 Enfriado

Esta etapa consiste en lograr que los panetones pierdan calor hasta alcanzar la temperatura de 25°C. Las bandejas fueron trasladados al área de enfriamiento, en esta área existe ventiladores que ayuda al enfriamiento de los panetones; el tiempo aproximado que se empleará para que enfríe los panetones es de 6

horas, al finalizar esta etapa las bandejas que contienen los panetones fríos fueron retiradas de los coches para ser trasladadas al área de selección y envasado.

Nota: El proceso de enfriamiento es igual a un proceso de maduración, porque el olor al igual que el sabor se concentran mejor al cabo de los 15 días de horneado, las frutas confitadas como las pasa pasan por un proceso de osmosis y son más suaves.

2.8.17 Embolsado

Después del enfriado se pasa a empacar los panetones en bolsas de polietileno especiales para panetones los cuales son sellados con un amarre de acero cubierto con plástico para alimentos, teniendo un peso de 1000g cada paquete de panetón aproximadamente.

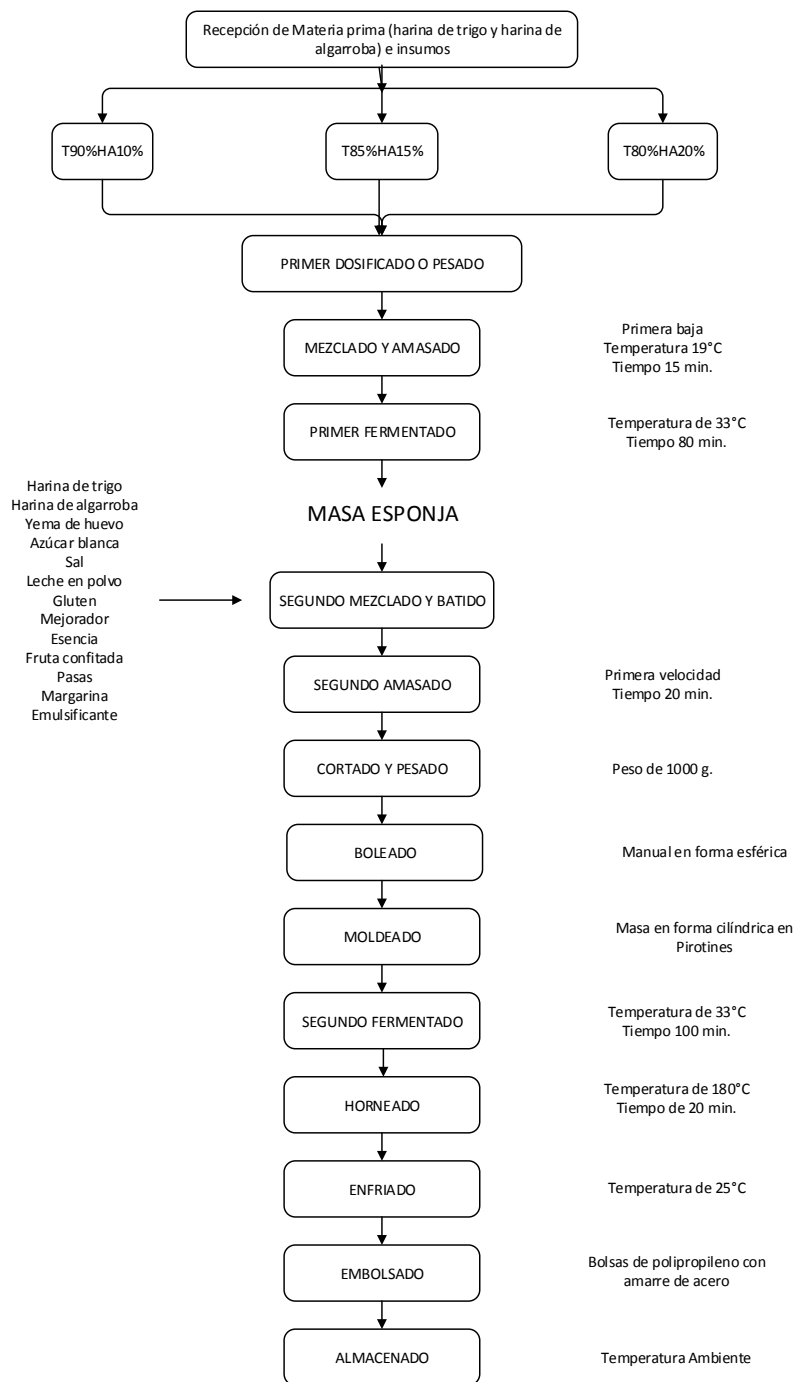


Figura 15. Proceso de elaboración de panetón de algarroba

Fuente: Elaboración propia (2018)

CAPÍTULO III

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Después de haber realizado la metodología descrita y basados en los datos de información recopilados se llegó a los siguientes resultados:

3.1 Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las materias primas

3.1.1 Características fisicoquímicas

Tabla 10.

Resultado de Análisis físico químico de las harinas de trigo y algarroba

Análisis	Harina de trigo panetonera	Harina de algarroba
Humedad, %	12	7.9
Proteína Total (N*6,25), %	11	12.2
Grasa, %	1.7	1.8
Fibra cruda, %	1.3	17.6
Ceniza, %	0.4	3.9
Extrac. libre de nitróg. %	74.9	74.2

Nota: Elaboración propia (2018)

Los resultados que se obtuvieron del Análisis Fisicoquímico de la harina de algarroba y la harina panetonera, en comparación con los resultados bibliográficos la harina panetonera (Tabla 10) y la harina de trigo convencional reportado por Ministerio de Salud. (2002), se puede apreciar que la harina panetonera tiene mayor contenido de proteína ($11.0 > 10.20$), así mismo la harina panetonera tiene mayor contenido de grasa ($1.7 > 1.1$) y finalmente podemos indicar que la harina panetonera no supera en carbohidratos a la harina de trigo convencional ($74.9 < 76.3$).

3.1.2 Análisis microbiológico

En la tabla 11 se muestran los resultados del análisis microbiológico de las harinas empleadas como materias primas antes de la formulación del panetón. Se puede observar que las harinas presentaron un número de bacterias aerobias viables totales y hongos en niveles aceptables y dentro de los límites permisibles según Norma Técnica Sanitaria N° 071 MINSA/DIGESA V-01 (2008).

Cabe resaltar que este análisis se realizó el mismo día de la experimentación de los tratamientos.

Tabla 11.

Análisis microbiológicos de las materias primas

Determinaciones	Harinas		Dato referencial (*)
	Harina de trigo panetonera	Harina de algarroba	
<i>Escherichia coli</i>	< 10 ufc/g.	< 10 ufc/g.	<10 ²
Mohos	1.7 x 10 ² ufc/g.	2.2 x 10 ² ufc/g.	< 10 ⁵
<i>Salmonella</i>	Ausencia ufc/25g.	Ausencia ufc/25g.	Ausencia ufc/25g.

Nota: Elaboración propia (2018)

(*) Norma Técnica Sanitaria N° 071 MINSA/DIGESA V-01 (2008)

3.2 Evaluación de los tratamientos

3.2.1 Evaluación sensorial

Los resultados de la evaluación organoléptica de las formulaciones para la formulación del panetón fueron analizados estadísticamente obteniéndose los resultados que se detallan a continuación:

3.2.1.1 Olor

Las hipótesis que se probaron fueron:

Ho: No existe diferencia entre tratamientos

H1: Existe diferencia entre algunos tratamientos.

Nivel significancia de

Primero comprobaremos la homogeneidad de varianza

Donde

Ho: No existe diferencia entre las varianzas

H1: Existe diferencia entre las varianzas

Tabla 12.
Homogeneidad de varianza para atributo olor

Prueba de homogeneidad de varianzas			
OLOR DE PANETÓN			
Estadístico de	df1	df2	Sig.
Levene			
,868	2	81	,424

Nota: Elaboración propia (2018)

La tabla 12 que contiene el estadístico de Levene nos permite contrastar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales. Donde observamos que el nivel crítico (sig.) es mayor que 0,05, debemos aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas.

Tabla 13.
Análisis de ANOVA para atributo olor

ANOVA					
OLOR DE PANETÓN					
	Suma de	Gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Entre grupos	,167	2	,083	,105	,900
Dentro de grupos	64,071	81	,791		
Total	64,238	83			

Nota: Elaboración propia (2018)

Regla de decisión

Si el valor p (Sig.) es mayor que α , entonces no se rechaza Ho.

Conclusión: Como el nivel de significancia es mayor que el 5%, entonces se acepta H_0 por lo tanto se concluye que el factor (formulación) no influye en la variable dependiente (olor), es decir, los distintos niveles del factor se comportan de igual forma en lo que a la variable dependiente se refiere.



Figura 16. Comparación de medias para atributo olor de panetón de algarroba, Elaboración propia (2018)

3.2.1.2 Sabor

Las hipótesis que se probaron fueron:

H_0 : No existe diferencia entre tratamientos

H_1 : Existe diferencia entre algunos tratamientos.

Nivel significancia de

Primero comprobaremos la homogeneidad de varianza

Donde

H_0 : No existe diferencia entre las varianzas

H_1 : Existe diferencia entre las varianzas

Tabla 14.

Homogeneidad de varianza para atributo sabor

Prueba de homogeneidad de varianzas

SABOR DE PANETÓN			
Estadístico de	df1	df2	Sig.
Levene			
,32	2	81	,969

Nota: Elaboración propia (2018)

La tabla 14 que contiene el estadístico de Levene nos permite contrastar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales. Donde observamos que el nivel crítico (sig.) es mayor que 0,05, debemos aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas.

Tabla 15.

Análisis de ANOVA para atributo sabor

ANOVA

SABOR DE PANETÓN					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,214	2	1,107	1,081	,344
Dentro de grupos	82,929	81	1,024		
Total	85,143	83			

Nota: Elaboración propia (2018)

Regla de decisión

Si el valor p (Sig.) es mayor que α , entonces no se rechaza H_0 .

Conclusión: Como el nivel de significancia es mayor que el 5%, entonces se acepta H_0 por lo tanto se concluye que el factor (formulación) no influye en la

variable dependiente (sabor), es decir, los distintos niveles del factor se comportan de igual forma en lo que a la variable dependiente se refiere.



Figura 17. Comparación de medias para atributo olor de panetón de algarroba.

Elaboración propia (2018)

3.2.1.3 Color

Las hipótesis que se probaron fueron:

Ho: No existe diferencia entre tratamientos

H1: Existe diferencia entre algunos tratamientos.

Nivel significancia de

Primero comprobaremos la homogeneidad de varianza

Donde

Ho: No existe diferencia entre las varianzas

H1: Existe diferencia entre las varianzas

Tabla 16.
Homogeneidad de varianza para atributo color

Prueba de homogeneidad de varianzas			
COLOR DE PANETÓN			
Estadístico de	df1	df2	Sig.
Levene			
1,743	2	81	,182

Nota: Elaboración propia (2018)

La tabla 16 que contiene el estadístico de Levene nos permite contrastar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales. Donde observamos que el nivel crítico (sig.) es mayor que 0,05, debemos aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas.

Tabla 17.
Análisis de ANOVA para atributo color

ANOVA					
COLOR DE PANETÓN					
	Suma de	Gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Entre grupos	9,452	2	4,726	6,793	0,002
Dentro de grupos	56,357	81	0,696		
Total	65,810	83			

Nota: Elaboración propia (2018)

Regla de decisión

Si el valor p (Sig.) es menor que α , entonces se rechaza H_0 .

Conclusión: Como el nivel de significancia es menor que el 5%, entonces se rechaza H_0 por lo tanto se concluye que el factor (formulación) influye en la variable dependiente (color), es decir, los distintos niveles del factor producen distintos efectos en el sabor del panetón. Quiere esto decir que habrá que estudiar entre qué niveles se den esas diferencias significativas.

Tabla 18.***Prueba de comparaciones múltiples para atributo color***

Variable dependiente: COLOR DE PANETÓN

HSD Tukey

(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
90%HT10%HA	85%HT15%HA	,393	,223	,189	-,14	,93
	80%HT20%HA	,821*	,223	,001	,29	1,35
85%HT15%HA	90%HT10%HA	-,393	,223	,189	-,93	,14
	80%HT20%HA	,429	,223	,139	-,10	,96
80%HT20%HA	90%HT10%HA	-,821*	,223	,001	-1,35	-,29
	85%HT15%HA	-,429	,223	,139	-,96	,10

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Elaboración propia (2018)

En este caso hay que interpretar la columna de significación, si esta es menor o igual que 0,05, por lo que se observa en la tabla 18 que las diferencias entre las formulaciones 90%HT10%HA y 80%HT20%HA son significativas

Tabla 19.***Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos homogéneos*****COLOR DE PANETÓN**

HSD Tukey ^a			
Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80%HT20%HA	28	6,96	
85%HT15%HA	28	7,39	7,39
90%HT10%HA	28		7,79
Sig.		,139	,189

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 28.000.

Nota: Elaboración propia (2018)

Como resultado de la comparación de medias podemos observar que existen diferencias entre los tres tratamientos aplicados, siendo 90%HT10%HA la mejor formulación.

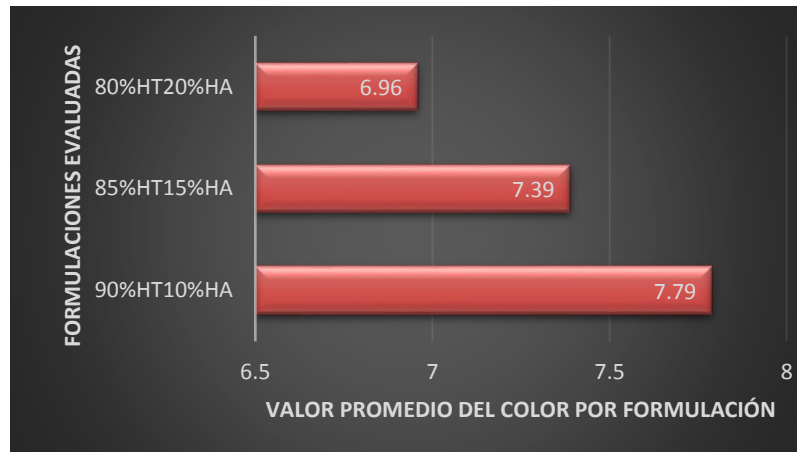


Figura 18. Comparación de medias para atributo color de panetón de algarroba.
Elaboración propia (2017)

3.2.1.4 Textura

Las hipótesis que se probaron fueron:

Ho: No existe diferencia entre tratamientos

H1: Existe diferencia entre algunos tratamientos.

Nivel significancia de

Primero comprobaremos la homogeneidad de varianza

Donde

Ho: No existe diferencia entre las varianzas

H1: Existe diferencia entre las varianzas

Tabla 20.***Homogeneidad de varianza para atributo Textura***

Prueba de homogeneidad de varianzas			
TEXTURA DE PANETÓN			
Estadístico de	df1	df2	Sig.
Levene			
2,314	2	81	0,105

Nota: Elaboración propia (2018)

La tabla 19 que contiene el estadístico de Levene nos permite contrastar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales. Donde observamos que el nivel crítico (sig.) es mayor que 0,05, debemos aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas.

Tabla 21.***Análisis de ANOVA para atributo color***

ANOVA					
TEXTURA DE PANETÓN					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Entre grupos	6,452	2	3,226	4,392	0,015
Dentro de grupos	59,500	81	0,735		
Total	65,952	83			

Nota: Elaboración propia (2018)

Regla de decisión

Si el valor p (Sig.) es menor que α , entonces se rechaza H_0 .

Conclusión: Como el nivel de significancia es menor que el 5%, entonces se rechaza H_0 por lo tanto se concluye que el factor (formulación) influye en la variable dependiente (Textura), es decir, los distintos niveles del factor

producen distintos efectos en la textura del panetón. Quiere esto decir que habrá que estudiar entre qué niveles se den esas diferencias significativas.

Tabla 22.

Pruebas de post hoc para las medias del atributo textura

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: TEXTURA DE PANETÓN						
HSD Tukey						
(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
90%HT10%HA	85%HT15%HA	,357	,229	,269	-,19	,90
	80%HT20%HA	,679*	,229	,011	,13	1,23
85%HT15%HA	90%HT10%HA	-,357	,229	,269	-,90	,19
	80%HT20%HA	,321	,229	,344	-,23	,87
80%HT20%HA	90%HT10%HA	-,679*	,229	,011	-1,23	-,13
	85%HT15%HA	-,321	,229	,344	-,87	,23

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Elaboración propia (2018)

En este caso hay que interpretar la columna de significación, si esta es menor o igual que 0,05, por lo que se observa en la tabla 21 que las diferencias entre las formulaciones 90%HT10%HA y 80%HT20%HA son significativas.

Tabla 23.

Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos homogéneos

TEXTURA DE PANETÓN			
HSD Tukey ^a			
Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80%HT20%HA	28	6,64	
85%HT15%HA	28	6,96	6,96
90%HT10%HA	28		7,32
Sig.		,344	0,269

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 28,000.

Nota: Elaboración propia (2018)

Como resultado de la comparación de medias podemos observar que existen diferencias entre los tres tratamientos aplicados, siendo 90%HT10%HA la mejor formulación.



Figura 19. Comparación de medias para atributo textura de panetón de algarroba.
Elaboración propia (2017)

Analizando los resultados estadísticos de la evaluación sensorial se puede observar que el mejor tratamiento para los parámetros: Textura y color es la

formulación 90%HT10%HA, la misma que si bien en los atributos sabor y olor no muestra diferencias significativas con las otras formulaciones si presenta los mejores promedios tal como se observa en la tabla 23.

Tabla 24.

Comparación de los atributos sensoriales evaluados en cada formulación

Evaluación		Tratamientos		
		(Valores promedios)		
		FORMULACIÓN 90%HT10%HA	FORMULACIÓN 85%HT15%HA	FORMULACIÓN 80%HT20%HA
Sensorial	Olor	7,25	7,21	7,32
	Sabor	7,5	7,25	7,11
	Color	7,79	7,39	6,96
	Textura	7,32	6,96	6,64
	PROMEDIO	7,47	7,20	7,0

Nota: Elaboración propia (2017)

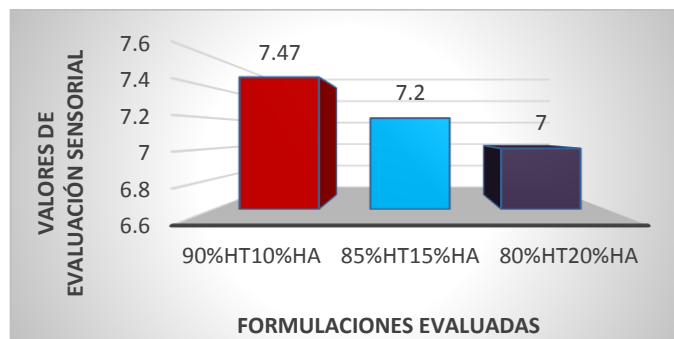


Figura 20. Comparación de medias de evaluación sensorial, Elaboración propia (2018)

3.2.2 Evaluación fisicoquímica de los tratamientos

En la Tabla 24 se puede diferenciar claramente la composición química de cada formulación evaluada, donde se puede apreciar que cada una presenta bondades que se resaltan en las figuras 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26.

Tabla 25.

Comparación de composición fisicoquímica de las formulaciones

COMPONENTE	FORMULACIONES		
	90%HT10%HA	85%HT15%HA	80%HT20%HA
Humedad, %	24.1	23.65	22.7
Proteína Total (N*6,25), %	6.38	7.18	7.58
Grasa, %	12.6	14	14.5
Fibra cruda, %	0.5	0.6	0.65
Ceniza, %	0.26	0.39	0.41
Extrac. libre de nitróg. %	56.66	54.78	54.81
Acidez, %	0.196	0.196	0.204
Energía, kcal	365.56	373.84	380.06

Nota: Elaboración propia (2018)

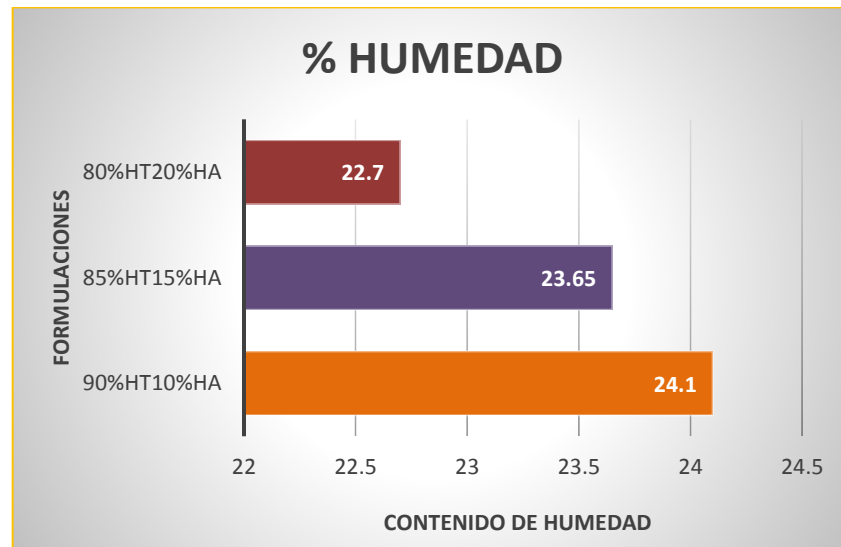


Figura 21. Contenido de humedad en cada formulación, Elaboración propia (2018)

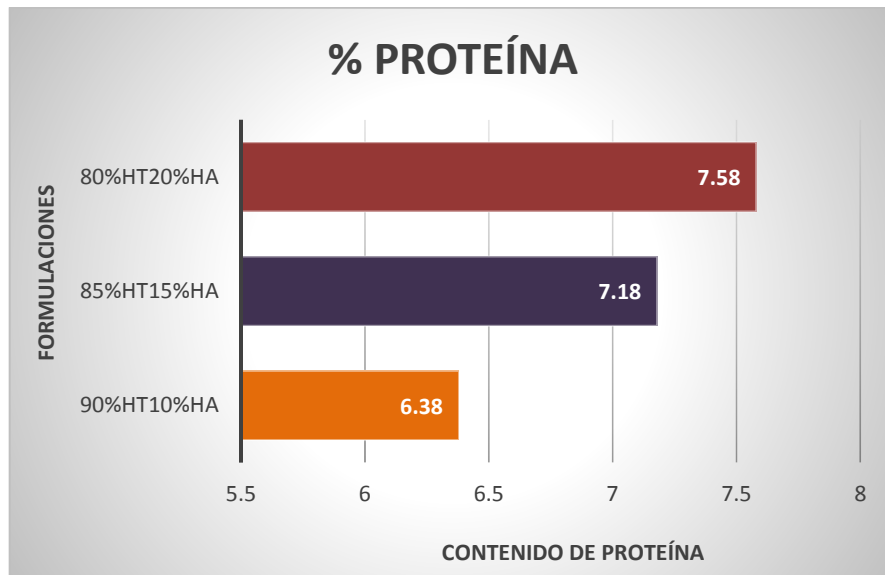


Figura 22. Contenido de proteína en cada formulación, Elaboración propia (2018)

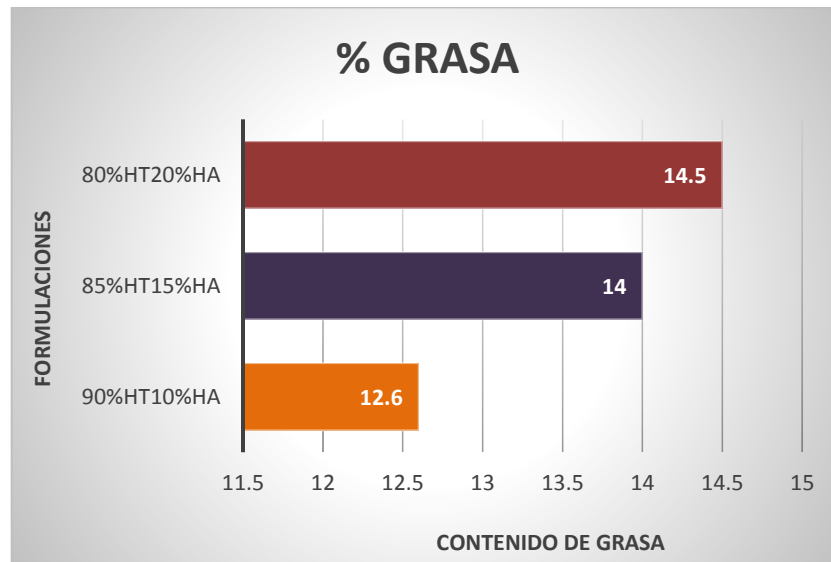


Figura 23. Contenido de grasa en cada formulación, Elaboración propia (2018)

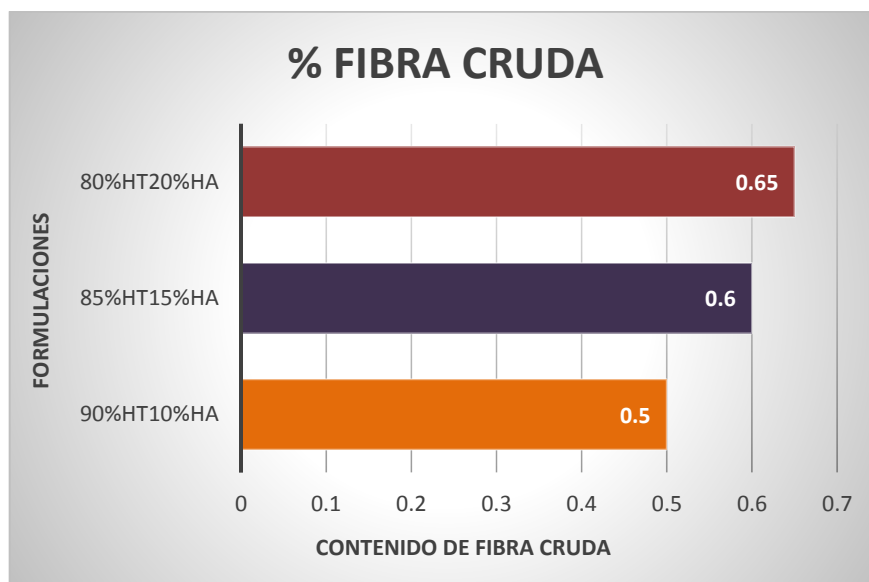


Figura 24. Contenido de fibra cruda en cada formulación, Elaboración propia (2018)

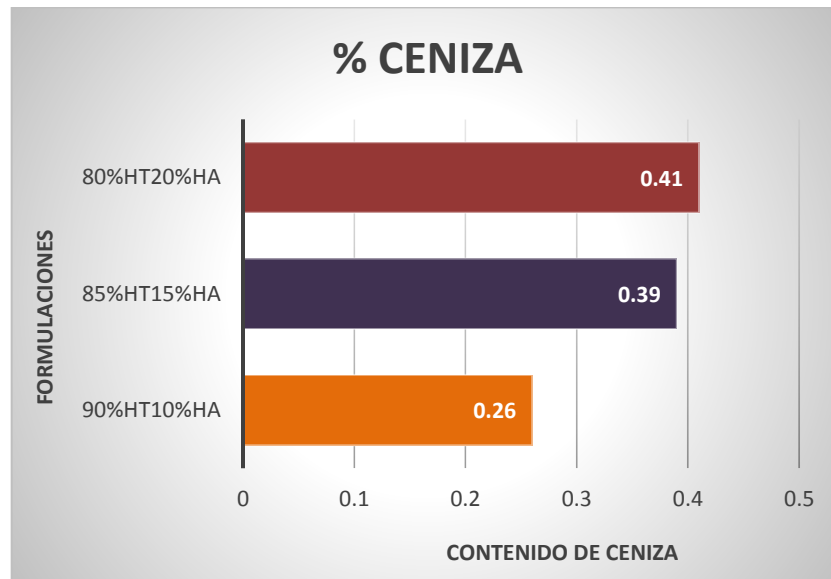


Figura 25. Contenido de ceniza en cada formulación, Elaboración propia (2018)

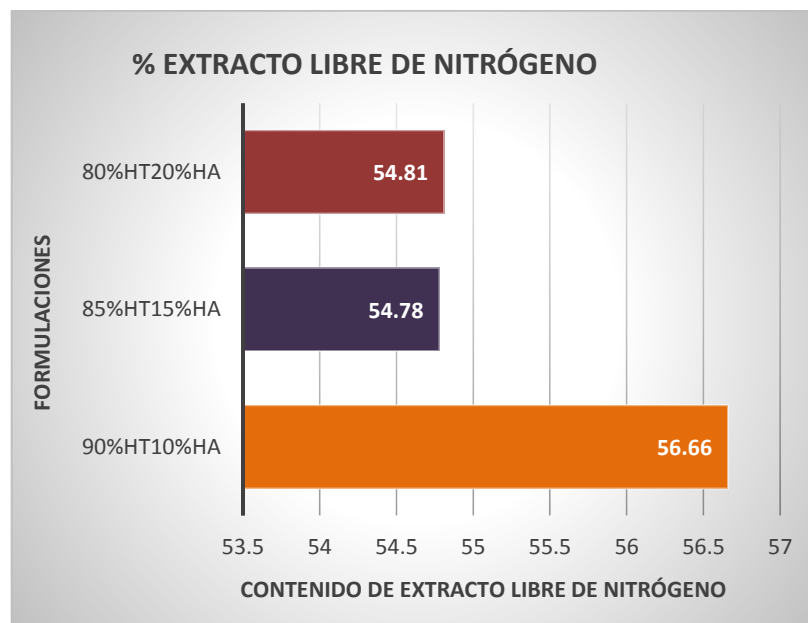


Figura 26. Contenido de carbohidratos en cada formulación, Elaboración propia (2018)

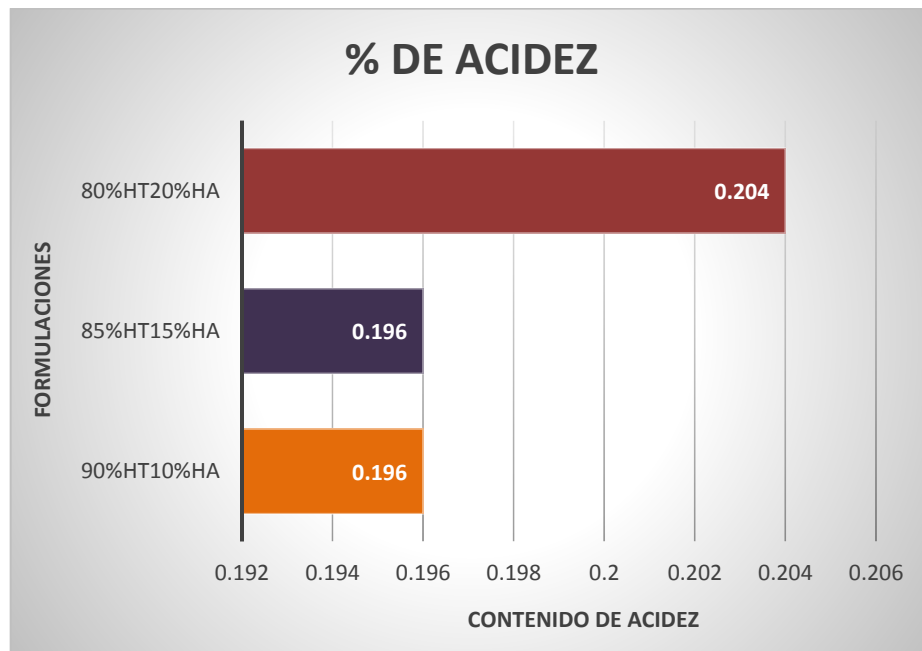


Figura 27. Contenido de acidez en cada formulación, Elaboración propia (2018)

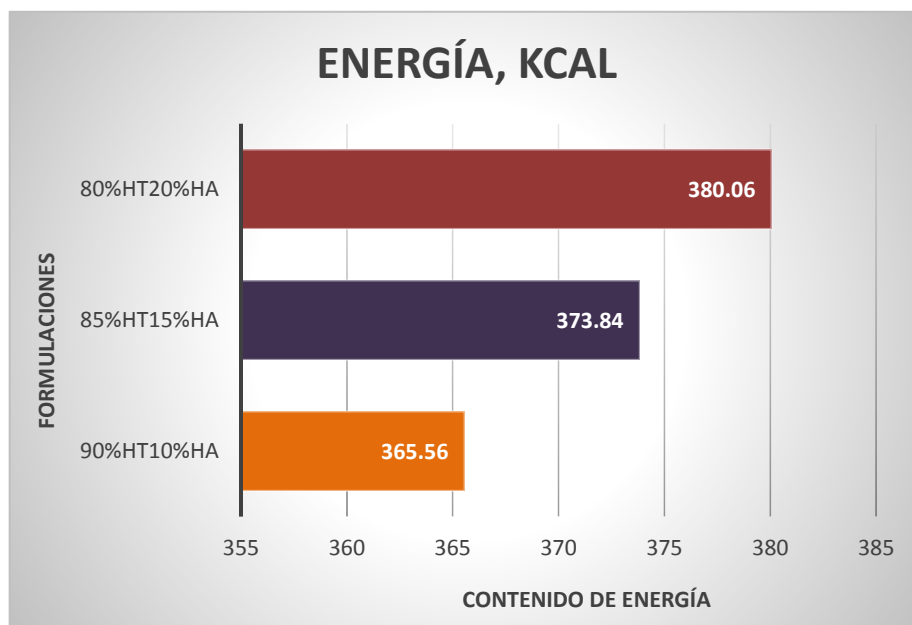


Figura 28. Contenido de energía en cada formulación, Elaboración propia (2018)

3.3 Caracterización del panetón obtenido con harina de algarroba

3.3.1 Análisis físico químico

En la tabla 25 se muestra la caracterización de la formulación ganadora para la obtención de panetón con sustitución parcial de harina de algarroba, donde se puede apreciar que presenta un valor de humedad (24,1%) superior a lo reportado por Achire (2011), con respecto al valor proteico el panetón de algarroba presenta un nivel de 6,38% a diferencia del reportado por Achire quien presenta un valor superior (7,9%) a consecuencia que en su formulación se empleó harina quinua en un nivel de sustitución del 20%.

Tabla 26.

Análisis físico químico de la formulación ganadora

COMPONENTE	90%HT10%HA
Humedad, %	24.1
Proteína Total (N*6,25), %	6.38
Grasa, %	12.6
Fibra cruda, %	0.5
Ceniza, %	0.26
Extrac. libre de nitróg. %	56.66
Acidez, %	0.196
Energía, kcal	365.56

Nota: Elaboración propia (2018)

3.3.2 Análisis microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico del panetón de algarroba se muestran a continuación en la tabla 26 donde se puede observar que, aunque existe presencia de microorganismo estos valores cumplen con la Norma Técnica Sanitaria 071 – MINSA/DIGESA V- 01 (2008).

Tabla 27.

Análisis microbiológicos de las materias primas

Determinaciones	Panetón después de almacenamiento (tres meses)	Dato referencial (*)
Mohos	< 10 ufc/g.	< 10 ²
<i>Salmonella</i>	Ausencia ufc/25g.	Ausencia ufc/25g.

Nota: Elaboración propia (2018)

(*) Norma Técnica Sanitaria N° 071 MINSA/DIGESA V-01 (2008)

CAPÍTULO IV

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

4.1 conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos y a los objetivos planteados en la presente tesis, se concluye lo siguiente:

1. Se logró formular adecuadamente un panteón con sustitución parcial con harina de algarroba, a partir de aprovechar la materia prima de la región Lambayeque. Siendo el tratamiento más adecuado 90%HT10%HA, donde destaca los los atributos de textura y color, en la cual la totalidad de las respuestas expresan la preferencia por esta muestra.
2. Se realizó la caracterización fisicoquímica proximal de la algarroba utilizada en la presente investigación, donde se obtuvo: Humedad = 7.9%, Carbohidratos Totales = %, Fibra = 17.6%, Proteínas = 12.2%, Grasa = 1.8%, Cenizas = 3.9%, Extrac. libre de nitróg. =74.2 %
3. Se logró diseñar el diagrama de flujo idóneo para la elaboración de panetón con sustitución parcial con harina de algarroba

4. Los resultados de las pruebas de estabilidad microbiológica, son los adecuados ya que el crecimiento de microorganismos como mohos estos valores son inferiores a lo establecido por la Norma Técnica Sanitaria 071 – MINSA/DIGESA V- 01 (2008).

4.2 RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda realizar un estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta productora del panetón de algarroba.
2. Se recomienda el consumo y difusión de este tipo de productos para incentivar el consumo de algarroba en forma de harina.
3. Con fines de incrementar considerablemente la estabilidad microbiológica, se recomienda la aplicación de un agente anti moho, de grado alimentario.
4. Se recomienda realizar investigaciones similares, con la finalidad de diversificar las alternativas de aprovechamiento de la algarroba.

CAPÍTULO V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Anzaldúa-Morales, A. 1994. Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Acribia S.A. Zaragoza-España. Pág. 67-69.
- BELITZ, 1988. Química de los Alimentos. Zaragoza. España. Acribia.
- BENNION, 1982. Fabricación de pan. Zaragoza. España. Acribia.
- BETANCUOR, 1993. Tecnología actual, Panadería y pastelería peruana. Lima. Perú.
- CALVEL. (1993). La panadería moderna.. Buenos Aires: acribia.
- CARRETERO, F. C. (1993). Historia del pan. Recuperado el 22 de marzo de 2006, de http://www.ceopan.es/historia/la_historia.htm
- CARRIÓN, E., 1988. Uso de algarroba como sucedáneo de café. Tesis, UDEP, Piura, Perú.
- CAUVAIN P. STANLEY, YOUNG S. LINDA. Fabricación de pan. Ed. Acribia. 1era. ed. Zaragoza, España. 1998.

CHIRINOS C., CHIRINOSF.; ARCARI L.;2001. “Elaboracion de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región”. Disponible en: <http://unapiquitos.edu.pe/links/falcultades/alimentarias/v1/7.pdf>

CRUZ, G., 1986. Obtención de harina de algarroba y posibilidades de utilizarla en productos para la utilización humana. Tesis, UDEP, Piura, Perú

DÍAZ CRUZ MELISA – RAMOS RODRÍGUEZ MELANIE “Beneficios de la Erythroxylum coca Lamarck var. Coca en la alimentación de las personas”. ET AL. CONCYTEC Trujillo 2006.

GABY SAM; OSCAR VASQUEZ. (2002). Harina de los subproductos de bactris gasipaes hbk y su uso en panificación. Amazónica de Investigación Alimentaria, 2, 39 47.

GÓMEZ, L. 2008. Universidad Agraria impulsa cultivo de cereales con alto rendimiento en la sierra. Diario El Comercio. Miércoles 23 de abril del 2008. Lima – Perú.

INDECOPI. 1985. Norma Técnica Peruana N° 205.027. “harina de trigo para el consumo doméstico y uso industrial”

KIRK, R; SAWYER, R; EGAN, H. 1996. Composición y análisis de alimentos de pearson. 2 ed. Editorial Continental S.A. México. Pág. 323-324.

- LA TORRE, P., 1988. Polvo soluble instantáneo a base de algarroba. Tesis, UDEP, Piura, Perú
- MCWILLIAMS, M. (1985). Food fundamental New York: Wiley.
- MORFÍN, M. (2001). Administración de comedor y bar. México: trillas
- PEREDO, D. & Pangborn, R. (1989).). Evaluación sensorial de los alimentos métodos analíticos. México: Alhambra.
- REPO-CARRASCO, R. 1998. Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y de granos andinos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. Pág. 82.
- RUIZ, W., 1998. Evaluación económica de procesos para la obtención de productos de algarroba. Ponencia presentada en el Coloquio Internacional: "El algarrobo en el desarrollo sostenible después de El Niño". Abril 1998. Piura, Peru
- YOUNG, L. . (2002). Fabricación de pan. España: Acribia.

CAPÍTULO VI

V. ANEXOS:

a. RECEPCION DE MATERIALES



b. MEZCLADO



c. REPOSO**d. HORNEADO**

e. EXTRAIDO



f. ENVASADO

