



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores
Cuautitlán

**APROVECHAMIENTO DE CÁSCARA DE TUNA
ROJA (*OPUNTIA ROBUSTA*) EN UNA GALLETA
FUNCIONAL ADICIONADA CON CAFÉ,
REDUCIDA EN AZÚCAR.**

T E S I S

Para obtener el título de:

Ingeniera en Alimentos

Presenta

Silvana Victorino Jiménez

Asesora

Leticia Villarreal Figueroa

Co- Asesor

Daniel Mauricio Vicuña Gómez

Cuautitlán Izcalli, Estado de México. **2020**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán como un proyecto del Taller Multidisciplinario “Desarrollo de Productos Alimenticios” con apoyo UNAM-PAPIME 205314

AGRADECIMIENTOS

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida. Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

A mi asesora de tesis I.B.Q. Leticia Figueroa Villareal por su tiempo, valiosos consejos y por ser mi guía en este último tramo de mi camino.

Y a la UNAM por abrirme sus puertas, por la formación que has dejado en mí y me ha hecho ser la persona que soy ahora.

Por mi raza hablará el espíritu

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES | 5 |
| 1.1 Tuna roja (<i>Opuntia robusta</i>) | 5 |
| 1.1.2 Taxonomía | 5 |
| 1.1.3 Origen | 6 |
| 1.1.4 Morfología , características Fenológicas , composición química | 7 |
| 1.1.5 Compuestos Funcionales | 11 |
| 1.1.6 Producción de tuna roja en México | 19 |
| 1.1.7 Ventajas del aprovechamiento agroindustrial | 22 |
| 1.2 Café | 24 |
| 1.2.1 Origen | 24 |
| 1.2.2 Taxonomía | 25 |
| 1.2.3 Morfología | 25 |
| 1.2.4 Composición química, actividad antioxidante | 27 |
| 1.2.5 Producción de café en México | 29 |
| 1.3. Trigo | 30 |
| 1.3.1 Origen | 31 |
| 1.3.2 Tipos de trigo en México | 31 |
| 1.3.3 Producción del trigo en México | 32 |
| 1.3.4 Composición química y valor nutritivo | 33 |
| 1.3.5 Harina de trigo integral | 34 |
| 1.4 Avena | 36 |
| 1.4.1 Producción del trigo en México | 36 |
| 1.4.2 Morfología | 37 |
| 1.4.3 Composición química | 39 |
| 1.5 Panificación | 40 |
| 1.5.1 Galletas | 41 |

| | | |
|---|--|------------|
| 1.5.2 | Clasificación | 42 |
| 1.5.3 | Galletas con fibra | 44 |
| 1.5.4 | Proceso de elaboración de galletas | 44 |
| 1.5.5 | Función de ingredientes | 47 |
| 1.6 | Mercadotecnia | 52 |
| 1.6.1 | Planeación de la mercadotecnia | 58 |
| 1.6.2 | Necesidades y tendencias del macroambiente | 62 |
| 1.7 | Empaque | 63 |
| 1.7.1 | Etiqueta | 64 |
| 1.7.2 | Nuevas tendencias | 67 |
| 1.8 | Alimento funcional | 68 |
| 1.9 | Desarrollo de nuevos productos | 69 |
| CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA | | 70 |
| 2.1 | Objetivos | 70 |
| 2.1.1 | Objetivo general | 70 |
| 2.1.2 | Objetivos particulares | 70 |
| 2.3 | Cuadro metodológico | 72 |
| 2.4 | Materiales y métodos | 73 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 106 |
| CONCLUSIONES | | 152 |
| RECOMENDACIONES | | 155 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 156 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Taxonomía de la tuna | 6 |
| Tabla 2. Composición química de <i>Opuntia ficus-indica</i> | 10 |
| Tabla 3. Características fisicoquímicas de la tuna roja | 10 |
| Tabla 4. Análisis de la Composición química de la cáscara de <i>Opuntia ficus – indica</i> (L.) Miller “tuna”, en base húmeda y base seca | 11 |
| Tabla 5. Estabilidad de las betalaina | 17 |
| Tabla 6. Características de la fibra soluble e insoluble | 18 |
| Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas de los constituyentes de la fibra dietética | 18 |
| Tabla 8. Regiones de producción de tuna (centro y norte) | 20 |
| Tabla 9. Superficie establecida, volumen de producción y rendimiento en las tres principales zonas productoras de tuna | 21 |
| Tabla 10. Composición química de la pulpa de café | 27 |
| Tabla 11. Contenido de otros compuestos en la pulpa de café | 27 |
| Tabla 12. Relaciones entre los componentes del grano y las características sensoriales | 28 |
| Tabla 13. Composición de las capas de trigo | 30 |
| Tabla 14. Tipos de trigo según la clasificación las propiedades del gluten | 32 |
| Tabla 15. Producción de trigo ciclo 2017 vs 2018 avance a diciembre | 33 |
| Tabla 16. Composición química de las diferentes partes del grano de trigo | 33 |
| Tabla 17. Composición química proximal del trigo | 34 |
| Tabla 18. Complejos proteicos que conforman al gluten | 35 |
| Tabla 19. Composición química de la avena | 40 |
| Tabla 20. Clasificación de galletas de acuerdo a su elaboración | 43 |
| Tabla 21. Clasificación de las galletas | 43 |
| Tabla 22. Procesos de amasado | 44 |
| Tabla 23. Función de los ingredientes mayoritarios | 47 |
| Tabla 24. Función de los ingredientes minoritarios | 48 |
| Tabla 25. Grado de calidad de la tuna | 73 |
| Tabla 26. Características esenciales para ser una tuna de grado segunda | 74 |
| Tabla 27. Técnicas de pH | 75 |
| Tabla 28. Técnicas de acidez | 76 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 29. Técnica de °BRIX | 76 |
| Tabla 30. Análisis granulométrico del polvo de cáscara de tuna | 82 |
| Tabla 31. Escalas de color L*a*b | 83 |
| Tabla 32. Análisis químico proximal de la cáscara de tuna | 85 |
| Tabla 33. Tipo de producto y mercado meta | 89 |
| Tabla 34. Formulación original elaboración de galletas con harina de trigo | 92 |
| Tabla 35. Adaptación de la formulación para la elaboración de galletas integrales con cascara de tuna y granillos de café | 92 |
| Tabla 36. Factores en estudio y niveles de variación | 94 |
| Tabla 37. Detalle de prototipos | 94 |
| Tabla 38. Composición de la unidad experimental de cada tratamiento | 95 |
| Tabla 39. Comparación de medias | 97 |
| Tabla 40. Determinación de variables | 97 |
| Tabla 41. Curva patrón de ácido gálico | 100 |
| Tabla 42 . Análisis microbiológico | 103 |
| Tabla 43. Representación de peso cáscara en función al peso total del fruto | 106 |
| Tabla 44. Tamaño de las tunas con base a su peso | 106 |
| Tabla 45. Contenido de pH, sólidos solubles, acidez y grado de madurez de la Pulpa +semillas de tuna roja | 107 |
| Tabla 46. Índice de madurez de tuna roja | 107 |
| Tabla 47. Determinación de pH, sólidos solubles, acidez y grado de madurez de la cáscara + piel de tuna roja | 109 |
| Tabla 48. Temperatura de las charolas superior e inferior del secador | 110 |
| Tabla 49. Temperatura en los diferentes cuadrantes | 112 |
| Tabla 50. Resultados del rendimiento de la cáscara de tuna roja en el proceso de secado | |
| Tabla 51. Análisis granulométrico del polvo de cáscara de tuna | 112 |
| Tabla 52. Modulos de finura | 113 |
| Tabla 53. Coordenadas L*a*b* de cáscara y polvo de tuna roja | 114 |
| Tabla 54. Humedad retirada de la cáscara de tuna | 115 |
| Tabla 55. Promedios de humedad obtenidos de la temobalanza | 115 |
| Tabla 56. Composición química de la cáscara de tuna roja | 118 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 57. Productos potenciales competidores de galletas integrales de harina de cáscara de tuna roja | 120 |
| Tabla 58. Rango de edad de encuestados | 122 |
| Tabla 59. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer un producto funcional | 123 |
| Tabla 60. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer el gusto de tuna roja | 123 |
| Tabla 61. Estudio de mercado . Frecuencia de conocer el gusto de café | 124 |
| Tabla 62. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer un producto de antioxidantes | 124 |
| Tabla 63. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer polvo de cáscara de tuna aporta fibra | 124 |
| Tabla 64. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer consumo de galletas integrales | 126 |
| Tabla 65. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer marca de galletas integrales | 127 |
| Tabla 66. Marca de galletas | 127 |
| Tabla 67. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer si probarían una galleta a base de cáscara de tuna y café | 127 |
| Tabla 68. Respuestas obtenidas en la encuesta para un envase ecológico | 128 |
| Tabla 69. Medias y selección del prototipo | 129 |
| Tabla 70. Determinación de color en diferentes prototipos | 132 |
| Tabla 71. Composición química del prototipo seleccionada | 133 |
| Tabla 72. Contenido de fenoles totales en cáscara de tuna roja | 137 |
| Tabla 73. Contenido de fenoles totales en galletas | 139 |
| Tabla 74. Análisis microbiológico de la galleta | 140 |
| Tabla 75. Capas del material para envase y formato optimo | 142 |
| Tabla 76. Características de la etiqueta | 144 |
| Tabla 77. Información nutrimental del alimento | 144 |
| Tabla 78. Costeo para una galleta integral adicionada de polvo de cáscara de tuna y café | 149 |
| Tabla 79. Resultados de la evaluaucción sensorial del nivel de preferencia | 151 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Tuna roja | 5 |
| Figura 2. Opuntia ficus-indica, planta completa; cladodio; A, fruta; B. Barras= 2m (planta completa), 20 cm (A) | 7 |
| Figura 3. Corte transversal de la tuna | 7 |
| Figura 4. Desarrollo y crecimiento de los frutos de la tuna | 10 |
| Figura 5. Temperaturas y duración del periodo de crecimiento de frutos de tuna | 10 |
| Figura 6. Estructuras químicas de las principales betalainas presentes en tuna roja (Opuntia ficus indica) | 12 |
| Figura 7. Estructura química de las betacianinas <i>Opuntia ficus – indica</i> (L.) | 13 |
| Figura 8. Estructura química de las betaxantinas en <i>Opuntia ficus – indica</i> | 13 |
| Figura 9. Esquema de las funciones de la fibra en el intestino grueso | 17 |
| Figura 10. Mapa de la república mexicana de la distribución de nopales | 20 |
| Figura 11. Grano de café | 24 |
| Figura 12. Corte longitudinal de una cereza de café (C.arábica) | 26 |
| Figura 13. Trigo | 30 |
| Figura 14. Morfología del grano de trigo | 31 |
| Figura 15. Granos de trigo | 35 |
| Figura 16. Avena | 38 |
| Figura 17. Flor de avena | 38 |
| Figura 18. Estructura del grano de avena | 39 |
| Figura 19. Galletas | 41 |
| Figura 20. Diferentes harinas | 45 |
| Figura 21. Estructura de la masa de galleta de masa corta | 45 |
| Figura 22. Galleta porosa | 46 |
| Figura 23. Actores y fuerzas principales de la mercadotecnia moderna | 52 |
| Figura 24. Red de mercadotecnia | 55 |
| Figura 25. Cuatro pilares de mercadotecnia | 57 |
| Figura 26. Cuatro P's de la mercadotecnia | 58 |
| Figura 27. Potenciometro | 75 |

| | |
|---|-----|
| Figura 28. Charolas superior (1) e inferior (2) del secador | 78 |
| Figura 29. Cuadrantes de charolas | 78 |
| Figura 30. Obtención de la cáscara de tuna roja deshidratado | 79 |
| Figura 31. Diagrama de flujo de deshidratación de cáscaras de tuna | 79 |
| Figura 32. Corte transversal de la tuna roja | 80 |
| Figura 33. Coordenadas L*a*b* | 82 |
| Figura 34. Diagrama de flujo para la elaboración de estudio de mercado | 88 |
| Figura 35. Encuesta realizada en el estudio de mercado para el desarrollo de una galleta funcional con cáscara de tuna roja y granillo de café | 90 |
| Figura 36. Encuesta realizada en el estudio de mercado para el desarrollo de un envase ecológico para una galleta funcional con cáscara de tuna roja y granillo de café | 91 |
| Figura 37. Diagrama de flujo de la elaboración de galletas con polvo de cascara de tuna y granillos de café | 93 |
| Figura 38. Encuesta del análisis sensorial a los diferentes prototipos de galletas integrales con polvo de cascara de tuna | 96 |
| Figura 39. Lote 1 de tuna roja | 107 |
| Figura 40. Lote 2 de tuna roja | 107 |
| Figura 41. Especificaciones para el color del fruto | 109 |
| Figura 42. Resumen de los resultados obtenidos en la encuesta del producto | 122 |
| Figura 43. Rango de edad | 122 |
| Figura 44. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer un producto funcional | 122 |
| Figura 45. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer el gusto de tuna roja | 123 |
| Figura 46. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer el gusto de café | 124 |
| Figura 47. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer un producto con antioxidantes | 124 |
| Figura 48. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer que el polvo de cáscara de tuna aporta fibra | 125 |
| Figura 49. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer consumo de galletas integrales | 126 |
| Figura 50. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer marca de galletas | |

| | |
|--|-----|
| integrales | 126 |
| Figura 51. Probabilidad de consumir una galleta integral a base cáscara de tuna roja y café | 127 |
| Figura 52. Proceso para convertir almidón en un polímero | 142 |
| Figura 53. Diseño de la etiqueta de galletas adicionadas de polvo de cáscara de tuna y café | 146 |
| Figura 49 . a) Cartel de publicidad con frase emotiva, b) Cartel publicitario de los beneficios que aportan las materias primas del producto | 148 |

Resumen

México es un país que cuenta con una gran diversidad de especies de tuna, la cual es aprovechada industrialmente, pero al mismo tiempo se generan grandes cantidades de subproductos como las cáscaras y semillas, siendo eliminadas normalmente durante los procesos de producción. El uso de subproductos agroindustriales representa una gran oportunidad para disminuir los desechos industriales y aprovecharlos en nuevos alimentos como los funcionales, los cuales pueden beneficiar y cuidar la salud de los consumidores. **Objetivos:** Elaborar una galleta funcional en base a harina de trigo (HT), harina de avena (HA) y polvo de cáscara de tuna roja (PC) con adición de granillo de café. **Materiales y métodos:** Antes de la formulación, se desarrolló una encuesta a 50 personas con edades entre 20-50 años para obtener información acerca del potencial consumo de esta galleta y la forma de presentación. En el presente estudio se elaboraron 5 prototipos con un diseño experimental de mezclas con 3 componentes (HT 90,80.70%, HA 5,10,15%, PC 5,10,15%) y con fines comparativos se elaboró una galleta control (100% harina de trigo integral) con 0.5% de fibra cruda. El PC usado en las formulaciones presentó 7.25 mg EAG/mg (fenoles totales) y 64.13% de capacidad antioxidante. Los prototipos fueron sometidos a una evaluación sensorial (prueba de ordenamiento) para seleccionar el que presente mejores atributos de color, olor, sabor y textura, para luego caracterizarlo químicamente mediante humedad secado por estufa (925.09, AOAC, 2002), cenizas totales por Klemm (923.03, AOAC, 2002), extracto etéreo, Soxhlet (AOAC, 1998), proteína Microkjendahl (AOC 960.52), fibra cruda (Kennedy (Lees, 1989)), azúcares reductores totales y directos (Lane y Eynon (A.O.A.C. 2012)), fenoles totales (método de Folin-Ciocalteu) y capacidad antioxidante (método del radical libre DPPH), y evaluarlo microbiológicamente (según la NOM-247-SSA1-2008). **Resultados:** La encuesta mostró que el 91.1% de los evaluados consumiría la galleta, y el 100% le interesa que sea comercializado en un empaque ecológico. El prototipo que seleccionado del análisis sensorial fue el prototipo 213 de proporción 80:5:15 (HT:HA:PC), el cual presentó en el AQP un efecto significativo, desde el

punto de vista nutrimental con 2.75% de fibra cruda, 3.6 mg EAG/mg y 74.0% de capacidad antioxidante. El producto fue reducido en azúcar en un 25 % el cual se modificó de la formulación original según lo indica la norma NOM-086-SSA1-1994. Todos los análisis de mesofílicos aeróbios y coliformes totales estuvieron dentro de los límites máximos permitidos según la NOM-247-SSA1-2008. Se propuso un envase de materiales ecológicos y económicos, donde el envase primario contiene 10 galletas con un contenido neto 60g y una porción por galleta de 6g y el envase secundario contiene 10 galletas de forma apilada. El diseño de la etiqueta se realizó con base en la normatividad NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2015), representando la cáscara de tuna roja. El análisis sensorial de nivel de satisfacción entre las galletas con PC y galletas casera-comercial por consumidores no presento evidencia suficiente para decir que las personas prefieren más una galleta que la otra. **Conclusiones:** El desarrollo de esta galleta representa una posibilidad comercial debido al aprovechamiento de los subproductos de la industria de la tuna y por su contenido nutricional así como su capacidad antioxidante.

Palabras clave: alimento funcional, subproductos agroindustriales, tuna.

Introducción

En el proceso de la producción de alimentos nutritivos, en los cuales se utilizan frutas para la obtención de productos funcionales, se genera desperdicios conocidos como subproductos los cuales son potencialmente fuente de componentes bioactivos con diversas propiedades y actividades biológicas. Existe una gran diversidad de productos elaborados con trigo, entre ellos se encuentran las galletas, son aceptadas por el consumidor pero su calidad nutrimental es baja. Por otra parte al fruto del nopal tunero, de la familia de las cactáceas, se le denomina genéricamente *Opuntia spp.* y vulgarmente se le llama “tuna” (López M., 2011). México es uno de los países que cuenta con mayor diversidad de especies de *Opuntia* y *Opuntia ficus indica* en su región geográfica, esta planta se encuentra en las zonas áridas y semiáridas del país, recurso natural importante para los habitantes de estas zonas debido al ingreso económico que adquieren por la producción y venta de tunas y nopales. Debido a la gran producción de tuna, se presenta una cantidad considerable de residuos de cáscara de tuna, los cuales pueden ser procesados y aprovechados para el consumo humano (Muro-Barajas D., 2017). Actualmente, la tendencia general en el consumo de alimentos es buscar un buen aporte de nutrientes y que además los alimentos proporcionen beneficios para la salud (López M., et al, 2011). Se ha reportado que la cáscara de tuna (*Opuntia Ficus-indica*) contiene ácidos grasos poliinsaturados, como ácido linoleico, y antioxidantes tales como: tocoferoles, vitamina E, C y K, con un contenido de fibra dietética total de 64.15%; todos estos compuestos son muy apreciados desde el punto de vista de una dieta saludable y también como ingredientes para el diseño de nuevos alimentos (Díaz-Vela J.,2016).

Los granos de café son extraídos del árbol de cafeto (*Coffea Arábica*), es oriundo de Arabia, desde donde se esparció a todo el Oriente y siglos después, a través de Europa, a todo el mundo. El café contiene un número de sustancias bioquímicamente activas; una de las más importantes y conocidas es la cafeína, un derivado de las xantinas, pero además es una fuente considerable de polifenoles y compuestos fenólicos, los que pudieran contribuir en cantidad y variedad

al ingreso de antioxidantes en la dieta. Los antioxidantes evitan que se produzcan daños tisulares por radicales libres, a reducir su formación o eliminarlos una vez originados (Gutiérrez M., 2002).

Hoy en día existe un gran desarrollo en la industria alimentaria que da origen a residuos de diversas frutas, dichos residuos, también conocidos como subproductos poseen propiedades funcionales que pueden ser aprovechada por la industria debido a diversos beneficios derivados del mismo. Los subproductos agroindustriales presentan, sin embargo, un amplio potencial de aprovechamiento que debe ser rentabilizado de manera eficiente. Ya que cada día es mayor el número de empresas y grupos de investigación que tratan de obtener un beneficio de estos subproductos y reducir la generación de residuos contaminantes (Lozoya Castillo D., 2018). Se conoce que muchas de estos subproductos debido a su atractivo color y sabor pudieran contener grandes cantidades de compuestos como polifenoles y con gran capacidad antioxidante que pueden prevenir algunas enfermedades degenerativas, es por esto que el objetivo de este proyecto es el desarrollo de una galleta integral funcional con sustitución parcial de harina de trigo y avena con polvo de cáscara de tuna (*Opuntia Robusta*) y extracto de café para elevar el contenido de fibra y antioxidantes , dirigido a la población mexicana que se preocupa por los aspectos de salud y cuidado del medio ambiente.

Capítulo 1. Antecedentes

1.1 Tuna roja (*Opuntia Robusta*)

La tuna roja, Figura 1 puede ser considerada como una fuente rica de un gran número de componentes como azúcares, vitamina C, pigmentos y minerales como Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} y Mn^{2+} (Stintzing, F.C et al, 2005), además de que en recientes años se ha demostrado que el consumo puede dar protección contra el daño oxidativo (Galati et al., 2003; Gurrieri et al., 2000) y posee propiedades hipocolesterómicas, inhibición de ulceración estomacal, efecto antiinflamatorio (Galati et al., 2003), efecto hipoglucémico y propiedades antidiabéticas.

TUNA, Nombre científico : *Opuntia spp.*



Figura 1. Tuna roja

Se denomina tuna al fruto del género *Opuntia* (familia Cactaceae) y se le conoce también con los nombres de *cactus pear*, *prickly pear* y *fico d'india*. El fruto es ovoide con un pericarpio grueso, la pulpa es jugosa y dulce, y contiene numerosas semillas (Fernández y Almela, 2001).

1.1.2 Taxonomía

De acuerdo al sistema de clasificación botánica de A. Cronquist, se ubica en la siguiente categoría taxonómica (Mostacero L.J., et al, 2002).

Tabla 1. Taxonomía de la tuna

| | |
|-----------|-----------------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Sub-reino | Tracheobionta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Caryophyllidae |
| Orden | Caryophyllales |
| Familia | Cactaceae |
| Género | Opuntia |
| Especie | <i>Opuntia ficus-indica</i> |

Fuente: Mostacero L.J., et al, 2002

1.1.3 Origen

La tuna es una planta originaria de América. Su centro de origen se encuentra en la estribación oeste de los Andes del Perú y Bolivia y en la Meseta Central de México, de estos lugares se ha esparcido el cultivo a otros países, especialmente España, Italia y Australia (Pulgar J., 1992).

La tuna crece en diversos climas y terrenos, siendo resistentes a las sequías, cultivándose en la costa y la sierra desde el nivel del mar hasta los tres mil metros de altura. Crece en suelos arenosos, calcáreos, pedregosos y en tierras marginales y poco fértiles (Avalos, 2009).

El origen de *Opuntia* no está claro ya que: Dillen (1732) usó el nombre de “Tuna” en lugar de *Opuntia* e hizo notar que Theophrastus y Plinio usaron el nombre “*Opuntia*” para una especie de *Ficus* con raíces aéreas. Friendrich (1975) creía que Plinio llamaba “*Opuntia*” a una planta que crecía cerca de Opuns en India. Linnaeus (1753), en la obra *Species plantarum*, da el nombre genérico de *Opuntia* a 22 especies y cita como sinónimo el nombre de tuna (Granados S.D., 1991)

1.1.4 Morfología

La Figura 2, presentan a la tuna en sus características morfológicas de la tuna, se puede observar las partes de la planta, las mismas se encuentran dibujadas a escala.

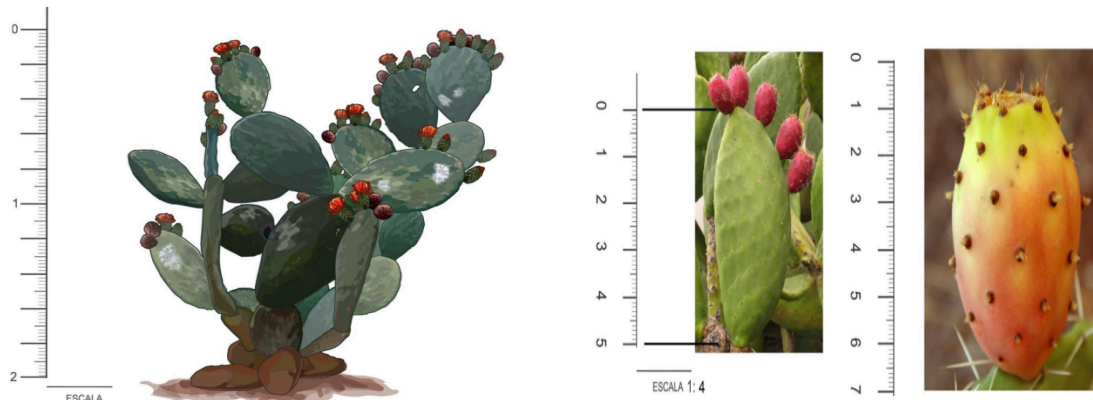


Figura 2. *Opuntia ficus-indica*, planta completa; cladodio; A, fruta; B. Barras= 2m (planta completa), 20 cm (A)(Paucara C.M., 2017).

Como muchas frutas, la tuna está compuesta de una parte carnosa denominada pulpa, en la que se encuentran insertas un gran número de semillas, 100 a más de 400 por fruta, con diámetro de 3 a 4 mm, pequeñas y lenticulares (Anón, 1989), protegida por una corteza de mayor dureza (pericarpio o cáscara) (Savio Y., 1989). En cambio poco se informa de una capa más externa y delgada que cubre a la cáscara a la que se ha denominado piel en la que se encuentran las espinas y glóbulos (Cerezal y Duarte, 2000).

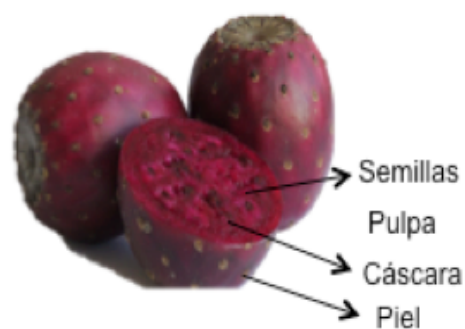


Figura 3. Corte transversal de la tuna

ESTRUCTURA DE LA TUNA

Semillas: Las semillas están presentes en un 2% al 10% del total del fruto. Contiene 25% fibra cruda, la cual ha sido estudiada en cuanto a sus propiedades tecnofuncionales, principalmente capacidad de absorción de 1.6 g de agua /g de harina

Pulpa: La pulpa constituye 45% al 67% es una fuente de minerales y varios aminoácidos (alanina, arginina y asparagina) vitaminas como las vitaminas C (ácido ascórbico), E, K y β -carotenos, también incluye flavonoides y betalainas que son los responsables de la actividad antioxidante (Cota-Sánchez, 2016).

Cáscara: Constituye entre el 33% a 55%, del total de su peso, gran cantidad de pectina, fibra en la cáscara y una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados así como antioxidantes naturales como la vitamina E, tocoferoles y la vitamina C.

Piel: La piel del fruto normalmente no es consumida, además de la dificultad que hay para separarla de la pulpa, han traído como consecuencia el bajo interés para su caracterización, tratamiento y contiene espinas (Mobhammer et al, 2006).

Características Fenológicas

La fenología de las plantas está relacionada al clima (temperatura, radiación y humedad). Es necesario tener en cuenta que las tunas son frutos no climatéricos, por lo que es fundamental cosecharlos con madurez de consumo. Al evaluar la calidad de la fruta se tienen en cuenta el tamaño, color de la cáscara, frescura, consistencia, cantidad de semillas y espinas, relación pulpa/cáscara y concentración de sólidos solubles. El ciclo de desarrollo de los frutos de tuna a partir del inicio de floración en la planta hasta la completa maduración del fruto y el punto máximo de desarrollo y la madurez fisiológica de los frutos (Castro J, et al., 2009). La Figura 4, presenta la evolución del desarrollo y maduración de frutos de tuna (*Opuntia Ficus-indica*) antes de la antesis; Estadios de maduración: V (fruto verde); IP (inicio de la pigmentación amarillo); VA (verde amarillado) e AV (Amarillo verde) (Castro J, et al., 2009), este proceso ocurre para las diferentes variedades de tuna.

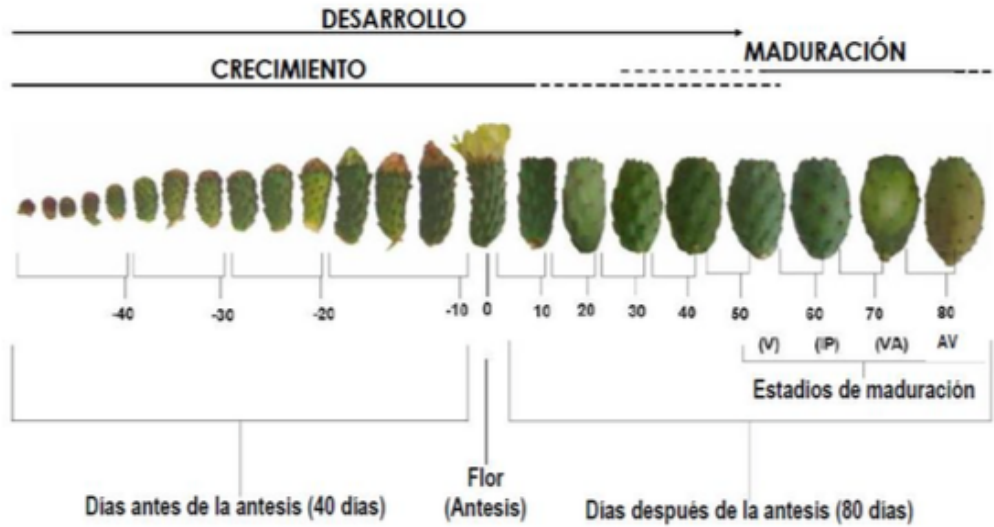


Figura 4. Desarrollo y crecimiento de los frutos de la tuna (Castro J., 2009).

En la Figura 5 se muestran las temperaturas adecuadas para que exista un crecimiento óptimo de la tuna, también el tiempo que dura el crecimiento del fruto son desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo y con temperaturas promedio de 25 a 30 °C, es el tiempo y temperatura óptima para su crecimiento.

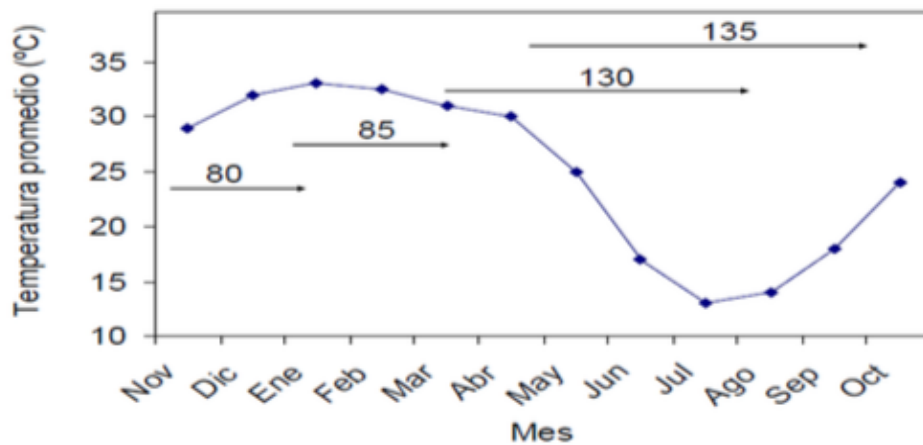


Figura 5. Temperaturas y duración del periodo de crecimiento de frutos de tuna (Franck N., 2014).

Composición química

La composición química de la *Opuntia ficus – indica* “tuna” consiste de 85 % de agua, 14 % de azúcares y de 1 % de proteína. En la pulpa los compuestos bioactivos encontrados en mayor cantidad son la vitamina C, vitamina E y polifenoles; algunos aminoácidos que se presentan en la pulpa son la prolina, la glutamina y en mayor cantidad la taurina. Además, tiene altas cantidades de minerales como calcio y magnesio.

Tabla 2. Composición química de *Opuntia ficus-indica*

| Composición | % g/100g |
|---------------|-------------|
| Humedad | 85 – 90 |
| Cenizas | 0,25 - 0,44 |
| Proteína | 0,75 - 5,41 |
| Grasa bruta | 0.12 - 0.25 |
| Carbohidratos | 19 |
| Fibra cruda | 0,02 |

Fuente: Castro J., 2009.

Los valores publicados por diferentes investigadores para el peso de tuna entera, pulpa y cáscara son diversos y dependen en gran medida de la variedad de tuna.

Tabla 3. Características fisicoquímicas de la tuna roja

| Componente | Concentración |
|-------------------------------------|---------------|
| Peso tuna entera (g) | 99.75 |
| Peso pulpa (g) | 52.2 |
| Peso cáscara (g) | 47.53 |
| pH | 6.04 |
| Sólidos solubles totales | 14.17 |
| Acidez titulable (ácido cítrico, %) | 0.036 |
| Índice de madurez | 391.97 |

Fuente: Ochoa V. et al., 2011

Tabla 4. Análisis de la Composición química de la cáscara de *Opuntia ficus – indica* (L.) Miller “tuna”, en base húmeda y base seca.

| Análisis | Base húmeda % | Base seca % |
|---------------------|---------------|-------------|
| Humedad | 87-88 | - |
| Proteína | 0.40-1.91 | 4.11 |
| Grasas | 0.39 | 3.26 |
| Cenizas | 0.40-1.91 | 15.01 |
| Fibra cruda | 1.27 | 10.61 |
| Carbohidratos | - | 46.95 |
| A.R.D (% glucosa)* | 0.15- | - |
| A.R.T (% glucosa)* | 4.15-4.99 | - |
| pH | 5.7 | - |

Fuente: (Ochoa V. et al., 2011)

* A.R.D: Azúcares reductores directos

** A.R.T: Azúcares reductores totales

1.1.5 Compuestos Funcionales

Las tunas se consumen principalmente como fruta fresca y según la variante, presentan características distintas como: forma, tamaño y color, abundancia, tamaño y dureza de sus semillas; además, las diferencias en sus componentes nutricionales están documentadas (López-Palacios *et al.*, 2012; Yeddes *et al.*, 2014).

La tuna (*Opuntia* spp.) se puede encontrar en una amplia gama de colores, que puede variar desde el blanco, amarillo, naranja, rojo, púrpura con diferencias físicas y químicas. La coloración del fruto está determinada por la presencia de pigmentos (Stintzing *et al.*, 2005).

Los efectos benéficos de la tuna roja han sido relacionados con componentes presentes en el fruto en los pigmentos denominados betalainas, ya que se ha comprobado que gran parte de la actividad antioxidante de la tuna es atribuible a

dichos pigmentos (Butera et al., 2002; Castellanos y Yahia, 2008; Castellar et al., 2006), entre otros efectos como el antiviral y el antimicrobiano. Estos pigmentos, betalainas, provienen del ácido betalámico, son solubles en agua e incluyen a las betacianinas de color rojo-violeta y las betaxantinas de color amarillo; por lo tanto, el color del fruto depende de la concentración y el tipo de betalainas que se encuentren presentes, las betacianinas y betaxantinas, Figura 6. Dentro de las betacianinas de la tuna púrpura (*Opuntia Ficus-indica*) se han identificado principalmente la betanina y en menores niveles la isobetanina (Sáenz et al., 2009). Dentro de las betaxantinas se ha identificado sólo la indicaxantina (Butera et al., 2002; Castellar et al., 2003). Betacianinas y betaxantinas se encuentran presentes tanto en la cáscara como en la pulpa del fruto (Sepúlveda et al., 2001; Odoux y Domínguez López, 1996; Castellar et al., 2003).

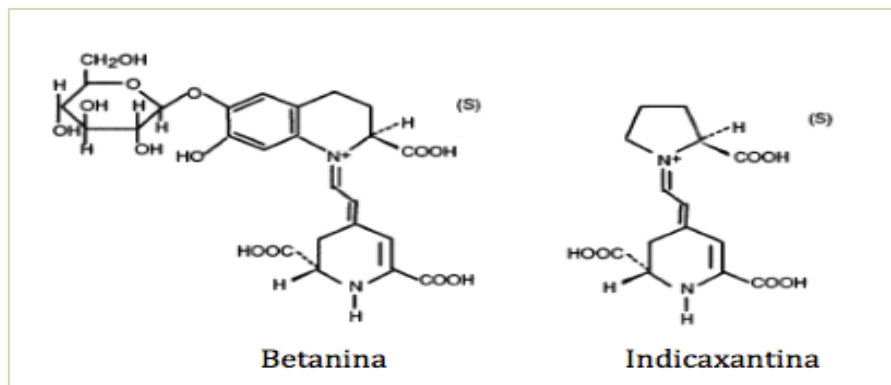


Figura 6. Estructuras químicas de las principales betalainas presentes en tuna roja (*Opuntia ficus-indica*), Fuente: Butera et al., 2002.

En las betacianinas el ácido betalámico está unido al grupo 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA), que puede estar o no glicosilado. Todas las betacianinas pueden ser derivadas de dos núcleos básicos, la betanidina y la isobetanidina, por glicosidación de uno de los grupos hidroxilos localizados en la posición cinco o seis.

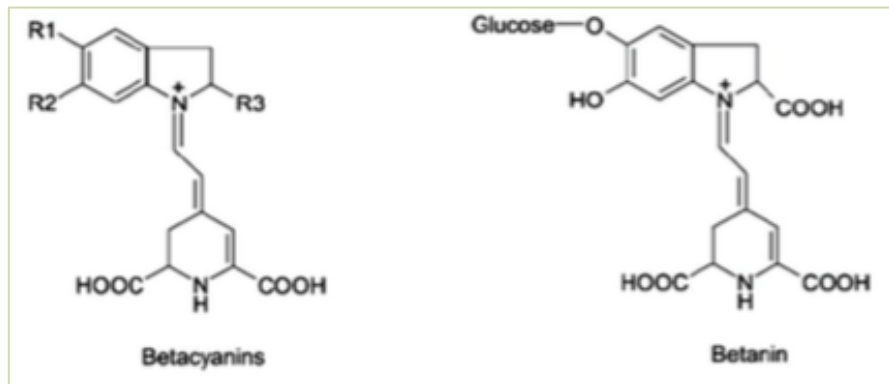


Figura 7. Estructura química de las betacianinas *Opuntia ficus – indica* (L.) Miller, **Fuente:** Lock (1997).

Las betaxantinas están unidos con aminoácidos o derivados aminos. El compuesto prototipo que representa la presencia natural de betaxantinas es la indicaxantina, aislada del fruto del cactus *Opuntia Ficus–indica*, han sido poco estudiadas, debido principalmente a que son más difíciles de aislar, pero se tienen indicios de que son mucho más lábiles que las betacianinas (Lock, 1997).

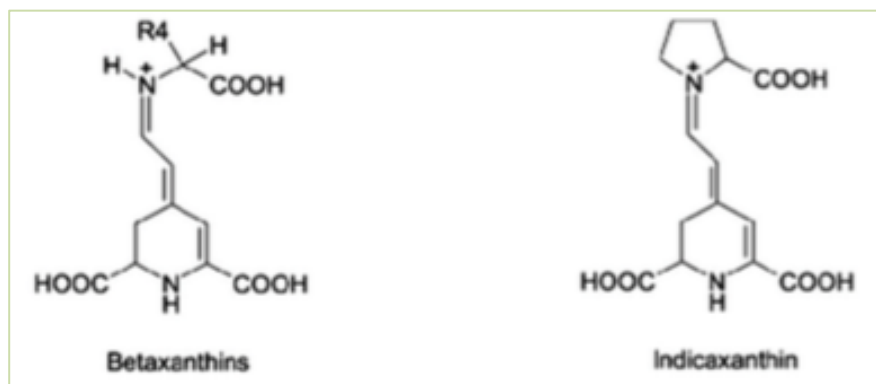


Figura 8. Estructura química de las betaxantinas en *Opuntia ficus – indica* **Fuente:** Lock (1997).

Ambos pigmentos absorben a distintas longitudes de onda; las betacianinas a 535-550 nm y las betaxantinas a 475-480 nm en el rango de luz visible (Sáenz, 2006; Forni et al., 1992; Delgado Vargas et al., 2000; Castellar et al., 2003). El contenido de betalainas depende del cultivar o variedad, madurez, clima y procedencia del

fruto (Odoux y Domínguez-López, 1996; Stintzing et al., 2003; Sáenz et al., 2001)

- **Importancia biológica de las betalaínas y otros compuestos bioactivos de la tuna**

La tuna es una fruta que está siendo considerada como un alimento de importancia nutracéutica y funcional, ya que posee constituyentes conocidos como funcionales y promotores de la salud (Piga, 2004). Varios autores han reportado que las betalaínas (betanina e indicaxantina) presentes en tuna púrpura poseen actividad antioxidante, por lo que su consumo se asocia a la protección contra enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (Stintzing et al., 2005; Butera et al., 2002; Tesoriere et al., 2005). La actividad antioxidante de las betalaínas se atribuye al grupo fenólico y grupo amino cíclico presentes en su estructura, por lo cual podrían donar átomos de hidrógeno y/o electrones a radicales libres (Kanner et al., 2001; Moreno et al., 2008). Se han descrito mecanismos por: donación de un átomo de hidrógeno a través de la ruptura homolítica del enlace O-H y transferencia de electrones (Leopoldini et al., 2011). En pulpa y en cáscara de tuna de diversos ecotipos se han identificado polifenoles como: quercetina, kaempferol y derivados de isoramnhetina (Kuti, 2004), isoramnhetina-3-rutinosido, rutina y kaempferol-3-rutinosido entre otros (Galati et al., 2003). Con estos antecedentes la tuna roja puede ser considerada como alimento alto en propiedades funcionales, esto aunado a la tendencia del consumo de productos que promuevan la salud como son los alimentos nutracéuticos están incrementando el mercado de estos (Piga, 2004).

- **Estabilidad de las betalaínas**

Al igual que otros pigmentos naturales, las betalainas se ven afectadas por diversos factores como la luz, pH, oxígeno, temperatura, metales, actividad de agua, ácidos orgánicos, cationes, antioxidantes y secuestrantes. Las betalainas son muy termolábiles y su velocidad de degradación se incrementa con la temperatura, siendo las betaxantinas mucho más sensibles que las betacianinas. Se ha observado que el efecto de la temperatura sigue una cinética de primer

orden, lo cual ha permitido expresar la estabilidad de los pigmentos en términos de su vida media (Rodríguez et al., 1996; Saguy, 1979).

Tabla 5. Estabilidad de las betalaina

| | |
|---|---|
| pH | Las betalainas son estables en el rango de pH entre 3,5-7, rango en el que se encuentran la mayoría de los alimentos (Delgado Vargas et al., 2000; Castellar et al., 2003; Stintzing et al., 2005), fuera de este rango el color decrece. |
| Oxígeno | La estabilidad de la betanina disminuye linealmente con el aumento en la concentración de oxígeno siguiendo una cinética de primer orden en presencia de oxígeno, pero en ausencia de oxígeno su comportamiento se desvía de este modelo. |
| Temperatura | La degradación de las betalainas depende de la temperatura y sigue una cinética de reacción de primer orden, dependiente del pH (Huang y von Elbe., 1985; Castellar et al., 2003). Al calentar soluciones de betanina se produce una reducción gradual del color rojo característico de este pigmento con la aparición de pardeamiento. |
| Actividad de agua (a_w) | Las betalainas presentan mayor estabilidad en alimentos o sistemas modelo con un bajo contenido de humedad y a_w , debido a que el agua está menos disponible para que ocurran reacciones químicas. Valores de a_w por debajo de 0,63 mejoran la estabilidad de la betanina de betarraga (Delgado Vargas et al., 2000). |
| Luz | Existe una relación inversa entre la estabilidad de las betalainas y la exposición a la luz. La degradación de betalainas sigue una cinética de primer orden que es oxígeno dependiente, ya que los efectos de la exposición a la luz son insignificantes bajo condiciones anaerobias (Attoe y von Elbe, 1981). |

- **Secado, método de conservación de compuestos bioactivos de la tuna**

Una alternativa para conservar alimentos es el secado, este es un proceso de preservación ampliamente utilizados para extender y preservar la vida útil de los productos y se ha utilizado para la preservación de nopal, más que para tuna, sin embargo el enfoque de los estudios existentes está orientado en el tipo de proceso utilizado y a la calidad física del producto final obtenido (Medina-Torres et al., 2008). Sin embargo, se aplican altas temperaturas durante el secado además de afectar las propiedades de color, textura, densidad, porosidad y características de absorción de los materiales (Krokida et al., 2001) se puede causar degradación.

Un factor importante para la conservación de la estabilidad de los componentes bioactivos durante el secado es el tiempo de exposición al calor, siendo el secado por aspersión uno de los procesos con tiempos de secado más cortos, sin embargo la degradación durante el secado se puede reducir mediante la aplicación de pre-tratamientos auxiliares en el proceso de secado, tales como el escaldado, el uso de aditivos químicos, la encapsulación, etc.

Diferentes estudios han descrito la obtención de polvos estables con diferentes propiedades físico-químicas del secado de piña (Abadio et al., 2004), mango (Cano-Chauca et al., 2005), acaí (Tonon et al., 2008; 2010), papa dulce (Ahmed et al., 2010), remolacha roja (Azeredo et al., 2007; Pitalua et al., 2010), jugos de plátano (Wang et al., 2011) y pitaya (Tze et al., 2012), pigmentos de amaranto (Cai y Corke 2000), extractos obtenidos de tuna (Sáenz et al., 2009, Gandía-Herrero et al., 2010) y betalainas purificadas (Gandía- Herrero et al., 2013).

Fibra dietética

La fibra dietética puede clasificarse como fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI), de acuerdo a su comportamiento en medio acuoso, mientras la fibra soluble forma una dispersión en agua, la considerada insoluble no lo hace. Como consecuencia de esa diferencia de hidratación, ambos tipos de fibras exhiben efectos fisiológicos distintos.

En un principio el concepto de fibra se hace sinónimo del de fibra vegetal, definiéndose como “los constituyentes de la pared de la célula vegetal, resistentes a las enzimas del tracto digestivo humano”. Este concepto engloba a la celulosa, hemicelulosa y lignina, componentes de la pared celular de las plantas, que al no ser digeridas eran capaces de incrementar el volumen de los contenidos intestinales, facilitando el tránsito intestinal y por tanto la evacuación de las heces. En este sentido, el consumo de alimentos ricos en fibra era muy útil para prevenir el estreñimiento.

El diagrama que ejemplifica el efecto de la fibra cuyo pasa por el intestino grueso, Figura 9. El consumo de fibra causa aumento del volumen de la masa fecal, disminución del tiempo de tránsito intestinal, el colesterol y los niveles de glicemia, además que es capaz de atrapar sustancias que pueden ser peligrosas como agentes mutagénicos y carcinogénicos y puede estimular la proliferación de la flora intestinal (Heredia et al., 2002; Beecher, 1999).

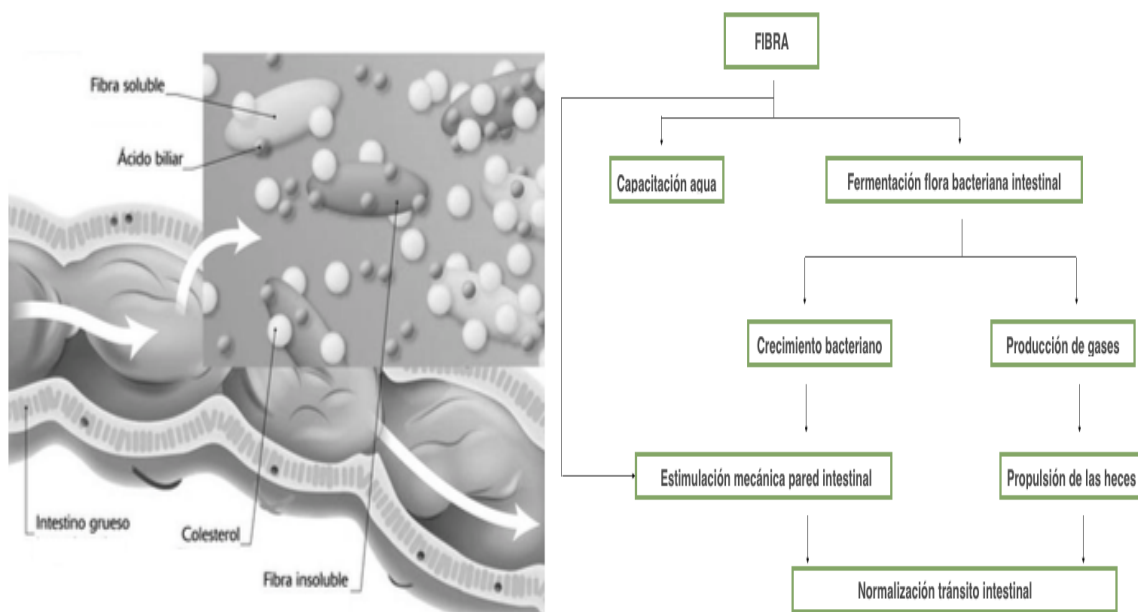


Figura 9. Esquema de las funciones de la fibra en el intestino grueso

Tabla 6. Características de la fibra soluble e insoluble

| Fibra soluble | Fibra insoluble |
|--|--|
| <p>Se compone de polisacáridos no-celulósicos tales como pectina, gomas y mucílago. Son rápidamente fermentadas por las bacterias del colon y no tienen efecto laxante. En contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad (Escudero et al., 2006).</p> | <p>Se compone de fragmentos de las paredes celulares que contienen celulosa, lignina y hemicelulosa. Tiene la capacidad de volverse viscosa y por lo tanto de retardar la evacuación gástrica, lo que a su vez hace más eficiente la digestión y la absorción de alimentos (Vergara, 2013). No son fermentables.</p> |

La fibra dietética está formada mayoritariamente por los siguientes compuestos:

Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas de los constituyentes de la fibra dietética

| Celulosa | Hemicelulosa | Pectinas |
|--|--|--|
| <p>Es el homopolisacárido estructural compone las paredes celulares y constituye la molécula está formado por unidades de D-glucosa unidas por enlace β (1,4); unión glucocídica que proporciona a la celulosa una configuración extendida y rígida. (Ortega, 2000) .</p> | <p>Son polímeros de las pentosas, sobre todo D-xilanos, los cuales son polímeros de D-xilosa con enlace β (1,4) y poseen cadenas laterales de arabinosa y otros azúcares (ácido glucorónico y galactosa) lo que confiere distintas propiedades químicas (Ortega, 2000).</p> | <p>Contienen ácidos galacturónicos y dependiendo del grado de metilación las propiedades funcionales de las pectinas cambian drásticamente (Redondo <i>et. al</i>, 1996) . Son macromoléculas de naturaleza glúcida y capaces de absorber gran cantidad de agua.</p> |

Lignina

Es una sustancia cementante intracelular propia de los vegetales, de estructura y naturaleza amorfa y compleja; contiene componentes fenólicos, polisacáridos, ácidos urónicos y proteínas.

Gomas

Son moléculas de alto peso molecular constituidas por polímeros hidrofílicos de unidades de monosacáridos y derivados, unidos por enlaces glucósidos formando largas cadenas, pudiendo estar constituidas por un solo tipo de monosacáridos o por monosacáridos distintos (Ortega, 2000).

1.1.6 Producción de tuna roja en México

Una de las grandes ventajas que posee nuestro país en la producción de tuna es la riqueza genética del nopal; ésta permite ofrecer al mercado frutos con una diversidad de tonalidades (rojo, blanco, amarillo) y con una amplia estacionalidad, frutos de maduración temprana (mayo), intermedia (agosto) y tardía (noviembre), con lo cual se puede tener presencia en el mercado la mayor parte del año.

De acuerdo con el Consejo Mexicano del Nopal y Tuna, A.C. (COMENTUNA, 2001), en México existen alrededor de 60 mil hectáreas plantadas con nopal tunero, la mayor parte de ellas ubicadas en tierras de temporal marginales. En dichas regiones, el nopal tunero se ha afianzado como opción más rentable, de la que dependen cerca de 50 mil familias, la mayoría de ellas de muy escasos recursos. Este cultivo opera como una alternativa para fijar la población. El mapa presenta la distribución en México de más de 30 especies de nopales y los tipos de vegetación en donde habitan, incluyendo ilustraciones de 11 especies silvestres y cultivadas.



Figura 10. Mapa de la república mexicana de la distribución de nopales.

Fuente: COMENTUNA, 2001

Aunque la mayor parte de las plantaciones de nopal tunero se localizan en zonas áridas y semiáridas del centro y centro norte del país, en la actualidad la producción de tuna no se limita a estas áreas. Los estados que producen tuna, se pueden agrupar en dos grandes regiones que son:

Tabla 8. Regiones de producción de tuna (centro y norte)

| Región Centro Norte | Región Centro |
|---|---|
| Comprende los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y Jalisco. | Estado de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo. |

Fuente: Elaborado a partir de datos de Flores y Gallegos, 1993.

En estas dos regiones se concentra el grueso de la producción nacional de tuna, aunque existen otras entidades que registran algunas superficies plantadas de nopal tunero menos importantes, tales como: Durango, Coahuila, Nuevo León,

Oaxaca, Veracruz, Tamaulipas, Morelos, Michoacán, Baja California y Baja California Sur, entre otras (Flores y Gallegos, 1993).

Dentro de estas dos grandes regiones productoras, pueden distinguirse tres zonas diferenciadas por sus características tecnoproductivas, que son: 1) zona de las Pirámides, que comprende parte de los estados de México e Hidalgo, 2) Acatzingo, donde se ubican las áreas de “General Felipe Ángeles” y Quecholac, Pue., y 3) región Centro Norte, que comprende las áreas productoras de Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí, Jalisco y Aguascalientes.

Puebla se ubicó en el séptimo lugar nacional, pero con una de las tasas de crecimiento anual más altas del país, del orden de 64.4%. En la Tabla 9, se presenta la importancia relativa que tiene cada una de estas zonas en la superficie plantada y en la producción nacional de tuna. El mayor volumen de producción se concentra en los estados de México, Zacatecas, Puebla e Hidalgo. La cosecha se realiza en los meses que van de julio a septiembre, principalmente. México exporta tuna a Estados Unidos, Canadá y en menor proporción a Chile, Holanda, Alemania, Bélgica y Francia.

Los tunales cultivados de las variedades morada y blanca existentes en Huanta, Tlaxcala y se cosechan casi todo el año. Las mayores cosechas se dan de abril a junio y de septiembre a diciembre.

Tabla 9. Superficie establecida, volumen de producción y rendimiento en las tres principales zonas productoras de tuna.

| Zona productora | Superficie establecida (ha) | Rendimiento (t ha ⁻¹) | volumen de producción (t) |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Centro Norte | 26 719 | 6.48 | 173 139 |
| México-Hidalgo | 17 440 | 10.5 | 183 120 |
| Puebla | 3 000 | 15-20 | 52 500 |
| Nacional | 60 000 | 7.27 | 436 200 |

Fuente: Elaborado a partir de datos de COMENTUNA (2001) e información de campo de los autores. Nota: La región

Centro-Norte comprende las áreas productoras de Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí, Jalisco y Aguascalientes.

Actualmente el mercado de la tuna sigue dominado por un escaso número de variedades; las tunas blancas Reyna, Cristalina y Burrón. La tuna blanca Reyna ocupa el equivalente al 40 % de la superficie plantada debido a que es una variedad de calidad reconocida y muy demandada por los consumidores, por lo que se puede considerar como el estándar de la tuna mexicana. Paulatinamente se han introducido tunas de color rojo (Rojo Liso y Roja San Martín) y amarillo-anaranjadas (Pico Chulo, Esmeralda, Liria, Montesa, entre otras) las cuales poco a poco han ido ganando aceptación entre los consumidores (Gallegos y Mondragón, 2011). México cuenta con 20 mil productores de la tuna, quienes cosechan 48 mil hectáreas y obtienen alrededor de 352 mil toneladas anuales.

La mayor parte de las áreas con tuna son silvestres, sólo el 6.62% son cultivadas. Del total, el 96.64% es tuna amarilla, el 1.91% morada y el 1.45% blanca.

1.1.7 Ventajas del aprovechamiento agroindustrial

El aprovechamiento integral de las frutas es un requerimiento y a la vez una demanda que deben cumplir los países que desean implementar las denominadas “tecnología limpias” o “tecnologías sin residuos” en la agroindustria. De tal modo que todas aquellas fracciones del fruto, tales como: pieles, cáscaras, semillas, corazones y los extremos o coronas, no resulten agravantes para el beneficio económico de la Empresa y mucho menos para el medio ambiente y se puedan derivar a productos principales o secundarios para la alimentación humana.

FAO (2010) ha informado que solamente por las pérdidas de cosechas y tratamientos postcosecha se pierden en frutas y hortalizas alrededor de un 50 % de la producción total. A esto se suma que cualquiera de los grupos integrantes del reino vegetal posee porciones que no son bien aprovechadas actualmente para los consumos humano o animal y que pueden representar desde bajos

porcentajes, por ejemplo las hortalizas y algunas frutas con rendimientos entre el 25 y el 30 % de parte no comestible (Cerezal et al., 1995; Larrauri et al., 1994), hasta contenidos importantes como es principalmente el caso de frutas, conformadas por pieles y/o cáscaras y semillas de diferentes espesores o dimensiones, cuyos contenidos en total pueden ser hasta de un 60 % (Larrauri y Cerezal, 1993; Larrauri, 1994; Cerezal et al., 1995; Larrauri et al., 1993). Algunas frutas de regiones áridas o semiáridas, tales como las tunas (*Opuntia Ficus-indica* L. Miller), el rendimiento en pulpa puede ser relativamente oscilante, dependiendo de la variedad, condiciones climáticas y suelos, informándose cifras que van desde el 35 % hasta el 55 % (Rodríguez et al., 1996; Parish y Felker, 1997; Sáenz y Sepúlveda, 2001; Singh, 2003; Stintzing et al., 2003; Piga, 2004; Cerezal y Duarte; 2005).

Las dos porciones no comestibles de frutas en estado fresco son las semillas y las pieles o cáscaras y han sido bastante estudiadas con el propósito de extraer de ellas sustancias valiosas o en los casos más simples, emplearlas como integrante adicional del producto principal que es la pulpa. En esta última función tiene más aplicabilidad la fracción cáscara por poseer elementos más interesantes en cuanto a textura y sabor, que las semillas. De esta forma, se han elaborado mermeladas concentradas a partir de cáscaras de mango (Larrauri et al., 1993), de residuos de fresas (Núñez et al., 1993), y de modo más sofisticado se ha preferido en los últimos años adicionar las cáscaras o residuos en general en forma deshidratada molida a productos principales; ejemplo de estos estudios son los de obtención de fibra dietética a partir de residuos de frutas y algunas leguminosas (Larrauri, 1994; Figuerola et al., 2005).

Las tunas no escapan a las investigaciones de aprovechamiento de las diferentes partes del fruto tratando de aumentar el rendimiento, diversificar su utilización y lograr una gama amplia de productos secundarios y principales que motiven mayores esfuerzos para su utilización. Es así que se ha estudiado la extracción y caracterización de aceites a partir de sus semillas (Ramadan y Mörssel, 2003) y sus pieles, y en relación a las cáscaras se han llevado a cabo trabajos para la

extracción y caracterización de mucílagos y pectinas (Sáenz, 2000), obtención de pieles deshidratadas a partir del secado solar (Lahsasni et al., 2004) y extracción de pigmentos (Sáenz et. al, 2000), entre algunas de las aplicaciones. Por otra parte, el empleo de cáscaras en forma molida y su adición a la propia pulpa de tunas en relación de 1:3 (p/p) y su aceptación sensorial se estudió por Cerezal y Duarte (2005).

Por esta razón es indicado aplicar tecnologías de elaboración y conservación que reduzcan significativamente los daños al producto, principalmente el que induce el tratamiento calórico, siendo las más adecuadas las técnicas de aplicación de barreras o también conocidas como métodos combinados de conservación, las que intentan preservar el alimento, tratando de perjudicar en forma mínima las características iniciales de las materias primas utilizadas y al alcance de cualquier productor por sus bajos costos de implementación (Alzamora, 1994; Cerezal et al., 2000).

1.2 Café



Figura 11.
Grano de café

El café además de ser una de las bebidas más populares en el mundo, es uno de los productos naturales de mayor complejidad, por su historia, su comercio y su riqueza química, conformada por ácidos orgánicos, aldehídos, cetonas, esteres, hidrocarburos de bajo peso molecular aminoácidos, cafeína, carbohidratos, proteínas, trigonelina, lípidos, glucósidos y minerales; cada uno de ellos contribuye con el sabor (más de cuatrocientos compuestos orgánicos e inorgánicos) y aroma característico (más de seiscientos compuestos) en su mayoría en concentraciones trazas.

1.2.1 Origen

El nombre del café puede provenir de la palabra kaffa que es el nombre de una región en Etiopía, de donde es originario y en donde crecía como un arbusto silvestre; su fruto y semillas fueron encontradas estimulantes al ser masticadas; más tarde los etíopes encontraron que el café seco, molido y mezclado con grasa

animal enrollados en bolitas era un alimento sustantivo para largas jornadas en sus viajes. En esas épocas el jugo de sus frutos pudo ser fermentado y utilizado como bebida refrescante y embriagante.

La fecha en la cual el café fue introducido en Arabia desde Etiopía se remonta al siglo quince de la era cristiana; época en la cual la historia lo sitúa en Arabia Central como cultivo doméstico, para la utilización de sus frutos como bebida; pero sin que se conozca la fecha exacta en la cual es utilizado como tal. En esa misma época comenzó a ser cultivado en el Yemen y en el mismo tiempo comenzó su preparación como bebida a partir de granos tostados y molidos, estableciéndose en muchas partes de los territorios del mundo islámico.

1.2.2 Taxonomía

Café Verde, café almendra o café crudo. Se conoce por café crudo a los granos originados en los frutos de las plantas del género botánico *Coffea*.

El árbol del café es de la familia de las rubicanas; en los cultivos, el árbol del café se deja crecer hasta una altura de 3 m máximo con el fin de facilitar la recolección de los frutos. Las primeras ramas son opuestas horizontalmente y las hojas crecen en pares cortos. Son de 15cm de largo en el Arábica, ovaladas o lanceadas, brillantes de color verde oscuro en apariencia y largas en el Canéfora.

La primera floración ocurre a los 3 o 4 años, de color blanco crema con olor dulzón, teniendo la apariencia de nubes, situadas en las axilas de las hojas. Las corolas tienen 20 cm de longitud, y cinco pétalos.

1.2.3 Morfología

Los frutos del café se cosechan en América Central desde finales de agosto hasta el mes de marzo, dependiendo de la altitud sobre el nivel del mar de la plantación de café. El café de tierra cálida madura más temprano que el de tierra fría. Los frutos se cosechan al llegar a su madurez, lo que se advierte por el color marrón intenso que adquiere el grano, aunque existen también variedades que presentan un color amarillo cuando están maduras.

La Figura 12, un corte longitudinal de un fruto de café, muestra las fracciones anatómicas del fruto: el grano de café propiamente dicho o endospermo, la cáscara o endocarpio, una capa mucilaginosa o mesocarpio, y la pulpa o mesocarpio. La semilla del café presenta una superficie plana que se encuentra con otra parte igual dentro del fruto. Cada mitad está recubierta por un delicado tejido conocido como película. Estas dos fracciones se sostienen dentro del endocarpio, membrana conocida también con el nombre de pergamino o cascarilla de café, que es duro y quebradizo cuando se seca, y el cual rodea individualmente a cada una de las dos fracciones que constituyen un grano. La cascarilla, en cambio, está cubierta por una gruesa capa de células esponjosas que forman la pulpa. Esta capa tiene un espesor aproximado de 5 mm. Debido a la consistencia viscosa del mucílago, una leve presión sobre el fruto es suficiente para expulsar fuera de él las dos mitades que constituyen el grano. Esta característica ha sido aprovechada en el proceso que desde hace largo tiempo se utiliza para separar los granos del resto de los componentes estructurales del fruto.

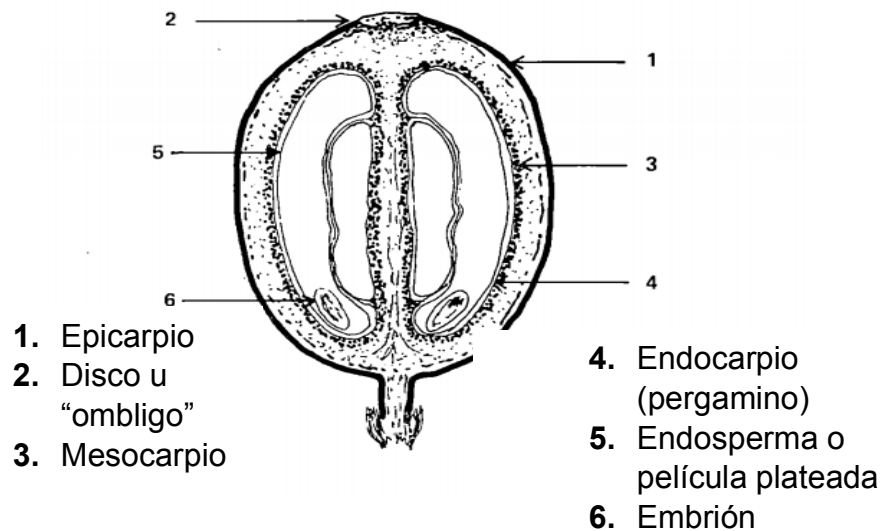


Figura 12. Corte longitudinal de una cereza de café (*Coffea arabica*), (Braham, 1978).

1.2.4 Composición química y actividad antioxidante

La pulpa de café es el primer producto que se obtiene en el método usado para el procesamiento del grano de café, y representa, en base seca, alrededor del 29% del peso del fruto entero. En la Tabla 10 se muestran los datos que corresponden a la pulpa fresca, pulpa deshidratada, y una muestra de pulpa almacenada por dos o tres días después de haber sido obtenida (Braham, 1978).

Tabla 10. Composición química de la pulpa de café.

| | Fresca (%) | Deshidratada (%) | Fermentada naturalmente y deshidratada (%) |
|-----------------------------|------------|------------------|--|
| Humedad | 76.7 | 12.6 | 7.9 |
| Materia seca | 23.3 | 87.4 | 92.1 |
| Extracto etéreo | 0.48 | 2.5 | 2.6 |
| Fibra cruda | 3.4 | 21 | 20.8 |
| Proteína cruda | 2.1 | 11.2 | 10.7 |
| Cenizas | 1.5 | 8.3 | 8.8 |
| Extracto libre de nitrógeno | 15.8 | 44.4 | 49.2 |

Tabla 11. Contenido de otros compuestos en la pulpa de café.

| Compuesto | % base seca |
|-----------------------------|-------------|
| Taninos | 1.8-8.56 |
| Sustancias pécticas totales | 6.5 |
| Azúcares reductores | 12.4 |
| Azúcares no reductores | 2.0 |
| Cafeína | 1.3 |
| Ácido clorogénico | 2.6 |
| Ácido cafeico total | 1.6 |

El contenido y tipo de compuestos químicos del aroma y sabor dependen de la especie de café, la madurez, el tipo de beneficio, las condiciones de fermentación, secado y almacenamiento, el grado de tostación y el método de preparación de la bebida. Cerca de la mitad de la cantidad de los compuestos volátiles generados durante la tostación del café se pierden durante los procesos de molienda, almacenamiento y preparación del extracto de la bebida. Las relaciones entre los compuestos orgánicos del café y los sabores y aromas de la bebida se observan en la Tabla 12 (Puerta, 2011).

Tabla 12. Relaciones entre los componentes del grano y las características sensoriales.

| Compuesto químico | Efecto de las características sensoriales |
|---------------------|--|
| Polisacáridos | Retienen los aromas |
| Sacarosa | Amargo, sabor, color, acidez, aroma |
| Azúcares reductores | Color, sabor, aroma |
| Lípidos | Contribuyen al transporte de los aromas y sabores |
| Proteínas | Contribuyen al amargo y sabor |
| Cafeína | Amargor |
| Trigonelina | Contribuye al amargo, los productos de su degradación al aroma |
| Ácidos clorogénicos | Dan cuerpo, sabor amargo y astringencia |
| Ácidos alifáticos | Acidez, cuerpo, aroma |

Actividad antioxidante

El café contiene un número de sustancias bioquímicamente activas; una de las más importantes y conocidas es la cafeína, un derivado de las xantinas, pero además es una fuente considerable de polifenoles y compuestos fenólicos, los que pudieran contribuir en cantidad y variedad al ingreso de antioxidantes en la dieta. Los antioxidantes evitan que se produzcan daños tisulares por radicales libres, al reducir su formación o eliminarlos una vez originados.

En el café verde existe una gran cantidad y variedad de compuestos fenólicos, ejemplificados por los ácidos clorogénico, cafeico, fenílico y cumárico; pero al

tostarse, se afecta marcadamente su composición en fenoles debido a la reacción de Maillard, lo cual le confiere un agradable sabor y aroma, y se originan pigmentos denominados melanoidinas, que le dan al café tostado su color característico. El ácido clorogénico es el mayor componente fenólico del café, pues cada taza contiene de 15 a 325 mg.

Los ácidos clorogénico, fenílico y cafeico tienen propiedades antioxidantes in vitro, que pudieran contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares. A ello se agrega que además de los polifenoles y compuestos fenólicos, el café posee compuestos heterocíclicos volátiles (pirroles, furanos y tiazoles), también con actividad antioxidante, que incluso la de la cafeína ha mostrado ser similar a la de antioxidantes biológicos establecidos como el glutatión y mucho mayor que la del ácido ascórbico, (Gutierrez, 2002).

1.2.5 Producción de café en México

El café es un cultivo estratégico en México; su producción emplea a más de 500,000 productores de 14 entidades federativas y 480 municipios.

Para consumo humano se prepara un extracto mezclando agua caliente con el café tostado y molido de forma tosca. Actualmente se consume 1.3 kg per cápita al año y se satisface el total de requerimientos nacionales con producción dentro del territorio. México destina aproximadamente 3.24% de la superficie cultivada del total de este producto. Hay 15 estados productores de café; al sur del país, Chiapas es el principal estado productor, aporta 41.0% del volumen nacional, seguido por Veracruz (24.0%) y Puebla (15.3%). México es considerado como uno de los principales países productores de café orgánico del mundo, destinando 3.24% del total de la superficie cultivada de este producto para esta variedad, y exporta 28.000 toneladas (sobre todo a la Unión Europea), además de tener una gran diversidad de productores, incluyendo a hombres y mujeres, comunidades indígenas, aquellos que se dedican al café de especialidad, grandes, pequeños y en transición (SAGARPA, 2018)

1.3 Trigo

TRIGO GRANO Nombre científico: *Triticum aestivum* L.x



Figura 13. Trigo

La semilla es un cariósipide con forma ovalada y extremos redondeados en uno de los cuales sobresale el germen, y en el otro, un mechón de pelos finos conocido como pincel. Contiene una parte de la proteína llamada gluten, la cual facilita la elaboración de levaduras de alta calidad necesarias en la panificación (SAGARPA, 2017) .

El grano de trigo que está compuesto por tres partes, Figura 14. Las capas exteriores, de color rojizo que se llaman salvado, el centro blanco o amarillento llamado endospermo y el diminuto embrión llamado germen (Duncan et al, 1989).

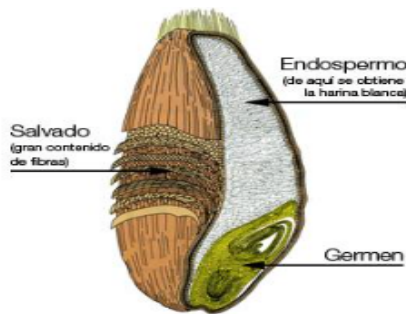


Figura 14. Morfología del grano de trigo

Fuente: Duncan J.R et al, 1989

Tabla 13. composición de las capas de trigo

| COMPOSICIÓN | |
|-------------|-------|
| PERICARPIO | 8.2% |
| ENDOSPERMO | 88.7% |
| GERMEN | 3.6% |

1.3.1 Origen

El trigo era silvestre, y creció primero en Mesopotamia, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates, y de ahí se extendió a toda la región conocida como Creciente Fértil, que comprende desde Palestina, (en la zona de Jericó); el sur de Turquía (área de Katal Huyuk), hasta la propia Mesopotamia y el Golfo Pérsico. En esta región, conocida también como la cuna de la humanidad se produjo, hace entre doce mil y diez mil años, una mutación o hibridación en el trigo silvestre, lo que dio como resultado “una planta tetraploide, con semillas más grandes, la cual no podría haberse diseminado con el viento.

1.3.2 Tipos de trigo en México

Los tipos de trigo en México se clasifican sobre la base de las propiedades del gluten que contienen, a diferencia de Estados Unidos y Canadá en donde los trigos se clasifican por sus hábitos de crecimiento. Además, tienen como destino diferentes industrias de acuerdo a su tipo.

Tabla 14. Tipos de trigo según la clasificación las propiedades del gluten

| Trigo | Tipo de gluten | Textura de grano/endospermo | Usos |
|---------|------------------------------------|-----------------------------|---|
| Grupo 1 | Fuerte (muy elástico) y extensible | Duro a semiduro | Lo utiliza la industria mecanizada de la panificación para producir, principalmente, harina para pan de caja. También, se le utiliza como mejorador de trigos débiles |
| Grupo 2 | o extensible. | mano Duro a semiduro | Es para la industria del pan hecho a mano; se le utiliza como mejorador de trigos débiles o trigos con gluten muy fuerte. |

| | | | |
|---------|--|--|---|
| Grupo 3 | Débil (ligeramente elástico) y extensible. | Suave (blando). No producen harinas ni panificables por sí solos; requieren mezclarse con trigos grupo 1 y 2 | Se utilizan para la industria galletera y elaboración de tortillas, buñuelos, y otros; aunque puede utilizarse en la panificación artesanal como corrector de trigos con gluten muy fuerte. |
| Grupo 4 | Medio y tenaz (no con extensible) | Duro a semiduro | No es panificable por su alta tenacidad. Se mezcla trigos fuertes. Es utilizado para la industria de la repostería . |

1.3.3 Producción del trigo en México



A diciembre de 2018, la superficie sembrada de trigo, para el ciclo primavera-verano 2018, es de 74 mil 470 hectáreas de las cuales se han cosechado 61 mil 527 (82.6%), obteniendo una producción de 112 mil 775 toneladas. Esto es, 5.4%, 5.0 y 8.2% más en superficie sembrada, superficie cosechada y producción, respectivamente, en comparación con su homólogo ciclo del año anterior. La expectativa para este ciclo es obtener 137 mil toneladas.

En este ciclo en promedio se obtiene poco más de 5% de la producción del año agrícola.

Dieciséis entidades hasta el momento han cosechado, destacan: Tlaxcala, Guanajuato, México, Oaxaca y Zacatecas que en conjunto han obtenido 87.4% del total de la producción cosechada. El estado de Guanajuato es el que más incrementado su producción: 55.2%, respecto del mismo periodo del año anterior.

De la producción obtenida en el ciclo primavera-verano 2018, casi en su totalidad fue del grupo panificable (fuerte, medio fuerte, suave). A la fecha en el ciclo otoño-invierno 2018/2019 se han sembrado 270 mil hectáreas (SIAP, 2018).

Tabla 15. Producción de trigo ciclo 2017 vs 2018 avance a diciembre 2018 (Ton.)

| Entidad | Producción | | Variación % Anual | Participación % 2018 |
|-----------------|------------|----------|-------------------|----------------------|
| | 2017 | 2018 | | |
| NACIONAL | 104, 257 | 112, 775 | 8.2 | 100 |
| Tlaxcala | 50,465 | 54,327 | 7.7 | 48.2 |
| Guanajuato | 9,583 | 14,870 | 55.2 | 13.2 |
| México | 11,607 | 11,927 | 2.8 | 10.6 |
| Oaxaca | 10,350 | 8,771 | -15.3 | 7.8 |
| Zacatecas | 5,023 | 8,667 | 72.5 | 7.7 |
| Reto | 17,229 | 14,213 | -17.5 | 12.6 |

Fuente: SIAP

1.3.4 Composición química y valor nutritivo

La composición del grano de trigo puede variar de acuerdo a la región, condiciones de cultivo y año de cosecha. También la calidad y cantidad de nutrientes dependen de las especies de los trigos que influirán en sus propiedades nutritivas y funcionales (Kamal *et al.*, 2009; Serna-Saldívar, 2009).

Tabla 16. Composición química de las diferentes partes del grano de trigo

| Componente | Almidón % | Proteína % | Lípidos% | Minerales % |
|------------|-----------|------------|----------|-------------|
| TRIGO | 60-70 | 10-14 | 1.5-2.5 | 1.6-2.0 |

Fuente: Elaboración propia(datos tomados de Díaz, 2012).

En general, el grano maduro está compuesto por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, lípidos, minerales y agua, junto con trazas de vitaminas, enzimas y otras sustancias (Kent, 1987; Altenbach *et al.*, 2003). Los hidratos de carbono totales constituyen del 77 al 87% de la materia seca total y son los componentes más importantes, de los cuales aproximadamente el 64% es almidón y el resto, carbohidratos solubles e insolubles que constituyen la fibra dietética (Kent, 1987).

El almidón es el hidrato de carbono más importante en todos los cereales, ya que la energía es almacenada de esta forma (Kent, 1987). El alto contenido de almidón en el trigo y en los cereales en general, hace que sean considerados fuente de energía en la dieta, además, es totalmente digerible en el sistema digestivo (Ao y Jane, 2007; Badui, 2013).

Las proteínas que acompañan al almidón, tienen una buena tasa de digestibilidad; sin embargo, dado su bajo porcentaje (10-16%) y a la ausencia de los aminoácidos esenciales lisina, triptófano y treonina, se considera al trigo de calidad proteica baja para las primeras etapas de vida del humano. Las proteínas pueden dividirse en dos grupos: las proteínas del gluten o de almacenamiento y las proteínas que no forman gluten, englobando a la mayoría de las enzimas. Las albúminas y globulinas se encuentran en el germen, el salvado y la aleurona, y en menor proporción en el endospermo, conteniendo un buen balance de aminoácidos. Las prolaminas y gluteninas se encuentran en el endospermo, distinguiéndose por sus altas concentraciones de glutamina y prolina (Dupont y Altenbach, 2003; Gómez- Pallarés *et al.*, 2007).

Tabla 17. Composición química proximal del trigo

| CEREAL | % | | | | | |
|--------|---------|----------|-------|-------------|--------|------|
| | Humedad | Proteína | Grasa | Fibra cruda | Ceniza | CHOS |
| trigo | 12.5 | 14 | 2.1 | 2.6 | 1.9 | 66.9 |

Fuente: Murray, 2005.

1.3.5 Harina de trigo integral

La harina se compone principalmente de una mezcla de fragmentos de endospermo junto con gránulos de almidón y algunos fragmentos de proteína (Wade, 1988). En particular, las harinas de trigo débil son una mezcla de constituyentes como almidón (70-75%), proteínas (8-11%) lípidos, varios polisacáridos no almidonáceos como las pentosanas (Fustier 2008) y una pequeña cantidad de agua 14%.

Harina integral, al producto obtenido de la molienda del grano de cereal que conserva su cáscara y sus otros constituyentes (NOM-247-SSA1-2008).



Figura 15. Granos de trigo

La calidad de la harina , se puede definir como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas como el sabor, olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo (Quaglia,1991). Los factores que predominan para definir su calidad son los complejos proteicos del gluten (gliadina y glutenina) responsables de la propiedad mecánica .

Tabla 18. Complejos proteicos que conforman al gluten

| Glutenina | Gliadina |
|--|--|
| <p>Contribuyen a la extensibilidad, fuerza y firmeza de la masa. Contiene la mayor parte de los lípidos que se encuentran en la harina en forma de lipoproteínas. Estas lipoproteínas contribuyen a las apreciadas características de cocción del gluten de buena calidad.</p> | <p>Da lugar a una masa más blanda, más fluida y contribuye a la cohesión y elasticidad de la masa.</p> |

Fuente: Quaglia, 1991

1.4 Avena

AVENA Nombre científico: *Avena sativa* L.



Figura 16. Avena

Planta herbácea, pertenece a la familia de las gramíneas. Posee un sistema radicular potente, con raíces abundantes y profundas; sus tallos son gruesos y rectos. Sus hojas son planas y alargadas; su limbo, estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro (al tacto son ásperas); los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados (SAGARPA, 2017).

1.4.1 Producción de avena en México



Figura 17.
Flor de avena

El cultivo de avena es un insumo clave para la producción de alimento balanceado de uso pecuario, lo que, aunado a su amplio rango de adaptación en diferentes zonas productoras, lo coloca como cultivo estratégico. No obstante, en el periodo 2003-2016 la producción decreció 5.89 por ciento.

De los trece estados productores de avena en México, cuatro concentran el 96% del volumen y casi 98% del valor de producción, siendo el principal Chihuahua, que concentra el 63% del volumen y el 71% del valor generados. Le siguen en importancia el Estado de México, Hidalgo y Zacatecas. Aproximadamente el 30% de la producción se obtiene en el ciclo Otoño-Invierno en condiciones de riego, concentrándose la cosecha en los meses de mayo a agosto. El 70% restante se obtiene en el ciclo primavera-verano prácticamente de temporal, que se concentra en los meses de octubre a enero.

Las importaciones de avena indican que hay un mayor ingreso promedio en los meses de marzo, julio y noviembre.

El consumo nacional de avena forrajera en 2016 fue de 10.60 MMt, de las cuales México se abasteció con 98.83% de la producción nacional y con 1.17% de importaciones provenientes de Canadá y Estados Unidos (SAGARPA, 2017).

1.4.2 Morfología

Cada semilla Figura 18, está contenida en un fruto llamado cariósipide, el cual exteriormente presenta una estructura denominada pericarpio; este corresponde a la fusión de las paredes del ovario y se presenta unido a la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endospermo y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón.

Las tres divisiones principales en las que suele clasificarse al grano son: salvado, endospermo y germen. Comenzando por la parte externa del grano, la capa de salvado consta de la epidermis, cubierta de la semilla, capa de hialina y células de aleurona, en ese orden. El germen se compone de tejido de pared celular, mientras que el endospermo está compuesto principalmente por células de almidón.

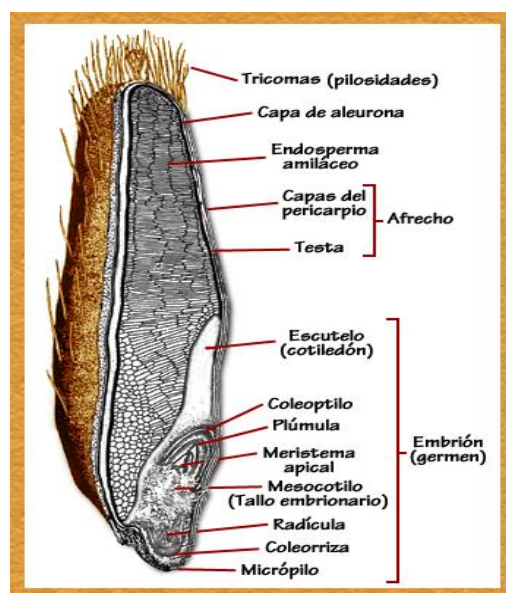


Figura 18. Estructura del grano de avena.

Glumas: Las glumas son estructuras florales en forma de hoja que encierran a las cariósides de los cereales. Sirven como un mecanismo de protección en el grano en desarrollo y maduro contra agentes externos como insectos. Hongos y humedad. Las glumas están formadas por dos estructuras: la lema y la palea. La lema generalmente cubre el embrión y termina en una punta lanceolada, llamada arista.

Pericarpio: El pericarpio encierra a la semilla y está compuesto de varias capas de células. Básicamente esta estructura se divide en epicarpio, mesocarpio y endospermo. Este último tejido a su vez se subdivide en células intermedias, cruzadas y tubulares.

El epicarpio o epidermis es la capa más externa del pericarpio. Sus células son alargadas, rectangulares y con paredes celulares angostas. Por debajo de las células intermedias existen las llamadas células cruzadas que son alargadas y cilíndricas y su posición es transversal a la del grano. Su función primordial es evitar que la humedad conducida por las células tubulares se pierda, se puede decir que actúan como un sello o empaque.

Testa: La testa está firmemente adherida a la parte central de las células tubulares y consiste en uno o dos estratos de células. El color de algunos granos depende en parte de la existencia de pigmentos en estas capas celulares.

Aleurona: La aleurona en la avena puede contar con una o dos capas celulares. La composición y estructura de la capa de aleurona es totalmente distinta a la del resto del endospermo. Las células no contienen gránulos de almidón, en cambio tienen alto contenido de proteína, concentrada en granos de aleurona, aceite principalmente encerrado en los esferosomas y minerales. Las paredes de estas células son gruesas con alto contenido de fibra .

La capa de aleurona juega un papel muy importante durante la germinación, porque sintetiza las enzimas indispensables para lograr desdoblar a los compuestos del endospermo.

Endospermo periférico: El endospermo periférico se caracteriza por su alto contenido proteico y por contener unidades de almidón pequeñas, angulares y compactas.

Endospermo vítreo: Las células maduras del endospermo maduro contienen básicamente cuatro estructuras: paredes celulares, gránulos del almidón, matriz y cuerpos proteicos. Las paredes celulares son delgadas y encierran a los demás componentes. En ellas hay un alto contenido de fibra insoluble (celulosa y beta glucanos) y soluble (pentosanas). Los gránulos de almidón ocupan la mayoría del espacio celular y están rodeados y separados por la matriz proteica que sirve como pegamento para mantener la estructura interna de la célula. Los cuerpos proteicos son redondos y muy pequeños si se comparan con las unidades del almidón. Están dispersos en el espacio celular y en su mayoría incrustado en la membrana de los gránulos de almidón.

Endospermos almidonoso: El endospermo almidonoso se encuentra encerrado por el vítreo. Es decir, se encuentra en la parte más céntrica del grano. Contiene las mismas estructuras del endospermo vítreo, pero las unidades de almidón son de mayor tamaño y menos angulares; la asociación entre los gránulos de almidón y la matriz proteica más débil y las unidades de almidón tienen menos incrustaciones de los cuerpos proteicos, las paredes celulares son más delgadas y en general tienen un menor contenido de proteína que el anterior.

Germen: Básicamente el germen encierra el axis embrionario y al escutelo o escudo. Esta estructura se encuentra adherida fusionada al endospermo por medio del escudo. Este tejido y su epitelio son morfológicamente el único cotiledón de las gramíneas. Sirve como almacén de nutrientes y como puente de comunicación entre la plántula o embrión en desarrollo y el gran almacén de nutriente del endospermo (Morales, 2006).

1.4.3 Composición química

Los carbohidratos son el principal macronutriente de la avena, estando en forma de almidón. Como en la mayoría de los cereales, el almidón está compuesto de

cadenas lineales de amilosa y cadenas ramificadas de amilopectina. Estudios muestran que el contenido de amilosa es de 18 a 34% (Rojas, 2014).

Hablando de proteínas esta presenta 6 de los 8 aminoácidos esenciales para una correcta síntesis de proteínas, mientras que también es uno de los cereales con un mayor contenido de grasa vegetal siendo el 65% de ácidos grasos insaturados y el 35% de ácido linoleico (Velázquez, 2014). La composición de la avena se presenta en la tabla 19.

Tabla 19. Composición química de la avena.

| Composición de la avena por cada 100 gramos. | |
|--|------|
| Calorías (Kcal) | 389 |
| Agua (g) | 8.2 |
| Grasas (g) | 6.9 |
| Proteína (g) | 16.8 |
| Hidratos de carbono(g) | 66.2 |
| Fibra (g) | 10.6 |
| Potasio (mg) | 429 |
| Sodio (mg) | 2 |
| Fósforo (mg) | 523 |
| Calcio (mg) | 54 |
| Magnesio (mg) | 11 |

1.4 Panificación

Se define como el producto alimenticio elaborado por la cocción por horneado de masa fermentada, elaborada con harina de trigo (el grano más utilizado) o puede ser centeno, cebada, maíz, arroz, papas y otros, agua potable, sal yodada, levadura y otros ingredientes y aditivos permitidos para alimentos

PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN

A los obtenidos de las mezclas de harinas de cereales o harinas integrales o leguminosas, agua potable, fermentados o no, que pueden contener: mantequilla, margarina, aceites comestibles, grasas vegetales, sal, leudantes, polvo de hornear y otros aditivos para alimentos, especias y otros ingredientes opcionales tales como, azúcares, mieles, frutas, granos y semillas comestibles, entre otros; sometidos a proceso de horneado, cocción o fritura; con o sin relleno o con cobertura, pueden ser mantenidos a temperatura ambiente, en refrigeración o en congelación según el caso (NOM-247-SSA1-2008).

1.5.1 Galletas

GALLETAS

Al producto elaborado fundamentalmente, por una mezcla de harina de trigo u otros cereales, grasas, aceites comestibles o sus mezclas y agua, con o sin relleno, adicionada o no de azúcares, de otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos, sometida a proceso de amasado o batido, y otros procesos como fermentación, modelado, troquelado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua (NOM-247-SSA1-2008).

En general, se reconoce que son productos cereales con un contenido en agua inferior al 5% a diferencia de otros productos horneados como el pan que posee un 35-40% de humedad o los bizcochos con un 15-30% de humedad (Wade 1988).



Figura 19. Galletas

Para la Secretaría de Salud; moldeado, modelado o extruido de distintas formas y cuyo contenido de humedad no debe ser mayor al 8 %. Para el caso de galletas compuestas y combinadas este porcentaje podrá ser mayor de acuerdo al relleno y/o cobertura (NMX-F-516-1992).

Los ingredientes principales utilizados en la fabricación de galletas son la harina de trigo, la grasa y el azúcar (Wade 1988). Dentro del término galleta existen innumerables variedades. Consideradas como un producto de primera necesidad debido a la alta aceptabilidad que tiene entre los grupos de todas las edades y la investigación se centra no solamente en la reducción de calorías a través de la sustitución de las harinas o grasas con reemplazadores de menor contenido calórico, sino también en el incremento del contenido de fibra dietética (Maldonado et al., 2000).

1.5.2 Clasificación

Wade (1988) cita dos tipos fundamentales de galletas: “pastas duras” (“hard dough”) y “pastas blandas” (“short dough”), siendo una de las diferencias fundamentales entre estos dos tipos de galletas la existencia o no de largas cadenas de gluten que confieren a la masa extensibilidad Manley (1991). Cuando el gluten está desarrollado, la masa exhibe unas propiedades viscoelásticas dando lugar a “pastas duras”, sin embargo, cuando la cantidad de grasa y azúcar es alta, el gluten no se puede desarrollar completamente y la masa se queda “corta” (“short dough”) Manley (1991).

Además las galletas de masa corta aumentan su tamaño (“spread” o esparcimiento) durante los primeros estadios del proceso de horneado (Manley 1991), mientras que las galletas en las que el gluten está desarrollado (“hard dough”) tienden a encoger longitudinalmente. Las galletas por su elaboración pueden ser: simple, compuestas o combinadas, Tabla 20.

Tabla 20. Clasificación de galletas de acuerdo a su elaboración

| Tipo de galletas | Características |
|------------------|---|
| Simples | Las que no contienen relleno ni decorado. |
| Combinadas | Las que contienen relleno y decorado. |
| Relleno | Cualquier ingrediente agregado antes o después del horneado y que está cubierto total o parcialmente por galleta. |
| Decorado | Cualquier ingrediente agregado antes o después del horneado que cubra total o parcialmente el producto. |

Fuente: NMX-F-516-1992

Según NOM-247-SSA1-2008, las galletas se clasifican de acuerdo a su composición química

Tabla 21. Clasificación de las galletas

| Tipo I Galletas finas | Tipo II Galletas entrefinas | Tipo III Galletas comerciales |
|---|--|---|
| Humedad: Máx 6.0 pH:Min. 6.0 y Máx.8.0 Cenizas %: 1.5 Proteínas %: 8.0 Fibra cruda %: 0.5 Extractor etéreo %: 15 | Humedad: Máx. 8.0 pH:Min. 6.0 y Máx.8.0 Cenizas %: 2.0 Proteínas %: 6.0 Fibra cruda %: 0.5 Extractor etéreo %: 10 | Humedad: Máx. 8.0 pH:Min. 6.0 y Máx. 8.0 Cenizas %: 2.0 Proteínas %: 6.0 Fibra cruda %: 0.5 Extractor etéreo%: 5 |

Fuente: NOM-247-SSA1-2008

Galletas finas: En el caso de galletas con relleno de frutas el pH se modificará de acuerdo al relleno.

1.5.3 Galletas con fibra

Hasta ahora el salvado de trigo ha sido la principal fuente de fibra dietética en la elaboración de productos horneados denominados ricos en fibra (Pérez y Márquez, 2006). La fibra genera un efecto saciante y consigue beneficios a nivel metabólico, como regularizar el tránsito intestinal y controlar el colesterol plasmático. A pesar de ello, no conviene ingerir fibra en cantidades excesivas (EROSKI CONSUMER, 2002).

1.5.4 Proceso de elaboración de galletas

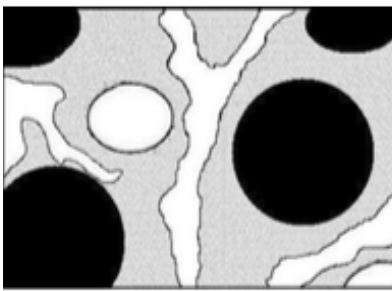
La masa es el estado intermedio entre la harina y el producto terminado (Sai Manohar 1999). Cada masa tiene unas cualidades particulares de elasticidad y moldeabilidad, es decir, una determinada consistencia. Al igual que existen numerosas formulaciones de galletas, también existen diversos procesos para formar la masa de galleta. En las galletas de masa corta el objetivo fundamental durante el amasado es que el gluten se desarrolle poco, sin embargo, debe lograrse la dispersión adecuada de los ingredientes (Baltasvias et al.1999). Hay fundamentalmente dos procesos de amasado:

Tabla 22. Procesos de amasado.

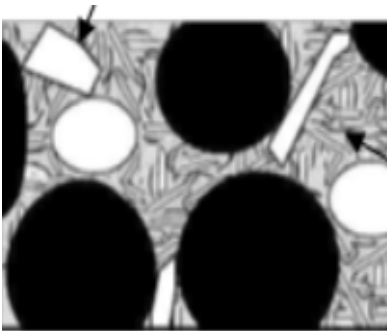
| PROCESO DE AMASADO | |
|--|--|
| “SINGLE-METHOD” | “CREAMING-METHOD” |
| <p>Se mezclan todos los ingredientes al principio en una sola etapa (Pareyt et al.2008)</p>  <p>Figura 20. Diferentes harinas</p> | <p>Primero se mezcla la mantequilla con el azúcar y los ingredientes minoritarios hasta alcanzar lo que se conoce en pastelería como “punto pomada” (o “cream-up”) y, posteriormente, se añaden el resto de ingredientes (Pareyt et al.2008) .</p> <p>Durante el “creaming” la grasa envuelve individualmente los granos de azúcar</p> |

impidiendo que se agregue entre sí y forme terrones, si la grasa no actuase de esta forma, cuando el azúcar fundiese, volvería a recristalizar formando mayores partículas (Hutchinson 1978).

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de Pareyt et al.2008 y Hutchinson 1978.



La concentración de grasa es alta ; a masa es un sistema bifásico compuesto por una fase grasa y una fase no grasa formada por una solución saturada de azúcar que envuelve las partículas de azúcar



La concentración de grasa es bajo; donde la masa de galleta es una suspensión de proteínas, complejos almidón-proteína y gránulos aislados de almidón en una fase líquida continua basada en una emulsión de lípidos en una solución de azúcar

Figura 21. Estructura de la masa de galleta de masa corta.

***Blanco:** representación de la grasa, **gris:** solución azúcar, partículas **negras:** harina, **partículas blancas:** almidón, **flecha:** proteína.

Durante el periodo de espera entre el **amasado y el laminado** de galletas ocurren numerosos cambios en la masa de galletas. Las galletas de masa corta cambian su consistencia en este periodo. Aparentemente parece que la masa se seca, pero

los cambios ocurridos se deben a la lenta absorción de agua libre por los componentes hidrofílicos (Wade 1988), como son la proteína y el almidón de la harina. En el proceso de **horneado** se producen numerosos cambios que modifican radicalmente la estructura de la galleta como son la desnaturalización proteica, la fusión de la grasa, las reacciones de Maillard, la evaporación del agua y la expansión de gases (Chevallier et al. 2002). Esto se traduce en tres variaciones importantes (Manley 1998):

- Disminución de la densidad del producto unida al desarrollo de una textura abierta y porosa.
- Reducción del nivel de humedad hasta 1-4%.
- Cambio en la coloración de la superficie .



Figura 22. Galleta porosa

Durante el **horneado** existe un solapamiento de procesos. La grasa es lo primero que funde, y da a la masa un carácter plástico (Pareyt et al. 2008); de hecho, las masas con mayor cantidad de grasa fundida durante la cocción se esparcirán más (Hoseney 1994), retrasando por otra parte la acción de los agentes leudantes que liberarán gases y se expandirán. La expansión viene seguida de un colapso (Chevallier et al. 2000b), que marcará el diámetro final de la galleta. El almidón y las proteínas también sufren un proceso de calentamiento hinchándose y, en algunos casos, sufriendo una desnaturalización. También el agua presente en la masa se evapora contribuyendo a la expansión. El azúcar contribuye a disminuir la viscosidad de la masa (Manley 1998) y forma una estructura de masa no coagulada al subir la temperatura (al contrario que ocurre en otras masas como la de pan), así que durante la cocción la masa se convierte en una estructura de matriz azucarada.

1.5.5 Función de ingredientes

Tabla 23. Función de los ingredientes mayoritarios



| HARINA DE TRIGO | GRASA | AZÚCAR |
|--|--|--|
| <p>Proporcionan forma y cuerpo. La mayoría de los gránulos de almidón presentes en la galleta se encuentran sin gelatinizar debido a la poca cantidad de agua que contiene y a la presencia de azúcar (Chevallier et al., 2000), de manera que el almidón podría quedar rodeado de los otros ingredientes y actuar de “relleno” . gluten forme una masa viscoelástica (Pareyt et al., 2008). Sin embargo, en el caso de las galletas de masa corta, donde hay poca cantidad de agua y sustancias que interfieren</p> | <p>La grasa el ingrediente responsable de la unión de todos los ingredientes (Pareyt et al., 2008). Además, tiene misión antiaglutinante y participa en el desarrollo de la textura (Manley, 1998). Durante el amasado, la grasa actúa como lubricante y rodea la superficie de la harina inhibiendo la creación de una de una red cohesiva y extensible de gluten (Wade, 1988); además, la grasa presente en la masa de galleta rodea también los gránulos de almidón, rompe la</p> | <p>El azúcar mayoritariamente empleado en la elaboración de galletas es la sacarosa en forma cristalina. En el proceso de mezclado de ingredientes, el azúcar compite con la harina por el agua inhibiendo la formación de gluten (Gallagher, 2003) y afectando, por tanto, a la consistencia de la masa (Olewnik et al., 1984; Slade y Levine 1994), Durante el horneado, el azúcar también influye en la gelatinización del almidón (Spies et al.,</p> |

| | | |
|---|---|---|
| como la grasa o el azúcar, el gluten no es capaz de hidratarse (Gaines 1990). | continuidad de la estructura proteínalmidón (Ghotra et al., 2002) y afecta la textura de la masa, de forma que la masa es menos elástica y no encoge tras su laminación | 1982), en las reacciones de pardeamiento (Kulp et al., 1991), en la movilidad del gluten (Pareyt et al., 2009), en la expansión de la galleta y en el carácter crujiente (Kulp et al., 1991). |
|---|---|---|

Ingredientes minoritarios

Tabla 24. Función de los ingredientes minoritarios

| SAL | LECHE | BICARBONATO |
|--|---|---|
|  |  |  |
| El cloruro sódico o sal común se utiliza fundamentalmente por su sabor y por su propiedad de potenciar sabores. Su concentración más eficaz en las galletas es de 1-1,5% del peso de la harina, ya que a niveles superiores a 2,5% se hace desagradable (Manley 1998). | La leche contribuye a la textura, gusto, color de superficie y le aporta un valor nutricional extra. La presencia de aminoácidos provenientes de la leche favorece las reacciones de pardeamiento durante el horneado, contribuyendo al color y el aroma deseado (Wade 1988). | Agente Leudante (CO ₃ HNa): Al calentarse, el bicarbonato libera algo de dióxido de carbono y permanece como carbonato sódico, actuando como esponjante; además controla el pH que puede afectar al esparcimiento de la masa y al color de la galleta (Manley 1998). |

1.6 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial surge como una disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además, la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta.

Este último punto es primordial, ya que no se piensa desde un comienzo en el impacto que puede producir el producto en el consumidor final; es importante tener en cuenta la opinión del consumidor desde el momento de la etapa del diseño del producto, para así poder determinar las especificaciones de acuerdo a las expectativas y necesidades del mercado y por consiguiente del consumidor, (Calatayud, 2015).

El Instituto de Tecnología de Alimentos de E.U (IFT por sus siglas en inglés), define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente, (Rojas, 2014).

La importancia de la evaluación en las industrias de alimentos radica principalmente en varios aspectos como:

- ✓ Control del proceso de elaboración: la evaluación es importante en la producción, ya sea debido al cambio de algún componente del alimento o

por que se varíe la formulación; a la modificación de alguna variable del proceso o tal vez por la utilización de una máquina nueva o moderna.

- ✓ Control durante la elaboración del producto alimenticio: el análisis sensorial se debe realizar a cada una de las materias primas que entran al proceso, al producto terminado. Esto permite hacer un seguimiento al producto evitando o previniendo algunos inconvenientes que puedan alterar las características del producto en cada etapa del proceso.
- ✓ Vigilancia del producto: este principio es importante para la estandarización, la vida útil del producto y las condiciones que se deben de tener en cuenta para la comercialización de los productos cuando se realizan a distancias alejadas de la planta de procesamiento o cuando son exportados, ya que se deben mantener las características sensoriales de los productos durante todo el trayecto hasta cuando es preparado y consumido.
- ✓ Influencia del almacenamiento: es necesario mantener el producto que se encuentra en almacenamiento, bajo condiciones óptimas para que no se alteren las características sensoriales, para lograr este propósito es necesario verificar las condiciones de temperatura, ventilación, tiempo de elaboración y almacenamiento, las condiciones de apilamiento y la rotación de los productos.
- ✓ Sensación experimentada por el consumidor: se basa en el grado de aceptación o rechazo del producto por parte del consumidor, ya sea comparándolo con uno del mercado (competencia), con un producto nuevo con diferentes formulaciones o simplemente con un cambio en alguno de los componentes con el fin de mejorarlo. Se debe tener claro el propósito y el aspecto o atributo que se va a medir.

Además de medir la aceptación de un producto, la evaluación sensorial permite también medir el tiempo de vida útil de un producto alimenticio, (Calatayud, 2015).

Pruebas sensoriales

A continuación se presentan los principales tipos de pruebas en el análisis sensorial, (Rojas, 2014).

Pruebas de afectividad: El equipo o panel de catadores clasifica las muestras con relación a la preferencia que siente por ella o a su nivel de satisfacción.

Preferencia: Permiten ordenar, según las opiniones de un grupo de consumidores, un par o una serie de muestras de acuerdo con un parecido personal o una preferencia.

Aceptación: Evalúan de acuerdo a un criterio personal-subjetivo si la muestra presentada es aceptable o rechazable para su consumo.

Nivel de agrado: Localizan el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se utiliza una escala no estructurada (escala hedónica), sin mayores descriptores que los extremos de la escala, en los cuales se puntualiza la característica de agrado.

Pruebas discriminativas: Permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón. Además, deben permitir cuantificar la diferencia significativa.

- Pareada
- Triangular
- Dúo-trío
- Comparaciones apareadas
- Comparaciones múltiples
- Ordenación

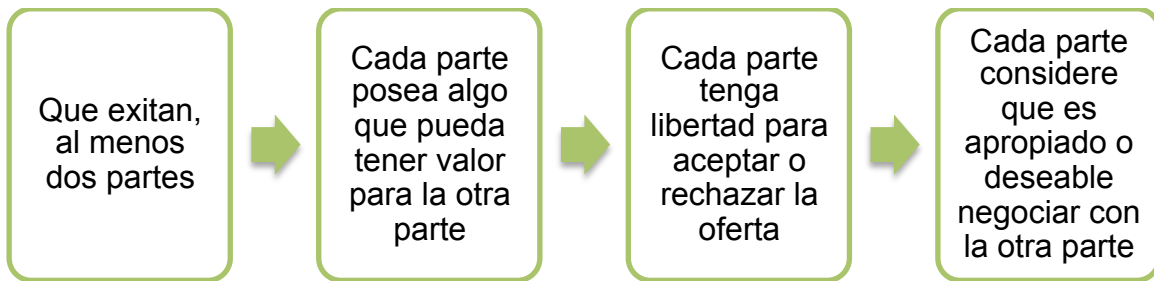
Pruebas descriptivas: Permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías o tipos (patrones) definidos previamente.

- Pruebas de calificación con escalas

- Medición de atributos con respecto al tiempo
- Definición de perfiles sensoriales.
- Relaciones psico-físicas.

1.6 Mercadotecnia

El objetivo es entregar valor al mercado a cambio de una utilidad. El concepto tradicional supone que la empresa sabe que fabricar y el mercado comprará unidades suficientes para generarle utilidades a la compañía; este concepto tiene mayores posibilidades de éxito en economías de escasez. Cuatro condiciones para que exista:



Según la definición de la American Marketing Association, la administración de la mercadotecnia es el arte de planear y ejecutar la concepción, fijación de precios, promoción y distribución de ideas, mercancías y servicios para dar lugar a intercambios que satisfagan objetivos individuales y organizacionales.

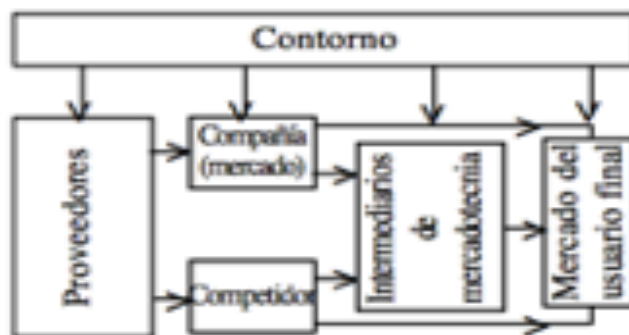


Figura 23. Actores y fuerzas principales de la mercadotecnia moderna.

Las actividades de mercadotecnia contribuyen en forma directa a la venta de los productos de una organización. Con esto, no sólo ayudan a la misma a vender sus

productos ya conocidos, sino también crean oportunidades para realizar innovaciones en ellos. Esto permite satisfacer en forma más completa las cambiantes necesidades de los consumidores y, a la vez, proporcionar mayores utilidades a la organización (Philip K., 2001).

La mercadotecnia es un proceso social y administrativo mediante el cual grupos e individuos obtienen lo que desean a través de generar, ofrecer e intercambiar productos de valor con sus semejantes. La secuencia es como sigue:

1. Necesidades, deseos y demandas

DEMANDAS

Demanda negativa: si a la mayor parte del mercado le desagrade el producto.

Ausencia de demanda: sentir indiferencia por el producto.

Demanda latente: fuerte necesidad no satisfecha por ningún producto

Demanda decadente: caída de la demanda existente.

Demanda irregular: demanda que varía por temporadas.

Sincromercadotecnia: encontrar las formas de alterar los mismos patrones

La necesidad humana es el estado en el que se siente la privación de algunos satisfactores básicos. Los deseos consisten en anhelar los satisfactores específicos para estas necesidades profundas. Los deseos se tornan en exigencias cuando están respaldados por el poder adquisitivo. Las demandas consisten en desear productos específicos que están respaldados por la capacidad y la voluntad de adquirirlos.

2. Productos

Todo aquello que puede ofrecerse para satisfacer una necesidad o deseo. **Miopía mercadotécnica:** cuando los vendedores centran su atención en el producto y no en las necesidades del cliente.

3. Valor, costo y satisfacción

Valor es la estimación que hace el consumidor de la capacidad total del producto para satisfacer sus necesidades. El consumidor elegirá el producto que le retribuya el máximo valor a cambio de su dinero.

4. Intercambio, transacciones y relaciones

Maneras mediante las cuales la gente puede obtener los productos que desea: **Autoproducción**, la gente puede saciar su hambre cazando, pescando y recolectando frutos. No requiere interactuar con nadie más.

Coacción, la gente hambrienta puede arrebatar o robar alimentos a otros. No ofrece ningún beneficio a los demás, excepto el de que no se les perjudica.

Mendicidad, la gente hambrienta puede acercarse a otros y suplicarles que les den alimentos. No tiene nada tangible que ofrecer excepto gratitud.

Intercambio, la gente hambrienta puede acercarse a otros y ofrecer a cambio algún recurso, como dinero, otro producto o algún servicio.

La mercadotecnia emana de esta última forma de adquirir productos. Intercambio es el acto de obtener de alguien un producto que se desea ofreciendo algo a cambio, cinco condiciones para que exista:

1. **Que existan, al menos, dos partes.**
2. **Que cada parte posea algo que pueda tener valor para la otra parte.**
3. **Que cada parte sea capaz de comunicarse y hacer entrega.**
4. **Que cada parte tenga libertad para aceptar o rechazar la oferta.**
5. **Que cada parte considere que es apropiado o deseable negociar con la otra parte.**

El intercambio es un proceso de generación de valor, ya que ambas partes quedan en mejor situación de la que se encontraban antes de efectuarlo. Si se

llega a un acuerdo se tiene una transacción. Una transacción consiste en el comercio de valores entre 2 partes.

Red de mercadotecnia: Resultado final de las relaciones de mercadotecnia, que consiste en la estructuración de un bien único de la empresa.



Figura 24. Red de mercadotecnia.

6. Mercados

Un mercado está formado por todos los clientes potenciales que comparten una necesidad o deseo específico y que podrían estar dispuestos a participar en un intercambio que satisfaga esa necesidad o deseo.

El concepto de mercado ha tenido diversas acepciones a lo largo del tiempo, cada una de ellas resultado de la percepción de diversas disciplinas; no obstante, este concepto debe ser analizado desde el punto de vista de la mercadotecnia, sobre todo si se quiere hacer un análisis de segmentación de mercados (Philip K., 2001).

El mercado puede tener diferentes definiciones que dependen del enfoque desde el cual se estudie, de forma tal que podemos clasificar y definir los conceptos de mercado como se indica a continuación:

- **Desde el punto de vista geográfico**

Mercados locales y/o mercados regionales Mercados nacionales Mercados multinacionales y extranjeros Mercados globales

- **Según el tipo de consumo**

Mercado de consumo Mercado de servicios Mercadotecnia industrial

- **Según el tipo de productos**

Mercado de materias primas Mercado de productos industriales Mercado de productos informáticos Mercado de productos manufacturados Mercado de servicios

- **De acuerdo con el tipo de demanda**

Mercado disponible Mercado real Mercado potencial Mercado meta

La definición y reconocimiento del tipo de mercado donde comercializa los productos brindará una visión generalizada del tipo de actividades comerciales que deberemos realizar; sin embargo, cada mercado es diferente, y cada uno de los diferentes mercados está integrado por tipos de personas diferentes, de edades diferentes, de sexos diferentes, de costumbres y personalidades también diferentes.

Segmentación de mercados

Justamente una de las herramientas de mercadotecnia que nos permite realizar un análisis de mercado en forma efectiva es la Segmentación de mercados, que puede definirse como la división de un universo heterogéneo en grupos con al menos una característica homogénea.

La segmentación de mercados es una actividad que brinda al mercadólogo certeza en el desarrollo de sus actividades, en forma particular brinda algunas ventajas como:

- **Certidumbre en el tamaño del mercado** : Al conocer el grupo podrá calcularse en casi todos los casos el tamaño del mercado; es decir, el número aproximado de personas que conforman el mercado disponible. Dicho de otra forma, el número aproximado de personas que pueden comprar nuestro producto.
- **Claridad al establecer planes de acción**: Al conocer a los integrantes del mercado meta se tendrá claridad en los planes de acción a desarrollar.

- **Identificación de los consumidores integrantes del mercado:** Conocer a nuestros consumidores nos dará certeza en las decisiones de mercado que se tomen.
 - **Reconocimiento de actividades y deseos del consumidor :** Las costumbres de los consumidores nos sirven para saber cómo satisfacer sus necesidades en forma oportuna.
 - **Simplificación en la estructura de marcas:** Al conocer nuestro mercado podemos evitar la existencia de marcas no productivas en nuestro catálogo.
 - **Facilidad para la realización de actividades promocionales:** Las actividades promocionales estarán dirigidas únicamente al grupo de interés, de modo tal que se cuidarán los recursos de la empresa y se tendrán resultados más efectivos.
 - **Simplicidad para planear:** La planeación se simplifica al conceptualizar las actividades para un grupo específico del mercado
7. **Mercadotecnia y mercadólogos:** El mercadólogo es aquel que busca un recurso de alguien más y está dispuesto a ofrecer algo de valor a cambio.

El concepto de mercadotecnia se sustenta en 4 pilares principales:

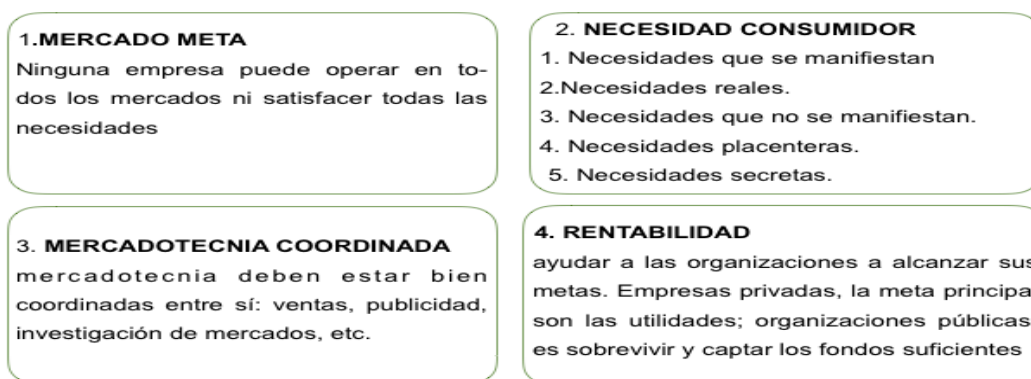


Figura 25. Cuatro pilares de mercadotecnia

Valor para el consumidor: Los clientes le comprarán a la empresa que, según su

criterio, le retribuye un mayor valor al consumidor. Este se define como la diferencia entre el valor total y el costo total para el consumidor. Y valor total para el consumidor es el conjunto de beneficios que los consumidores esperan obtener de un producto o servicio en particular (Philip K., 2001).

1.6.1 Planeación de mercadotecnia

Las 4Ps nos hacen ver las cosas desde la mirada de la empresa, desde su perspectiva. Decidir qué nivel de gastos de mercadotecnia se requiere para lograr los objetivos. Determinar cuál es la relación del presupuesto de mercadotecnia / ventas de sus competidores. Decidir cómo dividir el presupuesto total de mercadotecnia entre las herramientas de mercadotecnia que utiliza la empresa para alcanzar sus objetivos en el mercado meta (mezcla de mercadotecnia). Una clasificación de estas herramientas son las cuatro P's:

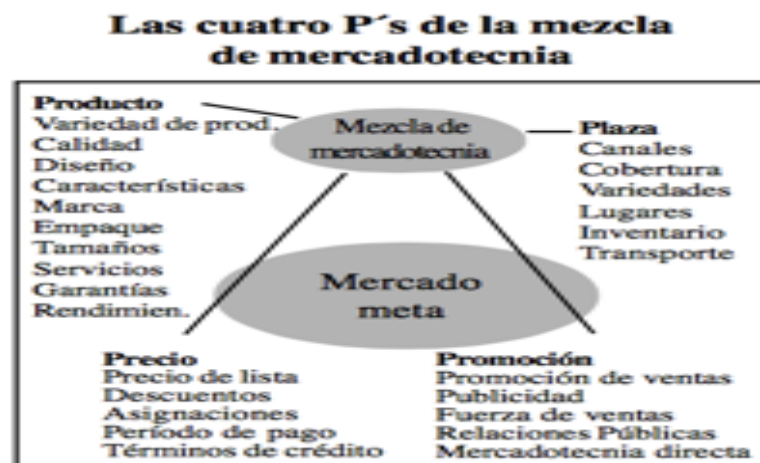


Figura 26. Cuatro P's de la mercadotecnia

1P · Prestación: Producto y Servicio

La primera P conocida como Producto, la ampliaremos a Prestación: Producto y Servicio, puesto que debe centrarse en resolver necesidades funcionales y no en sus características tal y como se hacía años atrás. La definimos como: cualquier bien, servicio, idea, persona, lugar, organización o institución que se ofrezca en un mercado para su adquisición o uso, y que satisfaga una necesidad o que cumpla

con una prestación concreta y / o emocional. Herramienta más fundamental de la mercadotecnia.

2P · Precio

Es el valor de intercambio del producto/servicio, determinado por la utilidad (o la satisfacción) derivada de la compra y el uso (o el consumo del producto). Se distingue del resto de los elementos del Marketing Mix porque es el único que genera ingresos, mientras que los demás elementos generan costes.

3P · Punto de venta / plaza (distribución)

Comprende las diferentes actividades que la empresa emprende para que el producto sea accesible y esté a disposición de los consumidores meta.

La distribución debe de considerar la entrega correcta del producto, en el lugar adecuado y en el momento oportuno, con el menor costo posible. Crea valor para clientes, socios y proveedores que se expresa en tiempo y lugar.

El ámbito de la comercialización o del mercado. Para llegar a los consumidores hay distintos tipos de canales de distribución. Un canal de distribución es la forma en que llegan los productos desde el fabricante hasta el usuario final.

Canal indirecto: cuando el fabricante deja la venta en manos de intermediarios.

Canal directo: cuando el fabricante es el propio distribuidor.

Alternativas cooperadas de distribución: son alianzas entre el productor y comerciantes para instalar un espacio de venta propio de la marca en un espacio comercial más grande

4P · Promoción

La promoción persigue difundir un mensaje y que éste tenga una respuesta en el público objetivo al que va destinado. Sirve para informar, persuadir, y recordar al mercado la existencia de un producto y su venta, con la esperanza de influir en los sentimientos, creencias o comportamiento del receptor o destinatario.

Los objetivos principales de la promoción son:

- Comunicar las características del producto
- Comunicar los beneficios del producto
- Que se recuerde o se compre la marca/producto

En la última P de Promoción, encontramos, una vez más, el envase con su función de facilitar la correcta información sobre el producto / servicio acompañada por una estética atractiva, que llame la atención y destaque nuestra solución. La promoción eficaz de la oferta comercial de la empresa pasa por transmitir el mensaje con el medio más adecuado.

Son múltiples las clasificaciones que podemos encontrar para las promociones de venta. Podemos encontrar clasificaciones basadas en sus objetivos, en los esfuerzos que exigen al consumidor, en su operatividad, en su forma de llegar al consumidor, en base al ámbito de su aplicación, en relación la naturaleza de lo que se promociona y según otros tantos criterios como los autores le producto se lo propongan.

Promoción activa: Son aquellas que encierran un esfuerzo o un costo mayor, relativo a la localización, la organización, y la memorización de esta información promocional.

Promoción pasiva: son aquellas promociones, que incitan un esfuerzo que esta limitado al entorno de la tienda. Este tipo de promoción, no considera una búsqueda activa de la oportunidad. Si no que da pasó a la casualidad, a que el consumidor se encuentre con la promoción en el momento mismo de la compra y ahí sea cuando evalué.

Promoción orientada o no al precio: Hay promociones que generan un precio de compra menor para los productos que las sustentan, mientras que hay otras promociones de venta, que entregan un valor agregado al producto que vas más allá que un descuento en el precio, ya sea señales de calidad, un compromiso por parte de la empresa o simplemente algún regalo o premio.

Promociones según el Ámbito de Aplicación: Promociones orientadas al consumidor, las orientadas al comercio y las orientadas a la fuerza de venta.

Las promociones de venta orientadas al consumidor, están dirigidas, como su nombre lo indica, hacia el consumidor final y son instrumentos que buscan fortalecer las ventas de una compañía y formar parte de la estrategia global de marketing, apoyando la campaña publicitaria.

Las promociones de venta orientadas al comercio, están dirigidas, a los intermediarios, específicamente a mayoristas, minoristas o distribuidores. Estas promociones buscan apoyar la publicidad y ventas personales de estos intermediarios, en beneficio del fabricante.

Promociones de venta orientadas a la fuerza de venta, buscan obtener mayor apoyo del equipo de venta del fabricante para los productos vigentes o nuevos y hacer que los vendedores consigan nuevas cuentas o clientes.

Los medios publicitarios que pueden intervenir en la promoción de tu producto son muy variados y su empleo dependerán del tipo de producto, estrategia y costos para llevarlos a cabo; los medios donde más frecuentemente se utiliza la publicidad son la televisión, la radio, los periódicos, las revistas y los carteles de gran formato en las principales vías de comunicación terrestre.

Otros medios y formatos pueden ser: Internet Móvil urbano (camiones o vehículos), Proyección en cine, volantes, folletos, carteles, catálogos, exhibidores, correo directo (Envíos postales), puntos de venta (Stand) y banners de promoción entre otros.

El cartel ha cumplido, y cumple todavía, un importante papel como medio de comunicación, cuyo mensaje responde al contexto en el que ha sido producido, dando alguna referencia sobre el mismo. Los carteles de impulsión son los que comunican las campañas promocionales, también se pueden utilizar para los lanzamientos de los productos nuevos. Normalmente los carteles de impulsión se usan para potenciar la venta de productos caracterizados por su novedad (Philip K., 2001)

1.6.2 Necesidades y tendencias en el macro ambiente

Ambiente demográfico: Se considera el primer factor porque la gente crea mercados.

- Crecimiento explosivo de la población mundial
- La mezcla de la edad de la población determina las necesidades
- Mercados étnicos
- Grupos educativos
- Formación de hogares

Ambiente económico: Principales tendencias en ingresos y de los cambios en los patrones del consumidor

- Distribución del ingreso
- Ahorro, deuda y disponibilidad de crédito

Ambiente tecnológico: la tecnología es la fuerza más impresionante que modela la vida de las personas.

Ambiente cultural: La gente absorbe, casi en forma inconsciente, el mundo que ve, el cual define sus relaciones con ella misma, con otros, con la naturaleza y con el universo.

- Los valores culturales esenciales tienen gran perspectiva
- Toda cultura está conformada por subculturas
- Los valores culturales secundarios cambian al transcurrir el tiempo

Ambiente natural: los mercadólogos deben estar conscientes de los riesgos y oportunidades relacionados con cuatro tendencias del ambiente natural.

- Escasez de materia prima
- Aumento en los costos de los energéticos
- Incremento de los niveles de contaminación
- Cambios en el papel que juega el gobierno en la protección ecológica

Ambiente político: Este ambiente se compone de leyes, oficinas gubernamentales y grupos de presión, los cuales influyen y limitan a diversas

organizaciones e individuos de la sociedad.

- Legislación excesiva para el control de las empresas

1.8 Empaque

Envase, todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria (**NOM-130-SSA1-1995**).

Envasado. Procedimiento que comprende desde la producción del envase hasta la envoltura del producto, y por el cual los productos se envasan para su transporte y venta.

Envase múltiple. Es donde se encuentran dos o más productos iguales dentro del mismo envase.

Envase colectivo. Es donde se encuentran dos o más variedades diferentes de productos pre envasados.

Empaque. Es la presentación comercial del producto, contribuye a la seguridad de éste durante el desplazamiento, y logra su venta; le otorga una buena imagen y lo distingue de la competencia. El empaque es la manera de presentar el producto terminado en el punto de venta.

El empaque (packing) es la quinta **P** del márketing. Se considera como elemento de la estrategia de producto. La función gráfica del empaque toma gran importancia, “esta función se establece con el fin de aumentar la venta del producto, distinguirlo junto a otros en un anaquel, consolidar una marca a la que pertenece y desarrollar una personalidad propia para el tipo de producto que busca vender” (Carne K.,2012). Y se ha definido como una poderosa herramienta.

Tipos:

- Empaque primario, una botella de perfume.
- Empaque secundario, la caja de la botella.

- Empaque de embarque, caja de cartón corrugado.

En el desarrollo de la industria se debe tomar en cuenta la calidad y tipo de materiales, ya que es de gran importancia la calidad, durabilidad, manejo, el uso que le dan los consumidores, la resistencia de los envases y embalajes, y la variedad de estos. Lo más importante del desarrollo industrial es buscar nuevos materiales resistentes para conservar la calidad y extender la vida de los productos y así satisfacer las necesidades de los consumidores. Hasta hace unos 15 años, el envase tenía solamente la función de proteger al producto, actualmente se cuenta con tecnología avanzada para el envasado, así como el hecho de poder combinar materiales para un solo envase, en este tema se presentan los cambios y desarrollo que han sufrido (Carme K.,2012).

Se deben tomar en cuenta el equilibrio entre:

- a) Factibilidad de producción (su costo, tiempo de producción y rentabilidad).
- b) El óptimo estudio de la mercancía, la distribución y el consumo del producto.
- c) La facilidad del uso del producto, y que en el envase influya la decisión de compra.

Factores que contribuyen a su desarrollo

Autoservicio: No se necesita de vendedor, el mismo producto debe seducir para la elección. **Riqueza de consumidores:** Aprecian la conveniencia, apariencia, confiabilidad prestigio transmitido por el empaque.

1.7.1 Etiqueta

Etiqueta, Cualquier rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, escrita, impresa, estarcida, marcada, grabada en alto o bajo relieve, adherida, sobrepuesta o fijada al envase del producto preenvasado o, cuando no sea posible por las características del producto, al embalaje (NOM-051-SCFI/SSAI-2010) .

Dentro de la etiqueta del envase su principal atributo es la marca el cual es la promesa de un vendedor de entregar a los compradores de manera consistente un conjunto específico de características, beneficios y servicio. Una marca puede transmitir hasta seis niveles de significado:

1. Atributos: una marca lleva primero a lamente ciertos atributos.
2. Beneficios: los clientes no compran atributos compran beneficios, el atributo de costoso puede transmitirse como emocional.
3. Valores: debe establecer grupos específicos de compradores que buscan estos valores.
4. Cultura: podría representarla.

Personalidad: se asume la de un personaje o un vocero.

5. Usuario: sugiere el tipo de consumidor que utiliza el producto.

Los tipos de etiquetas se pueden catalogar de diferentes maneras. En el sentido mencionado anteriormente, por ejemplo, se dice que las etiquetas son persuasivas y/o informativas.

Pero también se les puede clasificar como:

- **Obligatorias o no obligatorias**, según deban cumplir o no con lo dispuesto por las autoridades para protección de la salud o la economía de los consumidores.
- **Descriptivas**, que detallan ingredientes, formas de uso, recomendaciones de conservación, fecha de caducidad, etc. Por lo general, son las que cumplen lo indicado por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).
- **De marca**, como las de la ropa que indican el nombre del fabricante o diseñador.
- **De grado**, que clasifican al producto por su calidad.
- **Promocionales**, que sirven para atraer la atención del consumidor y promover las virtudes del producto.

Oportunidad de innovación: Puede proporcionar grandes beneficios a consumidores y productores. Las etiquetas realizan varias funciones a la vez: identifica el producto o marca, clasifica, describe quién lo fabricó, dónde y cuándo,

usos, promueve gráficos atractivos y diseño.

Marca es un nombre, término, signo, símbolo o diseño, o una combinación de lo anterior, que identifica los bienes o servicios de un vendedor y los diferencia de la competencia, se puede escuchar, observar, mencionar y hasta se puede sentir. Sirve para identificar, relacionar, distinguir y diferenciar tu producto de otros que pueden ser similares e incluso iguales al tuyo. Su importancia se debe a que además que logra que se distinga, la marca, puede darle a tu producto significado, personalidad y prestigio. Se distinguen un mínimo de cuatro estrategias sobre nombres de marcas.

- 1) Nombres individuales de marca.
- 2) Nombre colectivo para todos los productos.
- 3) Nombres colectivos por línea para todos los productos.
- 4) Nombres de marca de compañía combinados con nombres individuales de producto.

Logograma: Es la composición gráfica de un símbolo y una grafía o palabras que proyectan un significado. El logograma tiene como característica que contiene dos elementos que sirven para identificar: el logotipo y el símbolo, que aun por separado pueden tener un mismo fin común.

Logotipo: Es una transcripción escrita del nombre (nombre de la empresa o la marca) por medio de una grafía particularmente caracterizada y exclusiva.

El logotipo representa a la empresa y pasa de leer a ver; ya que un logotipo muy visual y llamativo ya no lo lees sino que lo ves y memorizas. En un logotipo solo usas letras, pero estas pueden caracterizarse por su forma y color.

Imagen: Es ayudar a vender una idea, producto o servicio. El desarrollo de una imagen adecuada que tenga relación con los objetivos de tu marca y empresa

podrá ser capaz de fomentar la compra del producto o servicio. Tu imagen debe adaptarse a los diferentes formatos que se requieran para su difusión.

1.7.2 Nuevas tendencias

En la actualidad se puede hablar de algunos factores que determinan las nuevas tendencias en los empaques y envases, como lo son los siguientes:

- Sustentabilidad, seguridad alimentaria, reducción del deterioro de los productos, reducción de la oxidación, desarrollo microbiano, establecimiento de reglas alimentarias del medio ambiente al producto por conducto del envase, y viceversa; tapas y almohadillas removedores de oxígeno que se colocan como aditamentos en los sistemas de envasado y forman parte de la estructura del envase; desarrollos biotecnológicos en envases para líquidos y gaseosas; biopolímeros procedentes de recursos renovables; reguladores de humedad que son películas desecantes; almohadillas o cojines que controlan el goteo de agua en alimentos, para productos deshidratados se utilizan desecantes en sobres o sacos como sílica gel, arcillas naturales entre otros productos.
- Producción y tecnología, reducción en el peso de las cajas, novedosos diseños y materiales, se busca alcanzar la optimización de materiales, menor uso de energía, optimizar procesos y sistemas de distribución-
- Mercadotecnia y publicidad, nuevos diseños en la imagen y presentación física del envase, embalajes listos para vender, confort en el diseño, color, tamaño y marca, como principales elementos del envase, la competitividad entre empresas y entre países, los cambios en los estilos de vida, el aumento de la población, cambios en el comportamiento del consumidor, la composición de las familias, darle soluciones al usuario.

Hoy en día se busca practicidad, flexibilidad, seguridad, nuevos materiales, diseños innovadores, productos saludables y económicos. Por eso, las empresas hacen más diseños y cambios constantes en sus productos. El estilo de vida de

las personas en todo el mundo se modifica de modo continuo. En años atrás, la normatividad para los envases era mínima puesto que no existía tanta variedad de materiales; antes, el proceso a seguir para reciclar y que los envases fueran ecológicos, se centraba sólo en recolectar los envases, llevarlos a alguna recicladora, darles el tratamiento adecuado, y eliminar los residuos y materiales de desecho. Ahora, el consumidor actual ocupa más productos ecológicos debido a la problemática ambiental, y a la tendencia de un desarrollo sustentable existente en todo el mundo. El sector del envase y embalaje tiene hoy mayor demanda de materiales renovables, pues hay envases de materiales biodegradables y fabricados de plantas para bebidas y líquidos.

La tecnología va directamente relacionada con la producción de envases y embalajes, así como la manejabilidad y reciclaje de los desechos de los envases. El reciclaje es una oportunidad de reducir y transformar el volumen de los productos sólidos, puede ocuparse para elaborar el mismo producto u otro diferente (Carme K.,2012).

1.8 Alimento Funcional

Cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. El calificativo de funcional se relaciona con el concepto bromatológico de "propiedad funcional", o sea la característica de un alimento, en virtud de sus componentes químicos y de los sistemas fisicoquímicos de su entorno, sin referencia a su valor nutritivo. La definición del ILSI (International Lyfe Sciences Institute in Europe) establece que un alimento puede ser considerado funcional si se ha demostrado de manera satisfactoria que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales, siendo esto relevante para la mejoría de la salud y el bienestar y/o la reducción del riesgo de enfermar.

Según el ILSI, un alimento funcional puede ser:

- Un alimento natural.
- Un alimento al que se le ha agregado o eliminado un componente por alguna tecnología o biotecnología.
- Un alimento donde la naturaleza de uno o más componentes ha sido variada.
- Un alimento en el cual la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes ha sido modificada.
- Cualquier combinación de las anteriores posibilidades.

1.9 Desarrollo de nuevos productos

La idea de la novedad y la innovación resulta siempre atractiva. El desarrollo de nuevos productos se ha tornado en un aspecto fundamental para las empresas; el ritmo de evolución tanto de la tecnología, la sociedad y la competencia ha llevado a fuertes cambios que inciden en las costumbres, los gustos, las preferencias y las necesidades de los consumidores. La creación de nuevos productos se desarrolla a lo largo de un proceso en el cual se pueden y deben tomar decisiones fundamentales.

Los objetivos del desarrollo de nuevos productos son: diversificar los productos de una empresa por la creación de totalmente nuevos así como asegurar el mejoramiento continuo de los procesos y productos ya establecidos en orden de mantenerlo en el mercado.

Existen seis opciones estratégicas relacionadas con los nuevos productos, a continuación se presentan dichas opciones en grado decreciente de cambio a los productos:

Productos nuevos (innovaciones discontinuas): Estos productos comprenden el primer esfuerzo de una empresa que, con el tiempo, da lugar a la creación de un mercado totalmente nuevo. Los productos que son nuevos para el mundo casi siempre son el resultado del pensamiento radical por parte de los inversionistas o empresarios industriales.

Líneas nuevas de productos: Estos productos representan nuevas ofertas por parte de la empresa, por esta última los introduce en mercados establecidos. Las

nuevas líneas de productos no son tan riesgosas como la verdadera innovación y permiten a la empresa diversificarse en categorías de productos estrechamente relacionados.

Extensiones de líneas de productos: Dichos productos complementan una línea de productos existentes con nuevos estilos, modelos, características o sabores. Las extensiones a las líneas de productos permiten a la empresa mantener sus productos actualizados y atractivos con costos de desarrollo mínimos y poco riesgo de fracasar en el mercado.

Reposicionamiento: Esta estrategia comprende dirigir los productos existentes a nuevos mercados o segmentos. El reposicionamiento comprende cambios reales o percibidos a un producto.

Reducción de costos: Dicha estrategia comprende la modificación de los productos para ofrecer, a precio más bajo, desempeño similar que aquel de los productos de la competencia. Una empresa puede bajar el precio de un producto debido a mayor eficiencia en la manufactura o a una baja en el precio de la materia prima (Calatayud, 2015).

Capítulo 2. Metodología

2.1 Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una galleta con mezclas de harinas de trigo, avena y polvo de cáscara de tuna roja como un aprovechamiento de residuos agroindustrial adicionad de granillo de café y proporcionar una alimento funcional a los jóvenes y adultos mexicanos.

OBJETIVO PARTICULAR 1

Realizar un estudio de mercado dirigido a 50 jóvenes y adultos mediante encuestas físicas y electrónicas para conocer la viabilidad del producto.

OBJETIVO PARTICULAR 2

Desarrollar diferentes prototipos de galleta integral mediante un diseño de mezclas variando las proporciones de harinas de trigo, avena y polvo de cáscara de tuna (HT-90,80.70%, HA-5,10,15%, PC-5,10,15%) a través de una prueba de ordenamiento, para seleccionar el prototipo con los mejores atributos sensoriales.

OBJETIVO PARTICULAR 3

Realizar un análisis químico, contenido de fenoles y microbiológico al prototipo elegido, por medio de las técnicas establecidas en la normatividad vigente para determinar su valor nutricional, funcionalidad y calidad sanitaria del producto.

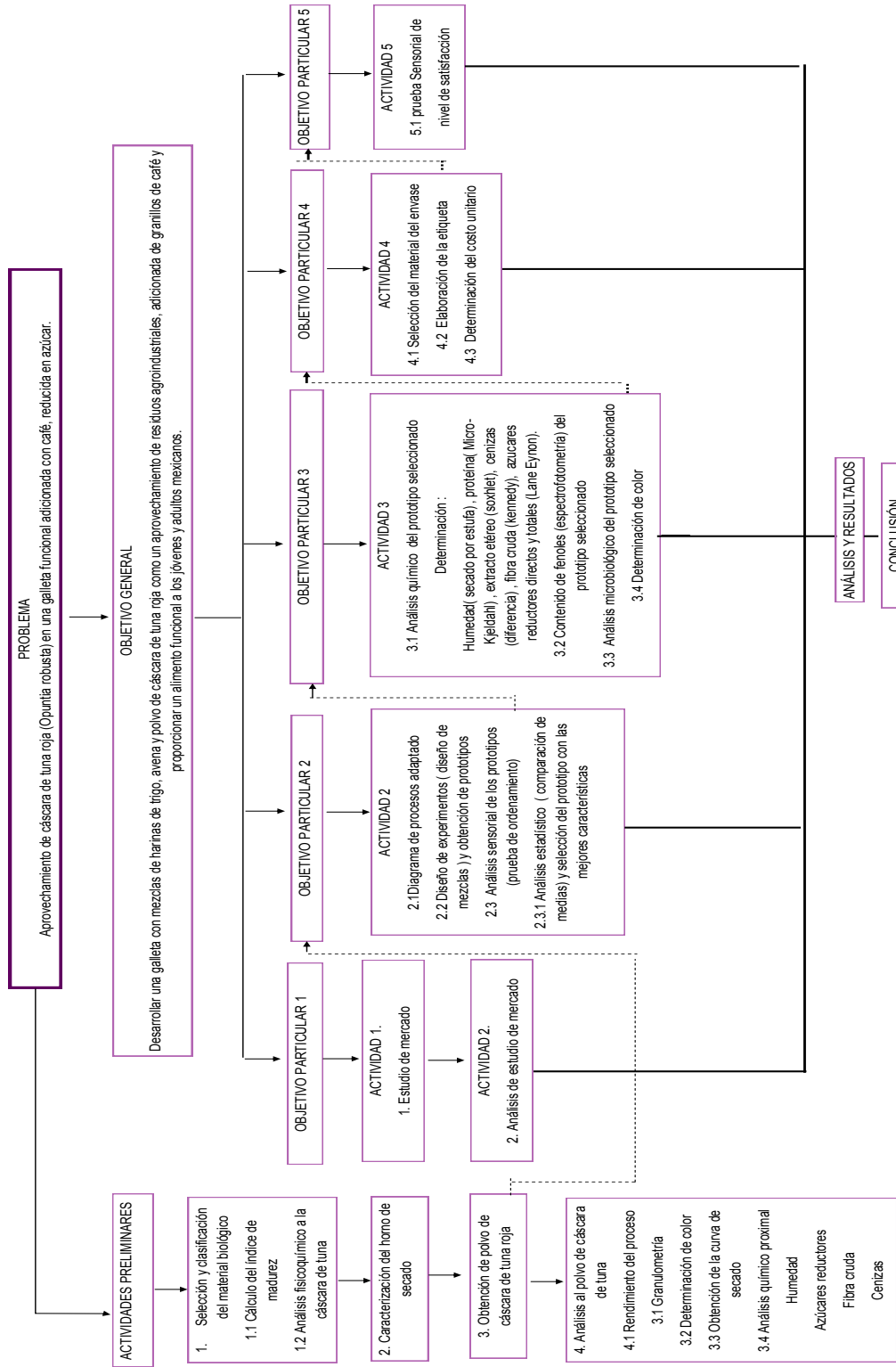
OBJETIVO PARTICULAR 4

Seleccionar el material del envase adecuado según las características de la galleta, diseñar la etiqueta y definir precio para una galleta funcional a través de la mercadotecnia bajo la normatividad vigente, para su comercialización.

OBJETIVO PARTICULAR 5

Comparar el prototipo elegido con un producto similar por medio de una prueba sensorial del nivel de satisfacción para conocer el grado de aceptación de los consumidores con respecto a las marcas ya existentes.

2.3 Cuadro metodológico



2.4 Materiales y métodos

ACTIVIDADES PRELIMINARES

Actividad preliminar 1. Selección y clasificación del material biológico

La tuna roja se seleccionó de acuerdo a la disponibilidad y región del Estado de México siendo la variedad *Opuntia robusta* la que predomina en la región, en estado fresco y con buen aspecto adquirido de las bodegas de Atizapán de Zaragoza del estado de México. Otros componentes adquiridos a granel fue la el café expresso, harina de trigo integral, harina de avena integral en el centro de distribución Soriana de la Ciudad de México.

Se clasificó al fruto fresco con base la norma NMX-FF-030-SCFI-2006 y su índice de madurez, fue determinada mediante escalas arbitrarias a partir de la observación física de color y tamaño de fruto, así como la separación de aquel fruto.

- **Selección y limpieza de la tuna roja:** Las tunas fueron seleccionadas según con lo especificado en la norma **NMX-FF-030-SCFI-2006** ;

Clasificación: la tuna se clasifica en tres grados de calidad y cada grado en cinco tipos comerciales, de acuerdo al color de la cáscara, por lo cual se eligió el grado de calidad México II, tabla 25.

Tabla 25. Grado de calidad de la tuna

| Grado de calidad | Tipo |
|------------------|---|
| México extra | Verde, amarilla, anaranjada , roja, purpura |
| México I | Verde, amarilla, anaranjada , roja, purpura |
| México II | Verde, amarilla, anaranjada , roja, purpura |

Cumpliendo las siguientes especificaciones las cuales se verifican sensorialmente:

- . Estar enteras.
- . De consistencia firme.
- . Estar sanos; excluyéndose todo producto afectado por pudrición o que esté deteriorado de tal forma que lo haga impropio para su consumo.
- . Estar limpios, exentos de materia extraña visible (tierra, manchas o residuos de materia orgánica y de ahuates).
- . Estar exentos de humedad exterior anormal.
- . Estar exentos de daños causados por plagas o enfermedades.
- . Estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraño.
- . Presentar un desarrollo y grado de madurez suficiente que permita el transporte, manejo y la llegada a su destino en condiciones satisfactorias.

México II: Se permiten los siguientes defectos, siempre y cuando las tunas conserven sus características esenciales en lo que respecta a su estado de conservación y presentación, tabla 26.

Tabla 26. Características esenciales para ser una tuna de grado segunda.

| Características de México II | | |
|--|--|--|
| Defectos de forma y color, siempre y cuando el producto tenga las características comunes de tuna. | Defectos de la cáscara debido a rozaduras, quemaduras de sol, costras, manchas u otros que no excedan del 6% de la superficie total. | Los defectos no deben afectar en ningún caso a la pulpa de la fruta. |

Se retiraron las tunas con defectos de rozaduras y manchas oscuras en la superficie total, siendo únicamente tres muestras de tunas las que presentaron estos defectos. Las tunas fueron limpiadas mediante una agente desinfectante en agua, sumergidas las tunas en su totalidad durante 10 min.

Actividad preliminar 1.1 índice de madurez de la fruta

Se determinó a un lote de tuna el índice de madurez para asegurar una calidad aceptable para el uso de la cáscara y una larga vida de almacenamiento, razón por la cual genera interés por investigar cambios en postcosecha debido a la separación del fruto de la planta, sometiéndose a un estrés que determina cambios esenciales en el metabolismo y por ende cambios bioquímicos y fisiológicos, propias de los procesos de la maduración y reflejados en las características del producto. (de Ancos et al., 2009). Los cambios asociados con la maduración implican pérdida de clorofila, aparición de otros pigmentos, cambios en la acidez, astringencia y dulzor, cambios en el contenido de ácido, fenoles, azúcares y compuestos volátiles, cambios en la textura del fruto durante su maduración de la tuna roja. Para determinar el índice de madurez se usa una combinación de criterios establecidos; el contenido de pH, acidez y sólidos solubles de la pulpa de tuna roja y así poder interrelacionarlo con las características de la cáscara .

Tabla 27. Técnicas de pH


| Técnica | Equipo |
|---|--|
| <p data-bbox="365 1234 686 1270">Determinación de pH</p> <p data-bbox="237 1289 815 1654">La norma NMX-F-317-S-1978 establece el método para la determinación del pH en alimentos, el cual se basa en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro).</p> | <p data-bbox="954 1268 1276 1304">Equipo: Potenciómetro</p> <p data-bbox="987 1325 1240 1360">Marca: pHep / pH</p>  <p data-bbox="935 1583 1295 1619">Figura 27. Potenciómetro</p> |

Tabla 28. Técnicas de acidez

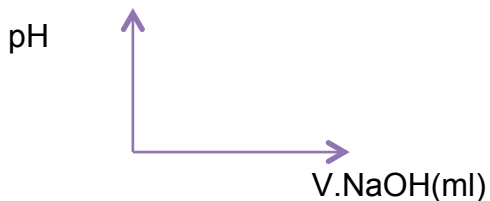
| Técnica | Equipo |
|---|---|
| <p>Determinación acidez</p> | <p>Por titulación</p>  |
| $\%acidez = \frac{mLgastados\ de\ NaOH * N_{NaOH} * meq\ ac.\ cítrico}{peso\ de\ la\ muestra\ (g)} * 100$ | |

Tabla 29. Técnica de °BRIX

| Técnica | Equipo |
|---|--|
| <p>Determinación °BRIX</p> <p>La norma NMX-F-103-1982 establece el método para la determinación de grados brix para frutas y derivados, el cual se basa en el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el límite de separación de dos medios en los cuales es distinta la velocidad de propagación.</p> | <p>Equipo: Refractómetro Marca: Laboratory equipment Modelo: Bausch y Lomb</p> |

Calculo Índice de madurez; Se expresó como el cociente de sólidos solubles totales (%p/p) y acidez titulable de la fruta (%p/p). Donde

Ecuación. 1

$$I.M = \frac{°BRIX}{acidez}$$

Actividad preliminar 1.2 Análisis fisicoquímico a la cáscara de tuna

Las Betalainas pueden sufrir una degradación progresiva, la cual se ve acelerada al aumentar el pH, la temperatura, la actividad del agua y está ligada a la madurez del fruto. (Parra Ortega ,2004). Se analizan dichas propiedades para saber si las betalainas se encuentran estables o pueden presentar una degradación al momento de que reciban el tratamiento térmico (cuando el tratamiento es necesario la degradación del colorante es minimizada después o cerca del final del tratamiento). Las betalainas son más estable al calor a pH entre 4 y 5 por que se busca que el pH este dentro del rango, así como los °brix en un rango de 5,61 a 15,67 °Brix por Rodríguez (1996) y la acidez que va relacionada con el aumento o disminución del pH.

Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas (pH, Solidos solubles y acidez) se siguió la metodología explicada en la actividad preliminar 1.1.

Actividad preliminar 2. Caracterización del horno de secado

Para llevar a cabo la caracterización del horno de secado marca Figursa modelo HFD-48 se realizaron las mediciones de temperatura correspondientes con dos posiciones de las charolas (inferior y superior), se midió la temperatura en intervalos de tiempo de 10 minutos, hasta llegar a la temperatura ideal de 60°C tomando en cuenta la temperatura ideal de secado para cáscara de tuna roja, Figura 28. Seguida de una segunda caracterización dividiendo cada charola en cuadrantes con las mismas dimensiones, para comprobar que la temperatura no fuera un factor que afectara el secado homogéneo de la cáscara de tuna roja, la temperatura fue tomada cada 15 minutos, ajustando nuevamente el secador a una temperatura de 60°C. Los datos se obtuvieron al centro de cada una de las divisiones con las siguientes mediciones: Cada cuadrante de la charola del secador transversal tiene dimensiones de 34*20.5cm (largo*altura), Figura 29.

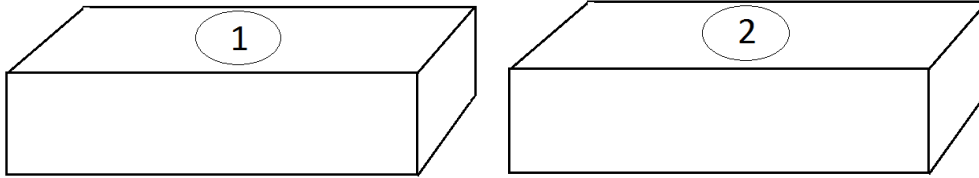


Figura 28. Charolas superior (1) e inferior (2) del secador

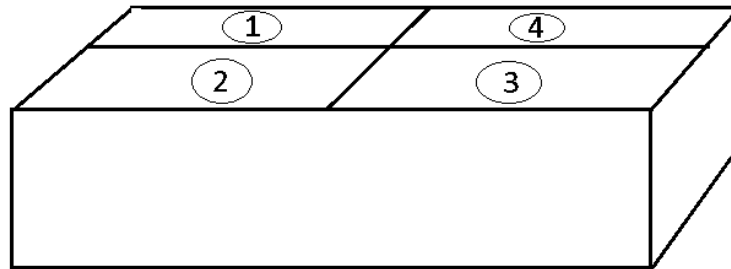


Figura 29. Cuadrantes de charolas

Actividad preliminar 3. Obtención del polvo de cáscara de tuna roja

- Secado de tuna

Para la obtención del polvo de cáscara de tuna roja se realizó una molienda de la cáscara fresca para obtener una pulpa, se utilizaron refractarios con 200 gr de la pulpa y se colocó en un horno (modelo HDF-48). Las condiciones de secado fueron 60°C durante 24 h (Muro, et al, 2017). La cáscara de tuna seca se retiró de los refractarios y se redujo el tamaño de partícula de forma granular en un molino Hamilton beach. El polvo resultante de forma granular fue almacenado a temperatura ambiente en bolsas ziploc. El proceso se describe en la Figura 26 y el diagrama en la, Figura 30.

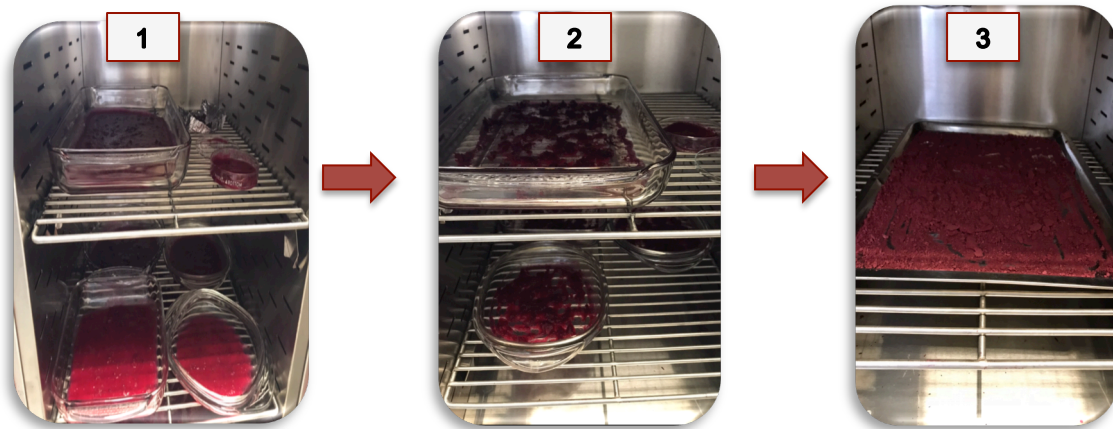


Figura 30. Obtención de la cáscara de tuna roja deshidratado: 1) Refractarios en la estufa con la pulpa de cáscara de tuna fresca. 2) Refractarios en la estufa con la pulpa de cáscara de tuna deshidratada. 3) Cáscara de tuna roja reducido en forma granular.

DIAGRAMA DE FLUJO DE DESHIDRATACIÓN DE CÁSCARAS DE TUNA

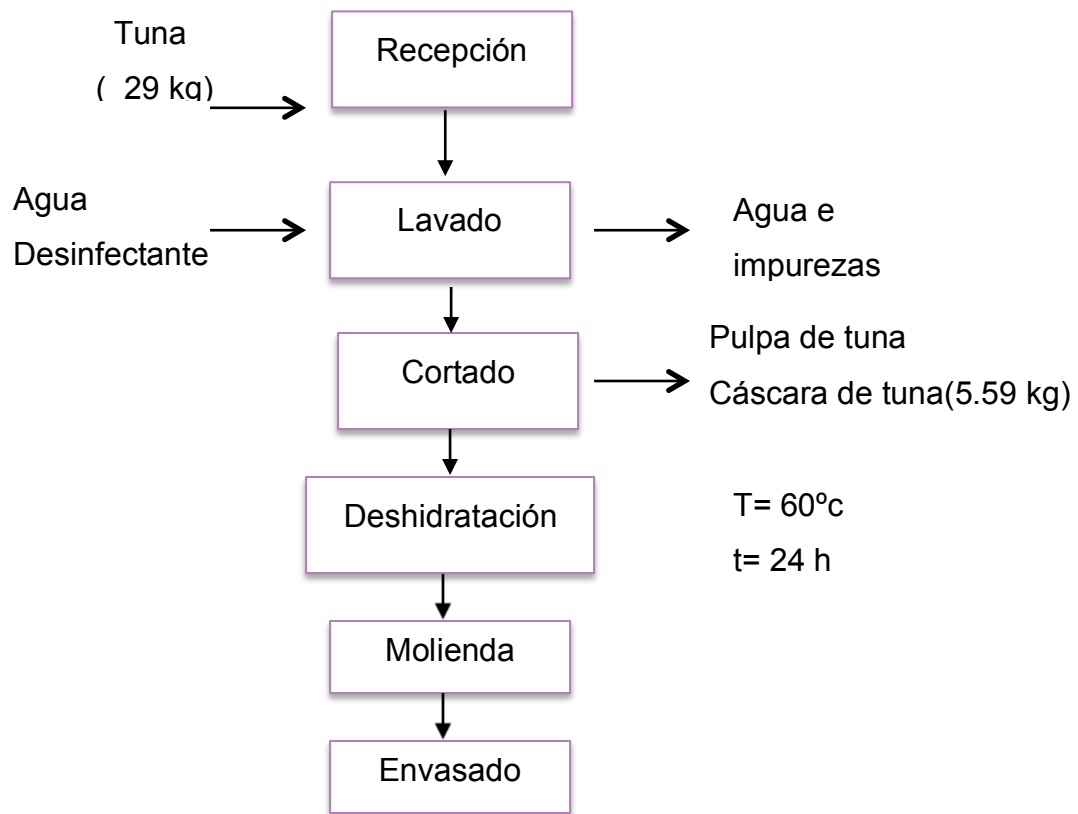


Figura 31. Diagrama de flujo de deshidratación de cáscaras de tuna

Descripción:

1. Se adquirieron 24 kg de tuna roja de Las Bodegas, Atizapán de Zaragoza del Estado de México. Las tunas se seleccionaron de acuerdo a: la norma NMX-FF-030-SCFI-2006 y el cálculo del índice de madurez.
2. Se desinfectaron con agua y desinfectante Microdyn, por cada litro de agua se agregaron 10 gotas de desinfectante.
3. Se dejaron remojar por 15 min y posteriormente se utilizó un escurridor para eliminar el agua.
4. Se separó la pulpa+semillas de la cáscara+piel, Figura 32. Se efectuaron tres cortes dos de ellos para la eliminación de los extremos (polos), cuidando no incluir pulpa, y un tercero de “polo a polo” introduciendo una parte del cuchillo que solo corte la cáscara en su grosor sin dañar el bulbo interior de la fruta, procediendo a retirarla completamente.

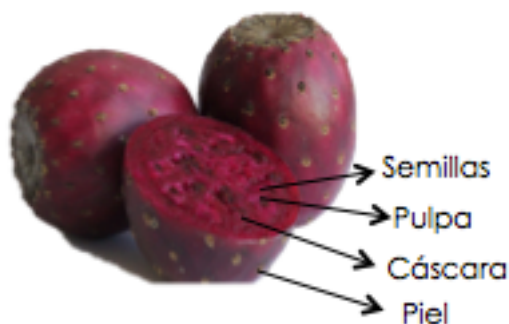


Figura 32. Corte transversal de la tuna roja

5. La cáscara se sometió a una molienda por 49 segundos en un molino Hamilton beach
6. En una charola para hornear se colocó una capa de 5 mm de espesor de la pulpa de cascara de tuna y se sometió a secado por estufa a 60°C por 24 horas.
7. La cáscara seca se retiró de las charolas con ayuda de una espátula y se redujo el tamaño de partícula por medio de una molienda en un molino.
8. El polvo obtenido se almacenó en bolsas ziploc a temperatura ambiente para posteriormente ser tamizado.

Actividad preliminar 4. Análisis al polvo de cáscara de tuna

Se realizó como actividad previa un análisis químico al polvo de cáscara de tuna roja con la finalidad de comparar y comprobar que los datos estuvieran dentro del rango de la bibliografía para posteriormente utilizarla en la elaboración de galletas integrales. Cada prueba se hizo por triplicado y se calculó la desviación estándar y coeficiente de variación.

Actividad preliminar 4.1. Rendimiento del proceso

El factor de rendimiento, o el porcentaje de rendimiento, es la proporción de la cantidad usable en comparación con la cantidad inicial. Se determinó a partir del balance de materiales sólidos donde la entrada de productos debe ser igual a la salida, considerándose que no existe acumulación de productos en el interior de la cámara ni hay pérdidas de producto en el exterior (Lopez et al., 2006).

$$\%R = \frac{\text{Total de sólidos finales}}{\text{Total de pulpa inicial}} * 100 \quad \text{Ecuación. 2}$$

Actividad preliminar 4.2. Granulometría

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. El índice de finura o índice de uniformidad es determinado por el tamaño de las partículas y la distribución de los tamaños finos y gruesos en el producto resultante. El módulo de fineza es definido como la suma ponderada de la fracción de peso retenido arriba de cada tamiz (%acumulado) dividido por 100.

Se realizó un análisis granulométrico al polvo de cáscara de tuna roja, Tabla 30, para cumplir las especificaciones de tamaño de partícula indicado por Carhuamaca, (2012), donde la mayor cantidad de polvo deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras, con un módulo de finura 2 (Ecuación 3). Fuertes (1998) señala que el tamaño ideal de partículas de fibra para consumo humano se ubica en un rango de 50 a 500 um.

Tabla 30. Análisis granulométrico del polvo de cáscara de tuna

| No.Tamiz | Abertura de la malla | Peso retenido | Peso retenido % | Acumulado (%) |
|----------|----------------------|---------------|-----------------|---------------|
| 20 | | | | |
| 40 | | | | |
| 60 | | | | |

Ecuación 3. Módulo de finura

$$\text{Modulo de finura} = \frac{\sum \% \text{ Acumulado}}{100}$$

Actividad preliminar 4.3 Color

El color es uno de los atributos más importantes en los alimentos y se considera un indicador de calidad y aceptabilidad (Azeredo, 2007). Durante el procesamiento y/o almacenamiento, los alimentos son susceptibles a perder color. Las betalainas son pigmentos naturales hidrosolubles predominantes en la cáscara de tuna roja los cuales derivan del ácido betalámico que podrían ser utilizados potencialmente

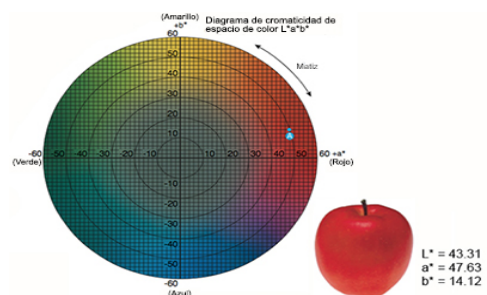


Figura 33. Coordenadas L*a*b*

como colorantes (rojo y amarillo). Se clasifican principalmente en dos grupos; las betacianinas, responsables del color rojo-púrpura y las betaxantinas, de coloración amarillo-anaranjado.

El color corresponde a una percepción e interpretación subjetiva, para evitar y asegurar que una muestra cumpla con el estándar, el color debe ser expresado en términos numéricos. Cuando se clasifican los colores, se los puede expresar en términos de matiz (color), luminosidad (brillo) y saturación (vividez). Al crear escalas para éstos atributos, podemos expresar en forma precisa el color

El espacio de color L*a*b* fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul se obtuvieron los parámetros L*a*b* mediante el programa Adobe Photoshop, realizando tres mediciones en diferentes puntos de las muestras.

La diferencia de color es definida como la **comparación numérica de una muestra con el estándar**. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta (Δ)(Ecuación 4). Deltas por L* (ΔL^*), a* (Δa^*) y b* (Δb^*) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva Tabla 31.

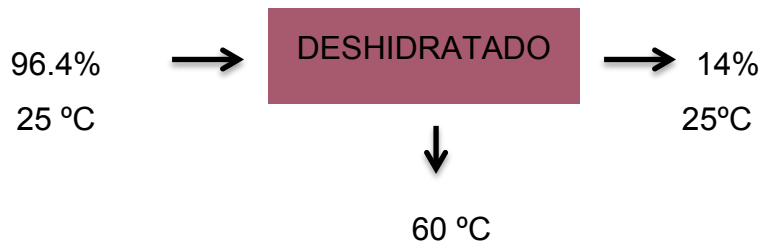
$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Ecuación 4. Delta E de color})$$

Tabla 31. Escalas de color L*a*b

| | L | a | b |
|------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Coordenada | luminosidad | Rojo/verde | Amarillo/Azul |
| Δ | + = más luminoso - = más oscuro | + = más rojo - = más verde | + = más amarillo - = más azul |

Actividad preliminar 4.5 Obtención de la curva de secado para la cáscara de tuna roja.

Las cáscaras tienen características funcionales. La tecnología de secado ofrece alternativas para la conservación de alimentos con características nutritivas adecuadas, aumentando la vida útil y disminuyendo el potencial de desarrollo de microorganismos y reacciones químicas indeseables (Camacho-Guerrero J. C ,2016). Se calculó el porcentaje de humedad de en estado fresco, después al finalizar el proceso de deshidratación a temperatura de 60°C evitando la degradación de los compuestos funcionales como lo son las betalaínas que se encuentran en mayor proporción en la cáscara. Con el objetivo de conocer la humedad que se retiraba después del proceso teórico para la obtención de polvo de tuna con una humedad de 15% para harinas referenciado en la norma NOM-247-SSA1-2008 .



- Balance global en el deshidratado

$$M1 - M2 = M3$$

$$M1 = M2 + M3$$

$$M2 = M1 - M3$$

$$M2=96.4\% \text{ humedad} - 14\% \text{ humedad} = 82.4 \% \text{ humedad}$$

De acuerdo al balance global en el proceso de deshidratación se realizó para cada una de las muestras de la pulpa de cáscara de tuna roja, donde se obtuvo un rango de la humedad retirada en las condiciones de operación se encuentra en un rango de 70%- 80%.

Actividad preliminar 4.4 Análisis químico proximal

El análisis químico proximal (AQP) se determinó de acuerdo a los métodos propuestos por la Asociación de Análisis Químicos Oficiales (AOAC, por sus siglas en inglés, 1995) y normas mexicanas (NMX) . Cáscara de tuna roja. Cada análisis se realizó por triplicado.

Tabla 32. Análisis químico proximal de la cáscara de tuna

| Análisis químico proximal (técnica) |
|---------------------------------------|
| Cáscara de tuna |
| Humedad(Secado por estufa) |
| Azucares (Método Lane Eynnon) |
| Fibra cruda (Método de Kennedy) |
| Cenizas (Klemm) |

4.5.1 Determinación de Humedad

Técnica : Secado por estufa (925.09, AOAC, 2002)

Equipo: Estufa y balanza gravimétrica Sauter D-7470.

Fundamento: Se determinó el contenido de humedad por el método de secado por estufa; el cual se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación de agua . El resultado se presentó como porcentaje de humedad.

Ecuación 5. Determinación de humedad

$$\%H = \frac{W_2 - W_3}{W_1} * 100$$

Donde:

W_1 = peso de la muestra (g)

W_2 = peso de la muestra húmeda (g)

W_3 = peso de la muestra seca (g)

Técnica: Termobalanza (NMX-F-428-1982)

Equipo: Temobalanza digital

Marca: Ohaus

Fundamento: La humedad es tomada como la pérdida de peso al secado, usando un instrumento de humedad, el cual emplea una balanza de torsión sensible para pasar la muestra y una lámpara infrarroja para secar.

4.5.2 Determinación de azúcares reductores directos y totales, Lane y Eynon (A.O.A.C. 2012)

Equipo: Los necesarios de laboratorio

Fundamento: Propiedad de los azúcares de la muestra de reducir el cobre de la solución de Fehling en proporción volumétrica y formación de óxido cuproso en solución alcalina hirviente.

Ecuación 6. Determinación de azúcares reductores directos

$$\%ARD \frac{(F)(ml \text{ disolución})}{(ml \text{ gastados de muestra})(g \text{ muestra})} \times 100$$

Ecuación 7. Determinación de azúcares reductores totales

$$\%ART \frac{(F)(ml \text{ disolución})}{(ml \text{ gastados de muestra})(g \text{ muestra})} \times 100$$

Donde:

F: Factor del azúcar invertido

4.5.3 Determinación de fibra cruda, Kennedy (Lees, 1989)

Equipo:

Digestor; marca Labconco; modelo 30001

Mufla; marca Blue M; modelo M25A-2A

Estufa; marca Mapsa; modelo HDP-334

Fundamento: Este método se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda.

Ecuación 8. Determinación de fibra

$$\%Fibra = \frac{(W_1 - W_2) - (W_3 - W_4)}{W_5} * 100$$

Donde:

W1= Peso del papel filtro con cenizas (g)

W2= Peso del papel filtro sin cenizas(g)

W3 = Peso del crisol con cenizas (g)

W4= Peso del crisol sin cenizas(g)

W5= Peso de la muestra

4.5.4 Determinación de cenizas, Klemm (Cenizas totales) (923.03, AOAC,2002)

Equipo:

Mufla; marca Blue M; modelo M25A-2A

Balanza analítica; marca Agust Sauter GmnH D-7470 Albstadt 1-Ebingen

Fundamento: Se basa en la descomposición de materia orgánica quedando solo materia inorgánica en la muestra.

En este método toda la materia orgánica se oxida en la ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre 550-600°C; El material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza.

Ecuación 9. Determinación de cenizas.

$$\%Cenizas = \frac{W_3 - W_2}{W_1} * 100$$

Donde:

W_1 =peso de la muestra (g)

W_2 =peso del crisol vacío (g)

W_3 =peso del crisol con las cenizas (g)

OBJETIVO PARTICULAR 1

Actividad 1. Estudio de mercado

El estudio de mercado se realizó en base al esquema sugerido por CEEI Ciudad Real (2012), se adaptaron los pasos según lo requerido en el estudio del producto, Figura 34.

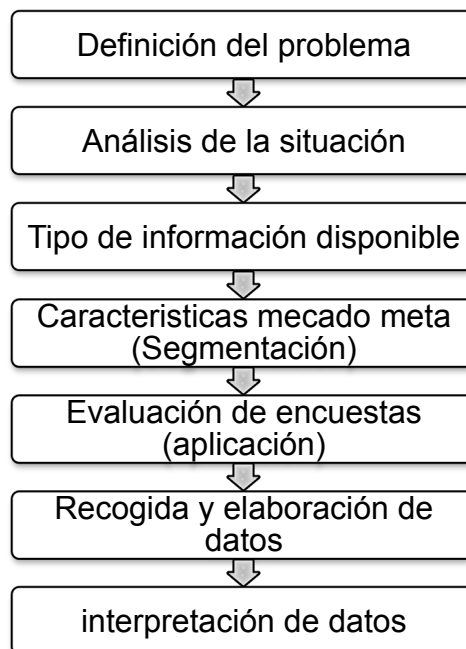


Figura 34. Diagrama de flujo para la elaboración de estudio de mercado

El **problema** fue estudiar la factibilidad del aprovechamiento de cáscara de tuna roja (*Opuntia robusta*) en la elaboración de una galleta integral con granillo de café, así como la aceptación y factores que influenciaron su incorporación en el mercado meta.

El **análisis de la situación**:

Situación externa del producto; Mostró cuales eran las tendencias en el mercado, tipos y características de galletas en el mercado similar a las del producto, que aporta, en que costo oscilan y la cantidad por empaque que se maneja, del mismo modo se observó la tendencia de los empaques y los colores.

Situación interna del producto; Se mostró los **recursos propios y disponibles**, análisis de costos, marketing como el proceso de planificación y ejecución de la concepción del producto, fijación del precio, promoción y distribución de ideas, bienes y servicios para crear intercambios que satisfagan los objetivos de los individuos, en definitiva, del mercado meta.

Selección y características del mercado meta, con la información recabada del tipo de galletas que están presentes en el mercado y para qué población van dirigidas. Se determinó el tipo de galleta y el mercado al cual va dirigido, Tabla 33.

Tabla 33. Tipo de producto y mercado meta

| Tipo de producto | Mercado meta |
|--|--|
| Galleta integral funcional con sustitución parcial de harina de trigo y avena con polvo de cáscara de tuna (<i>Opuntia Robusta</i>) y adición de granillo de café para elevar el contenido de fibra y antioxidante | Muestra poblacional de personas mexicanas que se preocupan por el aspecto de salud y cuidado del medio ambiente. |

Segmentación de mercado: Se realizó la segmentación de mercado en la República Mexicana en donde la variable a considerar para la segmentación fue de variables demográficas de edad.

Evaluación de encuestas: Las encuestas de campo fueron diseñadas con respuestas cerradas, de tipo personal y electrónicas (Figura 35 y 36). Las encuestas se realizaron tiendas verdes del área de Polanco y electrónicas (página REDMERE) conjunto de personas ingenieras en recursos renovables siendo aplicadas a personas de 20 años -50 años.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
Ingeniería en alimentos
Taller de desarrollo de nuevos productos
ESTUDIO DE MERCADO (ENVASE)

Sexo: F M Edad_____

Elige la respuesta que prefieras

1. Al momento de comprar galletas ¿ En que se basa su compra?
a)El producto en si b)Precio c) Presentación (colores) d) Cuidado del medio ambiente e) Empaque
2. ¿Que importancia le das a los materiales utilizados en los empaques que compras?
a) Me es importante b) No me afecta
3. ¿Consideras el cuidado del medio ambiente importante?
a) Si b) No
- 4.¿Te gustaría que el mismo empaque educara sobre la sustentabilidad de una manera facil?
a) Si b) No c) Talvez
5. Crees que los productos y sus empaques diseñados para "no contaminar" son más caros?
a) Si b) No
6. ¿Crees que los productos y sus empaques diseñados para " no contaminar " son mas caros?(SI , JUSTIFICA TU RESPUESTA)
a) Si b) No
7. ¿Te gustaría saber si el empaque de un producto es ecológicamente amigable al desecharlo?
a) Si b) No c)Talvez
8. ¿ Le das segundo uso a los empaques que compras?
a) Si b) No
9. ¿Qué tipo de material para un empaque de galletas te gustaría?
a)cartón b)Celofán c)Vidrio d) Aluminio

Figura 35. Encuesta realizada en el estudio de mercado para el desarrollo de una galleta funcional con cáscara de tuna roja y granillo de café.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
Ingeniería en alimentos
Taller de desarrollo de nuevos productos
ESTUDIO DE MERCADO (ENVASE)

Sexo: F M Edad_____

Elige la respuesta que prefieras

1. Al momento de comprar galletas ¿ En que se basa su compra?

a)El producto en si b)Precio c) Presentación (colores) d) Cuidado del medio ambiente e) Empaque

2. ¿Que importancia le das a los materiales utilizados en los empaques que compras?

a) Me es importante b) No me afecta

3. ¿Consideras el cuidado del medio ambiente importante?

a) Si b) No

4.¿Te gustaría que el mismo empaque educara sobre la sustentabilidad de una manera facil?

a) Si b) No c) Talvez

5. Crees que los productos y sus empaques diseñados para "no contaminar" son más caros?

a) Si b) No

6. ¿Crees que los productos y sus empaques diseñados para " no contaminar " son mas caros?(Si , JUSTIFICA TU RESPUESTA)

a) Si b) No

7. ¿Te gustaría saber si el empaque de un producto es ecológicamente amigable al desecharlo?

a) Si b) No c)Talvez

8. ¿ Le das segundo uso a los empaques que compras?

a) Si b) No

9. ¿Qué tipo de material para un empaque de galletas te gustaría?

a)cartón b)Celofán c)Vidrio d) Aluminio

Figura 36. Encuesta realizada en el estudio de mercado para el desarrollo de un envase ecológico para una galleta funcional con cáscara de tuna roja y granillo de café.

Actividad 1.1. Análisis de estudio de mercado

Los datos obtenidos fueron capturados en un programa por internet llamado SuverMonkey y Microsoft Excel 2010 se realizó un conteo de las respuestas en los diferentes incisos de cada pregunta, se calculó el porcentaje se representaron por medio de la utilización de tablas dinámicas para determinar la demanda potencial.

OBJETIVO PARTICULAR 2

Actividad 2. Diagrama de proceso adaptado

Elaboración de las formulaciones

Se desarrolló una formulación para las galletas a base de harina de trigo “formulación control” (Tabla 34) adaptado a las diferentes formulaciones. Las 5 formulaciones resultantes se elaboran mediante el procedimiento descrito en el diagrama de bloques (Figura 33).

Tabla 34. Formulación original para la elaboración de galletas con harina de trigo

| Ingredientes | % |
|--------------------------|-------|
| Harina de trigo integral | 61 |
| Bicarbonato de sodio | 0.7 |
| Azúcar | 19.81 |
| Leche | 10.25 |
| Sal | 0.47 |
| Mantequilla | 7.75 |

Se modificó la formulación reduciendo su nivel de azúcar en base a la norma **NOM-086-SSA1-1994** Producto reducido en azúcar: el contenido de azúcar se ha reducido por lo menos en un 25% del contenido del alimento original o de su similar Tabla 35.

Tabla 35. Adaptación de la formulación para la elaboración de galletas integrales con cascara de tuna y granillos de café.

| Ingredientes | % |
|--------------------------|-------|
| Harina de trigo integral | 45 |
| Bicarbonato de sodio | 0.7 |
| Azúcar | 15.92 |
| Leche | 20.49 |
| Sal | 0.47 |
| Mantequilla | 13.7 |
| Café | 3.8 |

DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACION DE GALLETAS INTEGRALES DE CASCARA DE TUNA ROJA ADICIONADA CON GRANILLOS DE CAFE

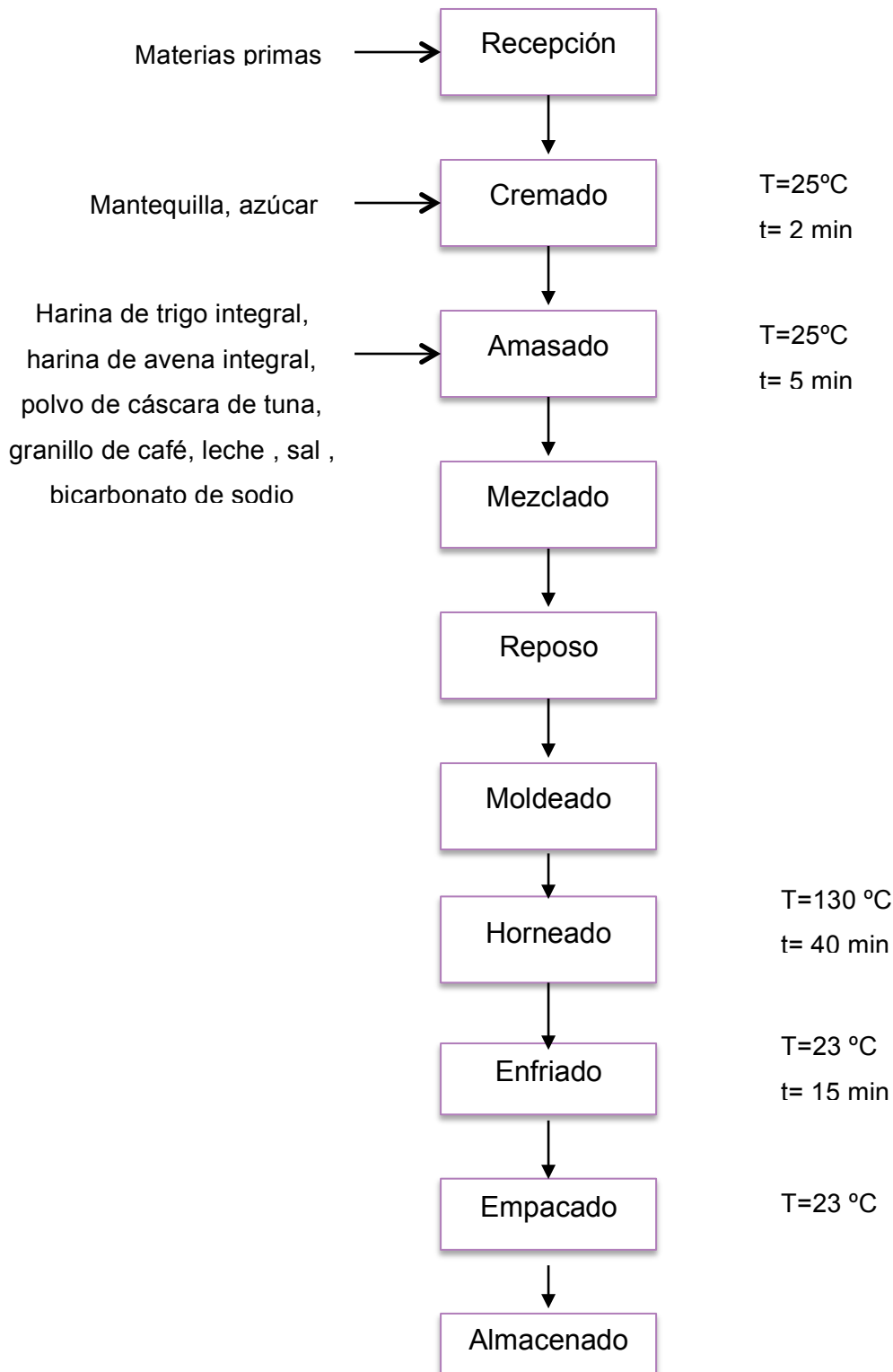


Figura 37. Diagrama de flujo de la elaboración de galletas con polvo de cascara de tuna y granillos de café.

Descripción:

1. Pesado : Se pesaron los insumos según las formulaciones planteadas.
2. Cremado: Se mezclaron la mantequilla y el azúcar hasta alcanzar el término “pomada”.
 - Durante el “cremado” la grasa envuelve individualmente los granos de azúcar impidiendo que se agregue entre sí y forme terrones, si la grasa no actuase de esta forma, cuando el azúcar fundiese, volvería a recristalizar formando mayores partículas (Hutchinson 1978).
3. Amasado: Se mezclaron todos los materiales sólidos y posteriormente se incorporó paulatinamente la leche que proporciona a la masa características de elasticidad y extensibilidad conferidas por el gluten en formación. Aquí se inició la hidratación de partículas hasta que la masa presento una cierta ligazón.
4. Reposo: Se realizó previo al moldeado con la finalidad de que la masa se volviera maleable.
5. Moldeado: Se realizó con la finalidad de dividir la masa en tamaños iguales con ayuda de un cortador de galletas y de este modo garantizar un horneado homogéneo.
6. Horneado: Se introdujeron las galletas en la estufa a una temperatura de 130°C por 40 min aproximadamente hasta que las galletas tuvieran un color homogéneo.
7. Enfriado: Se realizó a temperatura ambiente para eliminar el vapor que pudiera haber quedado en las piezas.
8. Almacenado: Se almacenaron en bolsas ziploc a temperatura ambiente para posteriormente realizarles la prueba sensorial.

Actividad 2.2 Diseño de experimentos y obtención de prototipos

Se realizaron diferentes formulaciones de galletas con respecto a los factores y sus respectivos niveles de variación, Tabla 36. En los cuales mediante un diseño experimental de mezclas elaborado por el programa estadístico R versión 3.1.1 se obtuvieron cinco prototipos, Tabla 35.

Tabla 36. Factores en estudio y niveles de variación

| Factores | Niveles |
|---|--|
| Factor A: % harina de trigo integral | a1=90% de harina de trigo integral a2=80% de harina de trigo integral a3=70% de harina de trigo integral |
| Factor B: % harina de avena integral | b1=5% de harina de avena integral b2=10% de harina de avena integral b3=15% de harina de avena integral |
| Factor C: % fuente de fibra dietética (polvo de cáscara de tuna roja) | c1=5% polvo cáscara de tuna roja c2=10% polvo cáscara de tuna roja c3=15% polvo cáscara de tuna roja |

Tabla 37. Detalle de prototipos

| Tratamientos | Código | Descripción |
|--------------|--------|---|
| 1 | a1b1b1 | 90% harina de trigo integral, 5%harina de avena y %5 polvo de cáscara de tuna roja. |
| 2 | a3b3c3 | 70% harina de trigo integral, 15%harina de avena y 15% polvo de cáscara de tuna roja. |
| 3 | a2b2c1 | 80% harina de trigo integral, 15%harina de avena y 5% polvo de cáscara de tuna roja. |
| 4 | a2b1c3 | 80% harina de trigo integral, 5%harina de avena y 15% polvo de cáscara de tuna roja. |
| 5 | a2b2c2 | 80% harina de trigo integral, 10%harina de avena y 10% polvo de cáscara de tuna roja. |
| Control | X | 100% harina de trigo integral |

Tabla 38. Composición de la unidad experimental de cada tratamiento

| Ingredientes | % | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Código | a1b1b1 | a3b3c3 | a2b2c1 | a2b1c3 | a2b2c2 |
| Harina de trigo integral. | | 44.93 | 31.45 | 35.94 | 35.94 | 35.94 |
| Harina de avena integral | | 2.24 | 6.7 | 6.7 | 2.24 | 4.49 |
| Polvo de cáscara de tuna | | 2.24 | 6.7 | 2.24 | 6.7 | 4.49 |
| Granillo de café | | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.8 |
| Bicarbonato de sodio | | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Mantequilla | | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 13.7 |
| Azúcar | | 15.92 | 15.92 | 15.92 | 15.92 | 15.92 |
| Leche | | 20.49 | 20.49 | 20.49 | 20.49 | 20.49 |
| Sal | | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.47 |

Actividad 2.3 Análisis sensorial

Los prototipos elaborados se les realizó una prueba sensorial de ordenamiento aplicada a 30 jueces semi entrenados, los prototipos se colocaron aleatoriamente asignándole un número distinto elegido al azar para evitar que el orden numérico influyera, en las cuales deberían ser dispuestos en orden creciente de los atributos (color, olor, sabor y textura) especificado según su preferencia, contestando el cuestionario, Figura 38.

Aprovechamiento de cáscara de tuna roja en la elaboración de una galleta funcional adicionada con granillos de café

Sexo: Femenino Masculino

Edad: 20 a 30 años 31 a 40 años 41 a 50 años

Por favor, deguste las muestras de izquierda a derecha.

Escriba los códigos en orden creciente de acuerdo a las siguientes características:

| | | | | | | |
|---------|-------|--|--|--|--|-------|
| | Menor | | | | | Mayor |
| Color | | | | | | |
| Olor | | | | | | |
| Sabor | | | | | | |
| Textura | | | | | | |

Comentarios: _____

Figura 38. Encuesta del análisis sensorial a los diferentes prototipos de galletas integrales con polvo de cascara de tuna.

Actividad 2.3.1 Análisis estadístico y selección del prototipo con las mejores características.

Para cada atributo se realizó la prueba de Friedman de comparación de medias para un experimento en bloques, considerando a cada juez como un bloque mediante el programa estadístico R versión 3.1.1, Tabla 39.

Tabla 39. Comparación de medias

| Replicas | PROTOTIPO | Evaluación sensorial | | | |
|----------|----------------|----------------------|------|-------|---------|
| | | color | olor | sabor | textura |
| 1 | A1b1b1 (111) | | | | |
| 2 | A3b3c3 (333) | | | | |
| 3 | A2b2c1 (221) | | | | |
| 4 | A2b1c3 (213) | | | | |
| 5 | A2b2c2 (222) | | | | |
| P | (p<0,05) | | | | |

Tabla 40. Determinación de variables

| variables independientes | variables dependientes | variables de respuesta |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| prototipos (F.A, F.B, F.C) | color, olor, sabor, textura | color, olor, sabor, textura |

Ho=No hay diferencias significativas

Ha=Existe diferencia significativas

Actividad 2.4. Color

Para la determinación de color se realizó la metodología explicada en la actividad preliminar 3.2, para ver el efecto en el color de la sustitución parcial de polvo de cáscara de tuna roja con diferentes niveles de variación (5%, 10% y 15%). En el

caso del polvo de cáscara de tuna roja aporta pigmentos rojo-violeta característico de las betalainas presentes y el café con la presencia de flavonoides que es el compuesto que da color.

OBJETIVO PARTICULAR 3

Actividad 3. Análisis químico proximal

La determinación en el prototipo seleccionado se realizó humedad secado por estufa (925.09, AOAC, 2002), Termobalanza (AOAC, 1990), Azúcares reductores directos y totales por Lane y Eynon (A.O.A.C. 2012), fibra cruda por Kennedy (LEES, 1989), Determinación de cenizas, Cenizas totales por Klemm (923.03, AOAC, 2002).

Actividad 3.1 Determinación de proteína, Microkjendahl (AOC 960.52)

Equipo:

Micro destilador Kjeldahl ; marca FIGURSA ; modelo MDK-650

Fundamento: Se basa en la cuantificación del nitrógeno total de una muestra calentada con H₂SO₄ concentrado en la cual se transforman las sustancias nitrogenadas en sulfato de amonio valorable y dióxido de carbono con formación de agua, la muestra obtenida es destilada después de ser alcalinizada con NaOH +Na₂S₂O₃ para recibir el destilado de H₃BO₃ y quedando atrapado el NH₃ para finalmente titularlo con ácido clorhídrico (HCl) 0.01N

Ecuación 9. Porcentaje de nitrógeno en la muestra

$$\%Nitrogeno = \frac{(mlHCl - mlBlanco) * 14.0067 * 100}{mg\ muestra}$$

Donde:

N=normalidad de ácido clorhídrico

14.00067= eq. del nitrógeno masa atómica del nitrógeno igual a un equivalente

Ecuación 10. Porcentaje de proteína

$$\%Proteína = \%Nitrogeno * F$$

Donde

F=factor de conversión

Galleta= 6.25

Actividad 3.2 Determinación extracto etéreo, Soxhlet (AOAC, 1998)

Equipo:

Extractor Soxhlet

Parrilla de calentamiento; marca CORNING

Fundamento: El método de Soxhlet es una extracción semi continua que ocupa un disolvente que arrastra la grasa de la muestra, en un proceso en el cual se calienta, se volatiliza y se condensa este disolvente, goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el mismo. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso.

Ecuación 11. Determinar porcentaje de grasa

$$\%Grasa = \frac{\text{peso matraz con muestra} - \text{peso matraz sin muestra}}{\text{peso de la muestra}}$$

Actividad 3.2 Contenido de fenoles

Actividad 3.2.1 Elaboración de la curva patrón de ácido gálico para determinación de fenoles totales en cáscara de tuna roja y galletas.

Los compuestos fenólicos presentan un numeroso grupo ampliamente distribuido en la naturaleza. Existe un interés creciente en los compuestos fenólicos debido a su efecto contra algunas enfermedades como ciertos cánceres y desordenes cardíacos derivados de su poderosa actividad antioxidante. Los compuestos fenolicos poseen una estructura química especialmente adecuada para ejercer

una acción antioxidante actuando como captore de radicales libres neutralizando peligrosas especies reactivas de oxígeno e iones metálicos quelantes (Martínez F., 2002).

La concentración de fenoles totales en extractos fue medida por espectrofotometría, basándose en una reacción colorimétrica de oxido-reducción. El agente oxidante utilizado fue el reactivo de Folin-Ciocalteu. Para la elaboración de la curva patrón se realizaron distintas diluciones a diferentes concentraciones de ácido gálico, Tabla 41.

Tabla 41. Curva patrón de ácido gálico

| No. Tubo | Concentración de Ácido Gálico ($\mu\text{g}/\text{mL}$) | Sol. Std (μL) |
|----------|---|----------------------------|
| blanco | 0 | 0 |
| 1 | 0.05 | 100 |
| 2 | 0.10 | 200 |
| 3 | 0.15 | 300 |
| 4 | 0.20 | 400 |
| 5 | 0.25 | 500 |

Se adicionó 1 μL de agua desionizada, se centrifugó nuevamente y en tubos de ensayo se vertieron 400 μL del extracto, 3750 μL de agua desionizada, así como 250 μL de reactivo FOLIN ; Se homogenizó y se dejó reposar 5 min, después se construyó una gráfica, obteniendo la pendiente y la ordenada al origen posteriormente se sustituyen los valores en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 12. Ácido gálico

$$DO = \frac{An - b}{m} [=] \frac{mg}{ml}$$

$$\frac{mg \text{ ácido gálico}}{g} = \frac{An - b}{m} (Va)(Vc)$$

An: Absorbancia de la muestra
b: ordenada al origen de la curva
m: pendiente de la curva
Va: volumen de la alícuota
Vc: volumen de dilución

3.2.2 Determinación del contenido de fenoles totales (Fogliano et al, 1999)

Equipo:

Agitador vibratorio (vortex); marca Vortex Genie 2
Espectrofotómetro; marca Jenway Genova
Pipetas manuales 200 μL
Tubos de ensayo
Tubos de centrifuga 1.5 μL

Reactivos químicos

Reactivo comercial; Folin-Ciocalteu
Solución patrón; ácido gálico 0.1 mg/mL

1. Se pesó 0.010 g y se disolvió en 1 mL de etanol
2. Se aforó con agua destilada a 100mL

Metanol al 80 % v/v

Metanol al 100 %

Carbonato de sodio anhidro 20 % p/v

Fundamento: se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes. El reactivo de Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico, que reaccionan con cualquier tipo de fenol, formando complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico (Peterson, 1979). La transferencia de electrones a pH básico reduce los complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico en óxidos, cromógenos de color azul intenso, de tungsteno (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}), siendo proporcional este color al número de grupos hidroxilo de la molécula (Julkunen-Tiito, 1985).

Ecuación 13. Determinación de fenoles totales.

$$DO = \frac{y - b}{m} [=] \frac{mg}{ml}$$

$$\frac{mg \text{ ácido galico}}{g} = \left(\frac{DO \left(\frac{mg}{ml} \right) * Vol \text{ celda (ml)} * Vol \text{ extracto (ml)}}{extracto \text{ alicuota (ml)} * peso \text{ de la muestra (g)}} \right)$$

3.4.5 Determinación de capacidad antioxidante (Método del radical libre DPPH (2,2-difenil-1- picrilhidracilo), Brand-Williams *et al.* 1995)

Agitador vibratorio (vortex); marca Vortex Genie 2

Espectrofotómetro; marca Jenway Genova

Reactivos químicos

DPPH (2,2-difenil-1- picrilhidracilo)

Fundamento: Se basa en la capacidad donante de protones o de captación de radicales libres mediante el ensayo con el radical estable DPPH (1-1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), que se decolora en presencia de compuestos con capacidad de captación de radicales.

Ecuación 14. Determinación de capacidad antioxidante

$$\Delta DPPH = \frac{DPPH_b - (A)}{DPPH_b} * 100$$

$\Delta DPPH$: Es la disminución de la absorbancia debido a los antioxidantes.

$DPPH_b$: Es la absorbancia de DPPH (del blanco) debida al efecto de dilución con el solvente.

Actividad 3.3 Análisis microbiológico

Se realizó el análisis microbiológico para microorganismos considerados estándares de calidad (Coliformes totales, mesófilos aeróbios, mohos y levaduras) de acuerdo a la normatividad vigente Tabla 42. Se realizaron las diluciones como marca la NOM-110-SSA1-1994.

Equipo

Autoclave presto 21 L

Incubadora con control de temperatura marca MAPSA, modelo HDP-334

Tabla 42 . Análisis microbiológico

| técnica | Método | Medio de cultivo | Temperatura | Reportar |
|---|---|--|----------------------|--------------|
| Mesofiloa totales NOM-092-SSA1-1994 | Método para la cuenta de bacterias mesófilas en placa | Agar nutritivo | 35 °C por 48 hr | 25-250 UFC/g |
| Coliformes totales NOM-113-SSA1-1994 | Método para la cuenta de coliformes totales en placa | Agar rojo billis cristal violeta Agar Mc Conkey | 35 °C por 48 hr | 15-150 UFC/g |
| Mohos y levaduras NOM-111-SSA1-1994 | Método para la cuenta de mohos y levaduras | Agar papa dextrosa | 25 °C por 1 a 5 días | 10-150 UFC/g |

OBJETIVO PARTICULAR 4

Actividad 4. Selección del material del envase

El envase se eligió de acuerdo a las necesidades requeridas para la para la galleta funcional con mezclas de harinas, polvo de cáscara de tuna y granillo de café. Se tuvo en cuenta que en envase debía evitar el paso de luz ya que las grasa de la

galleta tiende a aranciarse provocando un deterioro y un crecimiento de microorganismos, también evitar la degradación de los pigmentos presentes por el polvo de cáscara de tuna roja que son las betalainas que le dan el color rojo-violeta y por otro lado el café entre sus pigmentos presenta flavonoides que dan el color café a la galleta. Consecuentemente, el diseño del envase primario y secundario que acompaña el producto debe ser coherente con la estrategia comercial de la empresa y satisfacer los requerimientos del Marketing. Para llegar a crear y comercializar un nuevo envase, nos conviene seguir las indicaciones que se identifican en las siguientes fases:

1. Nueva necesidad (estudio de mercado)
2. Diseño
3. Desarrollo
4. Comercialización

Entre las tendencias actuales más importantes, se encuentra el interés por los problemas ambientales que, percibidos por los consumidores con preocupación, se reflejan en sus decisiones de compra. Por lo que se decidió hacer un envase destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conservando su integridad física, química, sanitaria y cuidado del medio ambiente (**NOM-130-SSA1-1995**).

Actividad 4.2 Elaborar la etiqueta

El diseño de etiqueta se realizó de acuerdo al público al que va destinado. Cada vez más críticos e informados, escrutan más y mejor a las etiquetas y exigen transparencia y nuevos compromisos a las empresas. Consecuencia de esto, se diseñó una etiqueta haciendo alusión al cuidado del medio ambiente y que proporcionara la información legal que indica en la **NOM-051-SCFI/SSA1-2015**.

REQUISITOS

- Nombre del producto
- Información veraz y clara
- Lista de ingredientes (orden decreciente de acuerdo %)
- Ingredientes así como aditivos que cause alteración
- Contenido neto
- Nombre y domicilio del responsable
- País de origen
- Lote
- Fecha de caducidad
- Información nutricional

Actividad 4.3. Definir costo unitario

El balance de costos se realizó tomando en cuenta los costos directos del producto (materia prima y materiales auxiliares), con base en la cantidad necesaria para elaborar 60g de producto. Considerando lo anterior se determinó el costo final de la producción de galletas adicionadas con polvo de cáscara de tuna y café.

OBJETIVO PARTICULAR 5

Actividad 5. Análisis sensorial de nivel de satisfacción

La prueba de nivel de satisfacción se realizó con dos muestras una casera y la otra comercial contra la galleta adicionadas con polvo de cáscara de tuna y café para saber la preferencia entre las muestras y saber si es viable establecer la galleta en el mercado. Con base en los resultados obtenidos se realizó un análisis mediante una distribución binomial, la cual indica que probabilidad hay que prefieran una sobre la otra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS DE ACTIVIDADES PRELIMINARES

Actividad preliminar 1. Selección y clasificación del material biológico

Se clasificó el lote de tuna roja según la norma NMX-FF-030-SCFI-2006, donde se cumplieron con las especificaciones sensoriales para la tuna fresca.

- **Tamaño**

El tamaño de la tuna roja entera de acuerdo a su clasificación (véase tabla 44) se determinó por el peso de una población de 90 muestras las cuales se obtuvo el promedio de 161 g debido a esto se seleccionó el código de tamaño B ya que cumple con la especificación de tamaño 141-190 g, Tabla 43.

Se pesaron las cáscaras donde se obtuvo un peso promedio de 62.20 (g) y que corresponden a un 39% del peso total de la tuna.

Tabla 43. Representación de peso de cáscara en función al peso total del fruto.

| | Peso de la tuna entera (g) | Peso de cáscara de tuna (g) | Representación de la cáscara (%) |
|----------|-----------------------------------|------------------------------------|---|
| Promedio | 161.07 | 62.20 | 39.02 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Tamaño de las tunas con base a su peso.

| Código de tamaño | Intervalo del peso (g) | Peso promedio |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------|
| A | Más de 190 | 216 |
| B | 141-190 | 165 |
| C | 90-140 | 115 |
| D | menor a 89 | 65 |

Para el valor promedio del peso en función al peso total del fruto, la cáscara de tuna representa 39.02%, tabla 41. Candelaria Milagros, (2017) en estudio realizado a las tunas, reporta un rendimiento de 46.82%, sin embargo, Samahy et al. (2006) reportaron valores de 41.53-49.63 y 39.23-44.53% para pulpa y cáscara de tuna, respectivamente. Esto indica que casi el 50% del fruto es eliminado, por lo cual constituye un excelente desecho orgánico que se puede aprovechar, por lo que al reutilizar la cáscara de tuna como materia prima para la sustitución parcial de harinas en panificación es posible recuperar el valor económico.



Actividad preliminar 1.1. Cálculo del índice de madurez

Se evaluó el contenido de pH, acidez y sólidos solubles de la pulpa de tuna roja para determinar el índice de madurez y así poder interrelacionarlo con las características de la cáscara, Tabla 45.

Tabla 45. Contenido de pH, sólidos solubles, acidez y grado de madurez de la Pulpa +semillas de tuna roja

| | Lote 1 | | | Lote 2 | | |
|---------------------|--------|------------------|---------|--------|------------------|--------|
| | pH | Sólidos solubles | Acidez | pH | Sólidos solubles | Acidez |
| Promedio | 6.3566 | 16.2 | 0.052 | 5.93 | 15.6666 | 0.072 |
| Desviación estándar | 0.0057 | 1.0954 | 0.00848 | 0.0173 | 0.5773 | 0.0042 |
| C.V% | 0.0908 | 6.7620 | 16.317 | 0.2920 | 3.6852 | 5.8925 |

Tabla 46. Índice de madurez de tuna roja

| Índice de madurez | |
|---|--|
| Lote 1 | Lote 2 |
| 302 | 225 |
|  |  |
| Figura 39. Lote 1 de tuna roja | Figura 40. Lote 2 de tuna roja |

En la Tabla 44 se puede observar que el contenido de sólidos solubles corresponde a lo establecido por la norma NMX-FF-030-SCFI-2006 presentando un valor para el lote 1 de 15.66 y para el lote 2 de 16.2 mayor de 10% de lo permitido. Se ha hecho énfasis en que el intervalo de 10-17°Brix son azúcares reductores principalmente, siendo la glucosa la predominante y la fructosa en segundo lugar, lo que hace que la pulpa de tuna sea “muy dulce” (Sepúlveda y Sáenz, 1990; Stintzing et al., 2003). La menor concentración puede ser reflejo de la época de colecta, que fue cerca del invierno. De acuerdo con lo reportado por Sáenz et al., (1993), la concentración de azúcares tiende a disminuir cuando las colectas se hacen en esta estación, comparado con la concentración de azúcares producida en verano. Con respecto al pH se puede observar la disminución del pH para el lote 2 con un valor de 5.93, esto puede estar relacionado con el aumento que se da en la concentración de ácidos orgánicos que son utilizados como sustratos de la respiración para la síntesis de nuevos componentes durante la maduración. Este descenso coincide con el inicio de la maduración y la acumulación de azúcares (Kays, 1997). El incremento en el pH a partir del lote 1 con un valor de 6.35 se da porque durante el llenado de frutos gran parte de la actividad de acumulación se da por cotransporte paralelo, en donde los iones H^+ desempeñan un papel importante; estos hacen parte de la formación de sustratos como la sacarosa y la glucosa, y hacen que su concentración a nivel vacuolar disminuya durante las últimas fases de la maduración, por lo que el pH se ve ligeramente aumentado (Marschner, 2002). El intervalo de pH concuerda con los valores obtenidos por Piga, (2004) y Saenz, (1996) quienes reportan un rango de 5.3-7 pH.

La acidez representa el resultado de dos procesos metabólicos simultáneos: el incremento de carbohidratos totales y el decremento del ácido cítrico como se puede observar tanto en el lote 1 como en el lote 2 donde la acidez disminuye y aumentan los sólidos solubles aunque en mayor proporción en el lote 1, por lo cual el índice de madurez es mayor en el lote 1 con un valor de 302 presentando una madurez fisiológica óptima en donde la fruta presenta sus mejores condiciones de

consumo, este valor es similar al reportado por Ochoa y Guerrero (2011) con un valor de 393.97. Los datos de índice de madurez se pueden corroborar de forma visual en la morfología y estructura de la superficie de la tuna siendo el lote 1 que presenta un color rojo uniforme en la superficie a comparación del lote 2 de acuerdo a la escala de color reportada por Robles (2009), Figura 41.



Figura 37. Especificaciones para el color del fruto

Actividad preliminar 1.2 Análisis fisicoquímico a la cáscara de tuna roja

Tabla 47. Determinación de pH, sólidos solubles, acidez y grado de madurez de la cáscara + piel de tuna roja

| | Lote 1 | | | Lote 2 | | |
|---------------------|--------|------------------|--------|--------|------------------|--------|
| | pH | Sólidos solubles | Acidez | pH | Sólidos solubles | Acidez |
| Promedio | 5.9233 | 14.9 | 0.25 | 5.64 | 15.66 | 0.56 |
| Desviación estándar | 0.1106 | 0.9 | 0.0849 | 0.31 | 0.577 | 0.0566 |
| C.V% | 1.8672 | 6.04 | 33.94 | 0.0549 | 3.68 | 10.10 |

Fuente : Elaboración propia con datos obtenidos experimentalmente

Se observa en la Tabla 47 que el valor promedio de pH para el lote 1 fue de 5.92 y para el lote 2 de 5.64, en ese rango de pH no se observó un cambio de coloración, esto indica que las betalainas se encuentran estables, por esta razón, no fue necesario hacer un ajuste de pH,

Esto se corrobora con el estudio realizado por Von Elbe y Goldman, (2000) donde evaluó la estabilidad de las betalainas observando que a un pH por debajo de 3 el

color cambia a violeta, y su intensidad decrece y por encima del pH 7 el color es más azulado debido a un efecto batocrómico o desplazamiento hacia el rojo.

También Lock (1997) concluye que el pH óptimo para la máxima estabilidad de la betacianina y betaxantina en presencia de oxígeno está entre 3,5-7 rango en el que se encuentran la mayoría de los alimentos, fuera de este rango el color decrece.

Se obtuvieron valores de °Brix de 14.9 para el lote 1 y 15.66 para el lote 2, valores superiores a lo que reporta Singh (2003), 13 °Brix, sin embargo, es similar a lo indicado por Rodríguez et al., (1996) (15,61 a 15,67 °Brix) e inferior a 16,0 °Brix reportado por Sáenz (2000), y está dentro de los intervalos especificados por Sáenz y Sepúlveda (1993), tanto en tunas de verano, 14,0 a 17,3 °Brix, como de invierno, 13,1 a 16,0 °Brix.

Actividad preliminar 2. Caracterización del secador

La caracterización se llevó acabo en el secador de flujo transversal en la charola superior e inferior, para asegurar que la pulpa de cáscara de tuna roja tuviera un secado homogéneo.

Tabla 48. Temperatura de las charolas superior e inferior del secador

| Charola superior | | Charola inferior | | Diferencia |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------|
| Tiempo (min) | Temperatura (°C) | Tiempo (min) | Temperatura (°C) | C.V% |
| 0 | 22.2 | 0 | 22.2 | 0 |
| 10 | 36 | 10 | 36 | 0 |
| 20 | 51 | 20 | 56 | 6.60 |
| 30 | 62 | 30 | 60 | 2.31 |
| 40 | 63 | 40 | 60 | 3.44 |

Los datos obtenidos no mostraron diferencias significativas con respecto a las temperaturas dentro del secador durante los diferentes intervalos de tiempo,

tomando como límite un C.V 6.6%, por lo que se puede asegurar un secado homogéneo entre las charolas, Tabla 48.

Se realizó una segunda caracterización del secador, donde se dividió en cuadrantes la charola tomando en cuenta que las proporciones de cada uno sean las mismas para obtener un secado homogéneo en cualquier área dentro del secador.

Tabla 49. Temperatura en los diferentes cuadrantes

| Tiempo (min) | Temperatura (°c) | | | | Coeficiente de variación (%) |
|--------------|------------------|----|----|----|------------------------------|
| | Cuadrante | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 15 | 60 | 60 | 60 | 60 | 0 |
| 30 | 60 | 60 | 61 | 61 | 0.89 |

Después de obtener el registro de las temperaturas en todos los cuadrantes de las charolas se determinó cual sería el área de trabajo para cada temperatura, donde se encontró que el coeficiente de variación fue inferior a 1% por lo que el calentamiento es homogéneo a lo largo y ancho del secador, esto se hizo con el objetivo de garantizar que toda la cáscara, sin importar su posición en el secador, estaría sometido a la misma temperatura.

Actividad preliminar 4. Análisis físicos al polvo de cáscara de tuna

Actividad preliminar 4.1. Rendimiento del proceso

En cuanto al rendimiento de la cáscara de tuna roja después del secado, se puede observar un rendimiento del 12.19% (tabla 50) es relativamente bajo, lo cual puede ser explicado por el material adherido a la pared de los refractarios en el proceso de secado ya que la pulpa de cáscara de tuna presenta diferentes componentes de la fibra dietética (celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, gomas) son polisacáridos, oligosacáridos y compuestos no polisacáridos (lignina) que forman redes tridimensionales ocasionando una mayor adhesividad y pegajosidad,

por otro lado se puede ver reflejado en pérdida del material particulado después del proceso de molienda para la obtención del polvo. El rendimiento fue menor de lo citado por Obón et al., (2009) reportaron rendimientos del 58% para un colorante en polvo obtenido a partir de cáscaras de *Opuntia stricta* debido a las dificultades en la recolección de compuestos finos. Pese al bajo rendimiento reportado la cantidad de polvo ocupada para la elaboración de galletas a nivel experimental es poca (5%, 10% y 15%) por lo cual resulta viable la utilización de polvo cáscara de tuna roja.

Tabla 50. Resultados del rendimiento de la cáscara de tuna roja en el proceso de secado

| Materia prima | Peso inicial (g) | Peso final (g) | Rendimiento % |
|----------------------|------------------|----------------|---------------|
| Cáscara de tuna roja | 753.98 | 92.73 | 12.29 |

Actividad preliminar 3.2. Granulometria

En la Tabla 51 se observa el análisis granulométrico al polvo de cáscara de tuna

Tabla 51. Análisis granulométrico del polvo de cáscara de tuna

| No. Tamiz | Abertura de Malla | Peso retenido | Peso retenido (%) | Acumulado (%) |
|-----------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| 20 | | 7.88 | 15.67 | 15.67 |
| 40 | 425 | 3.97 | 7.89 | 23.56 |
| 60 | 250 | 3.14 | 6.24 | 29.8 |
| Charola | | 35.3 | 70.19 | 99.99 |
| Total | | 50.29 | 100 | 169.02 |

Ecuación 15. Modulo de finura

$$\text{Modulo de finura} = \frac{169.02}{100} = 1.69$$

Tabla 52. Modulos de finura



| | |
|--------|---------|
| fina | 0-2 |
| Media | 2-4 |
| gruesa | mayor 4 |

Se puede observar que el mayor porcentaje de partícula retenido fue en la malla no. 60 que corresponde a una abertura de malla 250 μm , Tabla 51, el peso retenido fue de 70.19 ($\approx 70\%$) y se obtuvo un módulo de finura con un valor igual a 1.69, clasificándola en molienda fina como reporta Fuertes 1998. Dentro de los factores que pudieron influir en el tamaño de partícula se tienen la humedad, fragilidad y la fibrosidad del material, ya que la cáscara de tuna probablemente posee fibras resistentes en comparación a otros frutos. Fuertes, 1998 señala que el tamaño de ideal de partículas de fibra para consumo humano se ubica en un rango de 50 a 500 μm ; tamaños mayores pueden afectar la apariencia del producto e impartir una sensación fibrosa dificultando la masticación y deglución, tamaños menores pueden presentar problemas en la hidratación al favorecerse la formación de grumos, ocasionar apelmazamiento y por lo tanto compresión del producto.

Actividad preliminar 4.3. Color

Los parámetros de color de la pulpa y polvo de cáscara de tuna se muestran en la Tabla 53. Con respecto a los resultados, se puede decir que el tratamiento térmico de secado, tuvo un efecto en el color de la cáscara de tuna roja que fue evaluando por el delta E el cual hace referencia a la diferencia en comparación numérica entre las cáscaras secas y la pulpa de la cáscara, además del apoyo visual de ilustraciones determinadas por las coordenadas L^*a^*b .

Tabla 53. Coordenadas L*a*b* de cáscara y polvo de tuna roja

| Cáscara | L | a | b | COLOR |
|---------|-----|----|----|---|
| Pulpa | 55 | 45 | 10 |  |
| polvo | 42 | 53 | 20 |  |
| DELTAS | -13 | 8 | 10 | $\Delta E = 18.24$ |

El parámetro de color L*, que representa la luminosidad se ve afectada por el tratamiento térmico obteniendo un valor negativo -13 teniendo un inclinación a una tonalidad oscura debido a que el aumento de temperatura en los pigmentos predominantes en la cáscara de tuna son las betanina se produce una reducción gradual del color rojo característico de este pigmento con la aparición de pardeamiento (Von Elbe et al., 1974).

El parámetro de color a*, que representa la tendencia al color rojo (+), con un valor de 8 de tal forma que no fue afectado por la temperatura de secado. Los valores obtenidos presentan una tendencia al color rojo, ya que se encontraron solo valores positivos para este parámetro, lo anterior era visualmente detectable. La degradación de betanina es reversible y, por tanto, después de calentar ocurre una regeneración parcial del pigmento. El parámetro de color b*, que representa las tendencia de coloración amarillo (+), con un valor de 10 de tal forma no fue afectado por la temperatura de secado, observándose valor positivo, indicando mayor tendencia al color amarillo, esto se debe a que muchos de los componentes que presentan actividad antioxidante muestran coloraciones amarillas como los polifenoles presentes en la tuna y hasta los pigmentos betaxantinas. Las betaxantina presenta una estabilidad del color ante los tratamientos térmicos y una regeneración de éste a las 24 horas de almacenamiento (Soriano, et al. 2007), es por ello que se observa un cambio mínimo en el color de la pulpa al ser sometida a un secado a 60°C. Para el caso de alimentos procesados térmicamente, el ΔE tiende a una gran variación como lo es en el caso de la cáscara de tuna roja que

tiene un valor significativo de 18.24, cuando es mayor a 5 implica un cambio de color perceptible para el humano y va a cambiar de manera significativa por las reacciones químicas como puede ser la caramelización (también llamada pirólisis, cuando los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión).

Actividad preliminar 4.4 Obtención de la curva de secado para la cáscara de tuna roja.

La determinación de las condiciones de operación para el secado en la cáscara de tuna es de vital importancia ya que estas influyen en la estructura, color y propiedades fisicoquímicas en la deshidratación.

El balance realizado, Tabla 54, para cada una de las muestras de pulpa de cáscara de tuna roja, muestra que la humedad retirada a las diferentes condiciones de operación se encuentra en un rango del 70%- 80%.

Tabla 54. Humedad retirada de la cáscara de tuna.

| Humedad inicial | Humedad en base seca | Humedad retirada |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 91.28 | 15.26 | 76.02 |
| 91.28 | 13 | 78.28 |
| 91.28 | 14.1 | 77.18 |
| 91.28 | 12.26 | 79.02 |
| 91.28 | 10.18 | 81.1 |

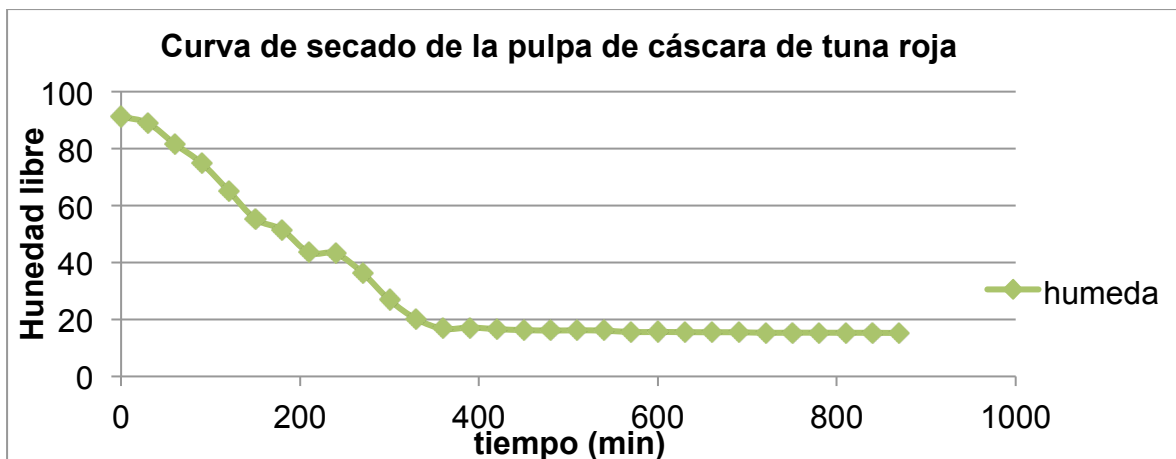
Tabla 55. Promedios de humedad obtenidos de la termobalanza

| Muestra | Gramos | Humedad% |
|-----------------------|---------------|-----------------|
| muestra fresca | 0.515 | 91.28 |
| muestra seca | 1.043 | 13.81 |

Después de haber realizado los análisis a la pulpa de cáscara de tuna roja deshidratada, se procedió a realizar la curva de secado en la cual se puede observar que hubo una remoción de humedad, la cual ascendió con la variación del tiempo a una temperatura de 60°C favoreciendo el proceso de molienda debido al agua evaporada dentro de la cáscara presentando un mayor encogimiento (gráfica 1).

Una alternativa para conservar alimentos es el secado, este es un proceso de preservación ampliamente utilizados para extender y preservar la vida útil de los productos y se ha utilizado para la preservación de nopal, más que para tuna, sin embargo el enfoque de los estudios existentes está orientado en el tipo de proceso utilizado y a la calidad física del producto final obtenido (Medina-Torres et al., 2013)

Gráfica 1. Curva de secado (humedad libre vs tiempo)



En proceso de secado la pulpa de cáscara de tuna relaciona la variación del contenido de agua del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo como se puede observar en la gráfica 1. Se ha reportado que el proceso térmico puede inducir cambios químicos en polifenoles que resultan en la formación de productos de descomposición que pueden mantener o incluso poseer una mayor actividad antioxidante (Buchner et al., 2006; Dewanto et al., 2002), aunque ciertos estudios reportan el efecto contrario, es decir, un aumento del contenido en antioxidantes, derivados de los cambios estructurales en los tejidos que pueda

liberar limitada concentración de polifenoles resultando en un aumento de la actividad antioxidante, por lo que un factor importante para la conservación de la estabilidad de los componentes bioactivos durante el secado es el tiempo de exposición al calor y la temperatura, donde se puede observar en la gráfica un menor tiempo de 16 hrs contrario a lo reportado en la bibliografía de 24 hrs ya que tenía un espesor de pulpa 5 mm.

En la curva de velocidad de secado se presentan tres periodos que influyen en la remoción de humedad de la pulpa de cáscara de tuna, en el periodo de precalentamiento se tiene que la humedad de un 91% por lo que se están ajustando las condiciones de secado, presentando una pequeña remoción de humedad, donde la temperatura está en un equilibrio en la superficie de la pulpa de cáscara de tuna. En el periodo de velocidad constante la superficie de la pulpa se mantiene saturada, gracias al flujo de agua desde el interior de la pulpa hacia la superficie, se presenta una eliminación de agua no ligada, la pulpa comienza a compactarse y reducir el tamaño.

En el periodo de velocidad decreciente la pulpa alcanza una humedad crítica que permite la remoción de agua donde las cadenas de fibras están más cerca entre ellas y pueden formar aglomerados compactando la estructura, saturando la humedad en la superficie de la pulpa, evitando que se libere el agua dentro de la matriz, causando gradientes de concentración entre el interior y la superficie al ser producto no poroso, el tiempo de residencia en este periodo es mayor (5 horas (300 min)), por último se observa que el periodo de velocidad creciente ya no presenta un cambio dirigiéndose a la humedad en equilibrio, por lo que en este punto se llegó a la temperatura deseada con un contenido de humedad menor a 15%, referenciado en la norma NOM-247-SSA1-2008.

Actividad preliminar 4.5 Análisis químico proximal

En la Tabla 56 se muestra la composición química de la cáscara de tuna roja.

Tabla 56. Composición química de la cáscara de tuna roja.

| Componente | % B.H | % B.S | Desv. Estándar | C.V % | Bibliográfico % | Autores |
|-----------------|--------------|---------------|----------------|-------------------|--|---|
| humedad | 91.28 | 13.81* | 0.655 0.03* | 0.0718 0.2172* | b.h: 84.0 a 90 Opuntia Robusta:86.3 *b.s: 15% | Piga (2004) Diodoro (1991) *NOM-247-SSA1-2008 |
| azúcares | 4.23 | - | 0.313 | 7.41 | 4.15 | Lozada (2007) |
| ARD | | | | | | |
| ART | | | | | | |
| cenizas | - | 11.34 | 0.203 | 1.7901 | 11.5 | Lozada (2007) |
| fibra | - | 6.04 | 0.7919 | 13.11 | 4.97-6.99 | Paucara (2017) Huaman (2014) |

La humedad determinada con un valor de 91.28% está dentro del intervalo de 84.0 a 90.0% mencionado por Piga (2004) y superior a 86.3% para Opuntia Robusta según Diodoro (1991), esto se puede deber a que la muestra fue sometida a congelación para su conservación, se formaron cristales de hielo por lo que el valor de humedad se vio afectado, sin embargo, Diodoro (1991) presenta una revisión bibliográfica de diferentes tunas en el que el valor de la humedad se encuentra en un rango de 77.0%-91.0%, siendo el tipo *Opuntia streptacantha* (de coloración roja) la que presentó el mayor valor de humedad (91%) la cual cuenta características sensoriales similares a la tuna *Opuntia Robusta*.

Los azúcares como la glucosa y la fructosa son azúcares reductores, es decir se oxidan fácilmente con agentes oxidantes suaves, el grupo aldehído se oxida.

Mientras que los azúcares que tienen el grupo carbonilo formando un acetal son azúcares no reductores, por ejemplo, la sacarosa que tiene los átomos de carbono anomérico de los monosacáridos unidos entre sí, de manera que ambos carbonilos están protegidos y no reaccionan. En la Tabla 56, podemos observar que los datos obtenidos para ARD fue de 4.23% y para ART de 5.15%, similares a los reportados por Lozada (2007) que son de 4.15% y 4.99% respectivamente.

Por otra parte, las cenizas, vistas como el contenido de minerales encontrado en la cáscara de *Opuntia Robusta* fue de 11.34%, Tabla, 50. Se observa que hay un aporte importante de minerales, valor que se acerca a 11.5% reportado por Lozada (2007).

La fibra cruda obtenida fue de 6.04%, se puede ver reflejado en que en la cáscara se encuentra una fuente importante de fibra dietética, que incluye hidrocoloides presentes en la pared celular, presentando fibra soluble que se compone de polisacáridos no-celulósicos tales como pectina, gomas y mucílago y fibra insoluble se compone de fragmentos de las paredes celulares que contienen celulosa, lignina y hemicelulosa. Este valor es menor al obtenido por Huaman (2014) con 6.99% y mayor al obtenido por Paucara (2017) con 4.97 la cantidad de fibra suele ser menor en tunas rojas que en tunas verdes ya que posee una dureza considerable proporcionada por la fibra, a diferencia de la cáscara suave de las tunas rojas.

Con estos resultados se demuestra que este desecho pudiera ser utilizado como complemento de alimentación humana, debido a su contenido nutricional y al aporte de fibra aunado a la recuperación económica por su utilización y el beneficio que se tiene al medio ambiente. Esto puede proporcionar una alternativa de comercialización, ya que estos productos podrían ser utilizados como fuente de fibra en productos alimenticios procesados como lo son producto de panificación.

OBJETIVO PARTICULAR 1

Actividad 1. Estudio de mercado

Para tener una visión general de la demanda o tendencias es necesario conocer los productos que actualmente se ofrecen en el mercado , los cuales suplen la necesidad que se pretende abordar con el producto a elaborar .

Entre los productos que podrían llegar a ser competidores directos son formadas por el amasado de derivados de trigo u otros ingredientes aptos para el consumo humano, Tabla 57.

Tabla 57. Productos potenciales competidores de galletas integrales de harina de cáscara de tuna roja

| Producto | Imagen | Cantidad(g) /precio (pesos mx.) |
|--|---|---------------------------------|
| <p>Taifeld´s Galletas de fibra con ciruela pasa , arándanos, y manzana</p> |  | <p>190 g \$34.50</p> |
| <p>BIMBO Multigrano galleta de nuez</p> |  | <p>120 g \$54.00</p> |
| <p>Galletas All-Bran</p> |  | <p>222g \$ 27.90</p> |

| | | |
|---|---|-------------------------|
| <p>Quaker Horneadas Quaker Con arandano , linaza, amaranto y nuez</p> |  | <p>200g \$30</p> |
| <p>Sanissimo Galleta de arroz con quinoa y sal</p> |  | <p>108g \$45.90</p> |
| <p>Taifeld's galletas integrales de nuez</p> |  | <p>200g \$34</p> |

Actividad 1.1 Encuesta del producto

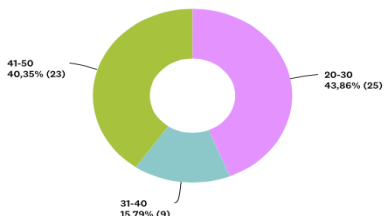
Para identificar las preferencias del consumidor, en cuanto al producto ofrecido se realizaron encuestas a público en general para poder identificar clientes potenciales y formas de consumo. El estudio de mercado fue aplicado a una muestra poblacional de 50 personas en la zona de Polanco, Ciudad de México en dónde 98% fueron mujeres de 20-50 años, debido a que las mujeres se preocupan mas por el consumo de este tipo de alimentos y son las que deciden sobre la compra de un producto en el hogar, además de que son adicionadas de granillo de café.



Figura 42. Resumen de los resultados obtenidos en la encuesta del producto.

La encuesta representa una segmentación por rango de edad la cual se muestra en la Figura 43. La edad predominante fue de 20 a 30 años con un 43.86% de entrevistado

Tabla 58. Rango de edad de encuestados



| Opciones de respuesta (rango) | Respuestas (%) | No. de personas |
|--------------------------------|----------------|-----------------|
| 20-30 | 43.86 | 25 |
| 31-40 | 15.79 | 9 |
| 41-50 | 40.35 | 23 |
| TOTAL | | 56 |

Figura 43. Rango de edad

Actividad 1.1.1. Análisis estadístico del estudio de mercado.

Para la demanda, de primera instancia se aborda con un alimento funcional debido a que se buscó saber si las personas de la zona de Polanco y grupos orientados al cuidado del medio ambiente sabían que es un alimento funcional. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 44.

Figura 44. Estudio de mercado . Frecuencia de conocer un producto funcional

¿Sabes que es un producto funcional?

Answered: 56 Skipped: 3

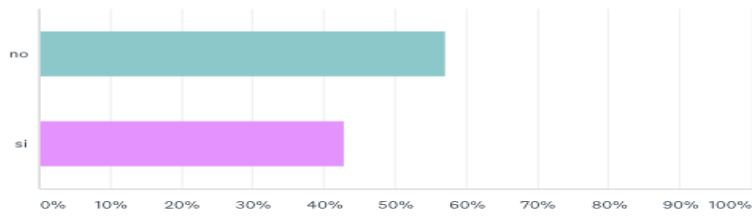


Tabla 59. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer un producto funcional

| Opciones de respuesta (rango) | Respuestas (%) | No. de personas |
|--------------------------------|----------------|-----------------|
| no | 57.14 | 32 |
| si | 42.86 | 24 |
| TOTAL | | 56 |

Se puede observar que el 57.14% no conocen lo que es un producto funcional, con un rango de diferencia de los que que si conocen un producto funcional de 14.28%. Para saber si la tuna roja es del gusto de la población meta, se observa en la Figura 45 una afirmación del 67.86% por lo cual es viable la utilización de ésta en la elaboración de una galleta integral.

Figura 45. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer el gusto de tuna roja.

¿Te gusta la tuna roja?

Answered: 56 Skipped: 3

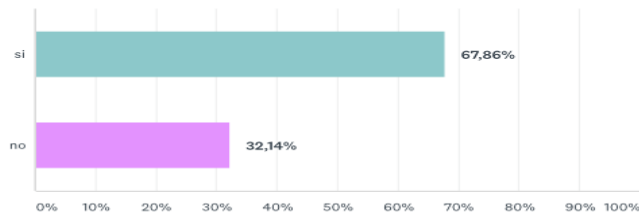


Tabla 60. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer el gusto de tuna roja.

| Opiniones de respuesta | Respuesta (%) | No. de personas |
|------------------------|---------------|-----------------|
| si | 67.86 | 38 (20-30) |
| no | 32.14 | 18 |
| TOTAL | | 56 |

Se realizó una pregunta en la cual se cuestionario si les gusta el café y se obtuvo una afirmación mayor del 89.29% siendo el rango de edad de 20-30 años el que predomina.

Figura 46. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer el gusto de café

¿Te gusta el café?

Answered: 56 Skipped: 3

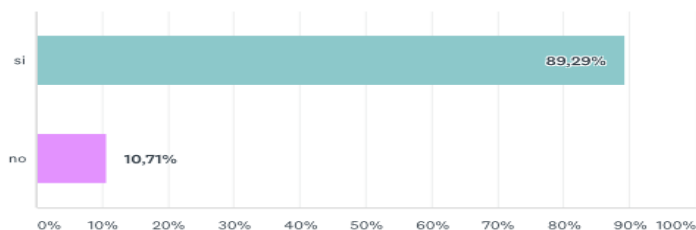


Tabla 61. Estudio de mercado . Frecuencia de conocer el gusto de café

| Opiniones de respuesta | Respuesta (%) | No. de personas |
|------------------------|---------------|-----------------|
| si | 89.29 | 50 |
| no | 10.71 | 6 |
| TOTAL | | 56 |

Con respecto a los beneficios de la tuna roja y café el 62.5% si conoce que tienen altos niveles de antioxidantes.

Figura 47. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer niveles de antioxidantes

¿Sabías que la tuna y el café contienen altos niveles de antioxidantes?

Answered: 56 Skipped: 3

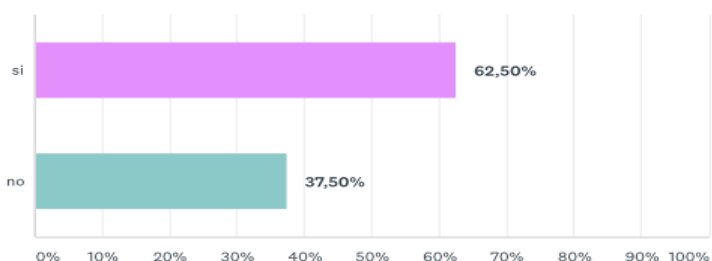


Tabla 62. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer un producto de antioxidantes.

| Opiniones de respuesta | Respuesta (%) | No. de personas |
|------------------------|---------------|-----------------|
| si | 62.50 | 35 |
| no | 37.50 | 21 |
| TOTAL | | 56 |

Se puede observar en la Tabla 63, que con un 71.43% que en cuestión a residuos orgánicos, las personas no están concientes de los beneficios que pueden tener, como lo es el polvo derivado de la cáscara de tuna, comparado con los que si saben, por lo que hay que concientizar a las personas de ello como parte de la publicidad del producto.

Figura 48. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer que el polvo de cáscara de tuna aporta fibra.

¿Sabías que el polvo de cascara de tuna roja tiene alto contenido en fibra dietetica?

Answered: 56 Skipped: 3

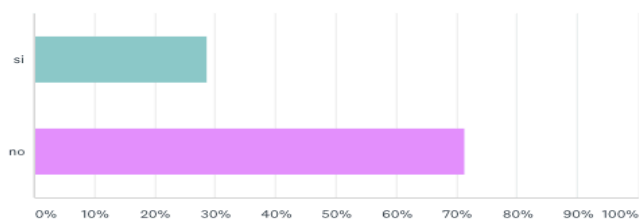


Tabla 63. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer polvo de cáscara de tuna aporta fibra.

| Opiniones de respuesta | Respuesta (%) | No. de personas |
|------------------------|---------------|-----------------|
| si | 28.57 | 16 |
| no | 71.43 | 40 |
| TOTAL | | 56 |

En lo que respecta al consumo de galletas integrales la mayoría de la población encuestada, Tabla 64, las consume de 1 a 2 veces por semana, éste es un buen indicador para la viabilidad de comercialización del producto en el mercado meta en el cuál, el rango de edad con mayor consumo fue de 41-50%, seguido de un 28.57% que especifica que las consumen 1 vez al mes, nunca, cada 15 días muy

poco, rara vez al mes, casi nunca, dos veces al mes con una muestra poblacional de 16.

Figura 49. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer consumo de galletas integrales

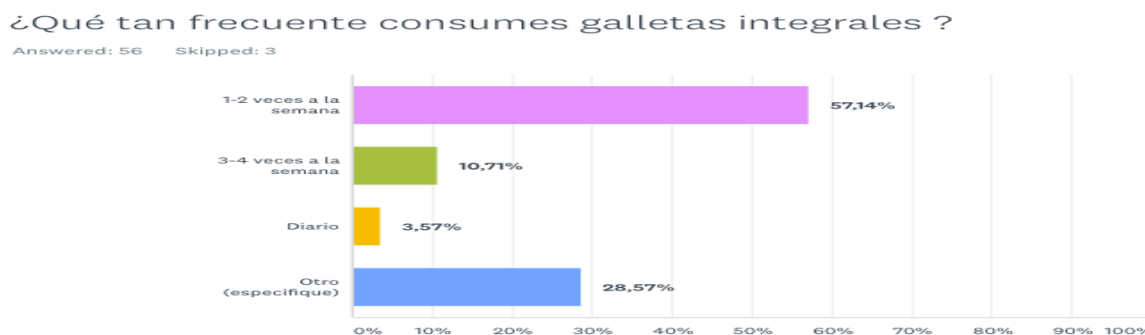


Tabla 64. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer consumo de galletas integrales

| Opiniones de respuesta | Respuesta (%) | No. de personas |
|------------------------|---------------|-----------------|
| 1-2 veces a la semana | 56.14 | 32 |
| 3-4 veces a la semana | 10.71 | 6 |
| diario | 3.57 | 2 |
| otro | 28.57 | 16 |
| TOTAL | | 56 |

Una vez establecido cuál es el consumo de galletas integrales, se analizó si consumen alguna marca en específico, obteniendo un 67.86% con respuesta negativa y afirmativa con un 32.34%. Las marcas mencionadas por los encuestados se muestran en la Tabla 65.

Figura 50. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer marca de galletas integrales

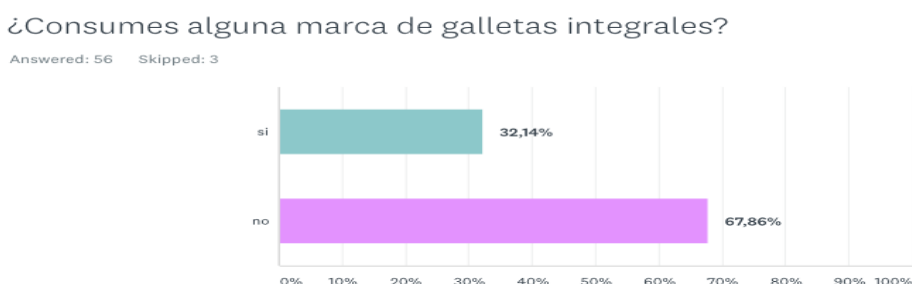


Tabla 65. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer marca de galletas integrales

| Opiniones de respuesta | Respuesta (%) | No. de personas |
|------------------------|---------------|-----------------|
| si | 32.34 | 18 |
| no | 67.86 | 38 |
| TOTAL | | 56 |

Tabla 66. Marca de galletas

| marca de galletas (personas) | | | | |
|--------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|
| All-bran | Quaker | Habaneras | Taifeld's | Bimbo |
| 2 | 8 | 3 | 2 | 1 |

El 91.7% dijo que si saliera al mercado una galleta de cáscara de tuna y café lo comprarían para probarlo, por lo que se tiene expectativas con respecto a la aceptación del productos en el mercado meta.

Figura 51. Probabilidad de consumir una galleta integral a base cáscara de tuna roja y café.

¿Te gustaría probar unas galletas integrales a base de cascara de tuna roja y café?

Answered: 56 Skipped: 3

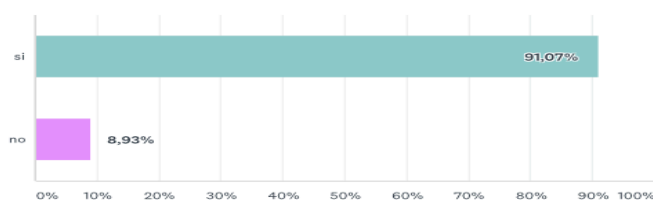


Tabla 67. Estudio de mercado. Frecuencia de conocer si probarían una galleta a base de cáscara de tuna y café.

| Opiniones de respuesta | Respuesta (%) | No. de personas |
|------------------------|---------------|-----------------|
| si | 91.07 | 51 |
| no | 8.93 | 5 |
| TOTAL | | 56 |

Finalmente se encontró que el 60.71% de los encuestados indicaron que el precio que pagarían por un paquete de tamaño comercial (60 g) es de 10-15 pesos, para poder comercializar la galleta integral en el mercado y que tenga éxito, hay que hacer promoción tanto en el aporte nutrimental, empaque, así como beneficios a la salud y cuidado del medio ambiente para así asegurar que el producto sea aceptado por el consumidor.

Actividad 1.2. Estudio de mercado del envase

Se hizo un estudio de mercado para conocer la preferencia y aceptación de un empaque ecológico. Se aplicó la encuesta a 25 personas.

Tabla 68. Respuestas obtenidas en la encuesta para un envase ecológico.

| Pregunta | Porcentaje | Respuesta |
|---|------------|-------------------------|
| 1. Rango de edad | 83.33 | 20-30 años |
| 2. Al momento de comprar galletas ¿en que se basa para realizar su compra? | 69.57 | El producto en sí mismo |
| 3. ¿Qué importancia le das a los materiales utilizados en los empaques que compras? | 65.22 | Me es importante |
| 4. ¿Consideras el cuidado del medio ambiente importante? | 100 | Si |
| 1. ¿Te gustaría que el mismo empaque educara sobre el cuidado del medio ambiente de una manera fácil? | 82.61 | Si |
| 2. ¿Crees que los productos y los empaques para “no contaminar” son más caros? | 86.96 | Si |
| 3. ¿Te gustaría saber si el empaque de un producto es ecológicamente amigable al desecharlo? | 91.3 | Si |
| 4. ¿Le das segundo uso a los empaques que | 70.83 | No |

| | | |
|---|----|--------|
| compras? | | |
| 5. ¿Qué tipo de material para un empaque de galletas te gustaría? | 64 | Cartón |

En los resultados obtenidos observamos que la mayoría de los encuestados se fija más en el producto que en el envase, por lo que el producto debe ser atractivo sin descuidar la imagen de éste, así como en el material para cumplir con el objetivo de obtener un empaque que sea 100% ecológico, tratando de que éste eduque a la población con alguna leyenda en la etiqueta que muestre al consumidor que se puede reciclar, Tabla 65.

OBJETIVO PARTICULAR 2

Actividad 2.2 Análisis sensorial

Actividad 2.3 selección del prototipo con las mejores características.

En cada muestra los jueces semi-entrenados recibieron 5 muestras. De cada muestra de un trozo de aproximadamente 1 cm, mostrados en una servilleta con el número correspondiente a cada muestra. Para el presente estudio se midieron los siguientes descriptores: color, olor, sabor, textura, los resultados se muestran en la Tabla 69.

Tabla 69. Medias y selección del prototipo

| Replicas | Prototipo | Evaluación sensorial | | | |
|----------|-----------------------|----------------------|------|--------|---------|
| | | color | olor | sabor | textura |
| 1 | A1b1b1 (111) | 2 | 3 | 2.5 | 4 |
| 2 | A3b3c3 (333) | 4 | 2 | 3 | 2.5 |
| 3 | A2b2c1 (221) | 2 | 3 | 3 | 3.5 |
| 4 | A2b1c3 (213) | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 5 | A2b2c2 (222) | 3 | 4 | 3 | 1 |
| P | | 0.00593 | | 0.6407 | 0.00087 |



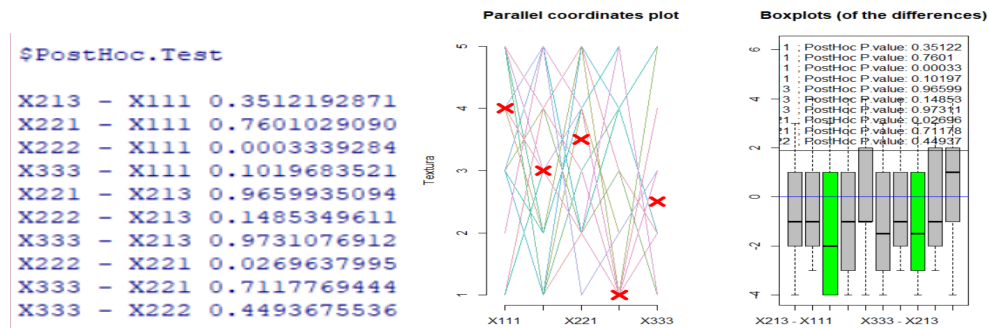
Con un nivel de significancia del 95% los factores de textura y color tienen efecto significativo sobre la galleta, la clasificación de Bourne (1982) para textura la galleta se encuentra como característica importante que contribuye hacia la calidad sensorial total en forma equivalente con la apariencia y/o el sabor. Como se puede ver en la Gráfica 2 con respecto a la comparación entre las medias de textura, presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) entre 222-111 y 222-221 resultando como mayor aceptación el prototipo 111 con un contenido de

cáscara de tuna 5%, lo que probablemente influyó en la dureza de estas galletas, ya que las moléculas de agua al estar presentes en dicha matriz alimenticia posiblemente provocaron un ablandamiento y suavidad en dicha estructura, el porcentaje de cáscara de tuna era bajo, los datos concuerdan con lo obtenido por Gonzales (2007), que luego de sustituir la harina de trigo por harina de bagazo de naranja obtuvo menor dureza a una concentración menor de 20% que a una concentración de 40% de sustitución. Esto tuvo lugar debido a la cristalización de los azúcares contenidos en las galletas, tan como señala Fahloul (2010), quien explica que la dureza de una galleta además de deberse en parte del desarrollo de la red de gluten para formar la estructura del producto, también los azúcares cumplen un factor importante en este aspecto, ya que al momento de ser llevada la masa galletera a cocción, los azúcares contenidos forman una solución sobresaturada con el aumento de temperatura, luego de que ésta pierde humedad en la superficie rápidamente, dando lugar a que el agua del interior de la galleta se difunda y los azúcares que no son volátiles se concentren. Posteriormente al salir del horno los azúcares se convierten en sobresaturado y se cristaliza. Después de haberse cristalizado los azúcares ya no retienen agua que proporciona moldeabilidad a la superficie de la galleta, por consiguiente ésta se vuelve dura.

De esta manera en las galletas de cáscara de tuna al salir del horno y su posterior enfriamiento, el jarabe sobresaturado de azúcares compuesto por sacarosa, glucosa y fructosa, se cristalizó obteniendo galletas con mayor dureza a

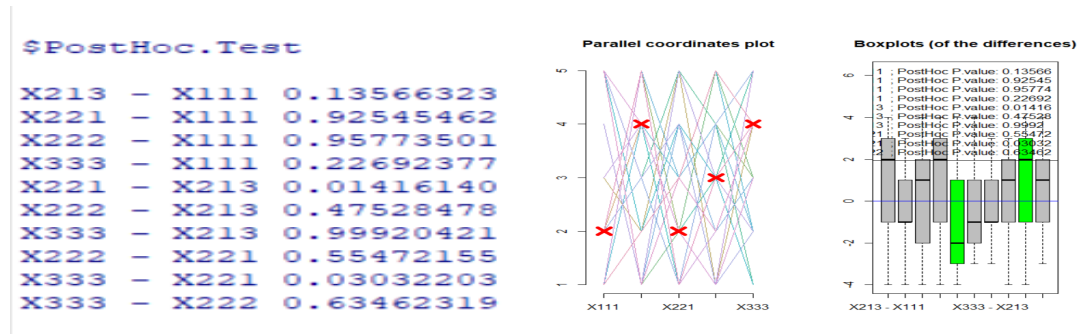
medida que aumentaba el porcentaje de sustitución. Este aumento de dureza también se evidenció en las galletas dulces elaborada por Ortega (2009), al sustituir harían de trigo por harinas de maíz, arroz y quinoa (estas últimas en partes iguales), aumentando el porcentaje de sacarosa en la formulación; obteniendo en la galleta con 40% de sustitución de harinas sucedáneas y con 35% de sacarosa se obtuvo una menor dureza. Si la galleta es dura es inevitable el rechazo por parte de los consumidores, por lo que las personas están orientadas a que las galletas tengan una consistencia ligeramente, duras, rígidas y compactas.

Gráfica 2. comparación de medias textura



En cuanto al color, hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en las medias entre 221-213 y 333-221 con un mayor grado de aceptación fue el prototipo 213 y con diferencia de .5 el prototipo 333 se atribuye que la encuesta mencionaba el proyecto al cual iba dirigido el alimento, por lo tanto estos prototipos resultaron ser los de mayor contenido de cáscara de tuna dando a las galletas una tonalidad rojiza, al ser un alimento con el aprovechamiento de éste resulta ser de mayor agrado las galletas que representen dicho componente característico.

Gráfica 3. comparación de medias color



Por último, el prototipo seleccionado con respecto a los datos obtenidos de la media el que presento menores diferencias fue el prototipo 213 fue la de olor, sabor y color .Por tanto, a la vista de los resultados se puede decir que las galletas formuladas con porcentaje de mayor de la sustitución parcial de tuna fueron las aceptadas por los consumidores.

Actividad 2.5. Color

Los resultados obtenidos del color de las galletas en estudio se expresaron en términos de luminocidad: L* y cromaticidad; los cuales se expresan en la Tabla 70. Tabla 70. Determinación de color en diferentes prototipos.

| Muestra | L | a | b | ΔE (polvo-galleta) | Color |
|------------------------|----|----|----|-------------------------------|-------|
| 221 80-15-5 | 31 | 6 | 17 | 48.27 | |
| 111 90-5-5 | 34 | 8 | 17 | 45.71 | |
| 213 80-5-15 | 30 | 15 | 14 | 40.29 | |
| 222 80-10-10 | 34 | 14 | 13 | 40.42 | |
| 333 70-15-15 | 29 | 14 | 14 | 41.54 | |

Se obtienen valores de L^* más oscuras para las galletas con mayor sustitución de cáscara de tuna 15% presentando un rango de 29-30. Esta disminución de la luminosidad se asemejan a los valores obtenidos por Pesantes (2014) sustitución de harina de tuna púrpura en galletas dulces con 29.31 a una sustitución del 15%, también se evidencio con lo obtenido por Patrón-Pereira (2009) sustitución de harina de cladodios de cactus con 76 galleta testigo y 36 en la galleta con 20% sustitución.

Gamboa (2006), indica que el color es un factor importante en las galletas dulces y que las coloraciones pardas y oscuras que se presentan durante el horneado, se producen por reacciones de pardeamiento enzimático por parte de los azúcares de igual forma en el granillo de café a altas temperaturas dentro del grano, se produce la caramelización que se le conoce como reacción de Maillard.

El polvo de tuna al contener azúcares reductores como glucosa y la fructosa, dio lugar a que las galletas sean más oscuras debido al pardeamiento de dichos azúcares, y este oscurecimiento dependió de la mayor incorporación de polvo. Otro factor que influyó en la disminución de la luminosidad se debió a las betaninas de la tuna, que son pigmentos que brindan el color rojo violeta característico del fruto.

Con lo referente al parámetro de a^* que se refiere a la cromaticidad de los colores verdes (-) y rojo (+); presentando valores con mayor intensidad color rojo para las galletas con una sustitución de polvo de cáscara de tuna mayor 15% por contener las betaninas que son el color rojo y también se le puede atribuir las melanoidinas coloreadas del café, que van desde amarillo claro hasta café oscuro, pigmentos capaces de absorber luz a longitudes de onda de hasta 420 nm, producto de diversas reacciones, principalmente entre mono- y di-sacáridos con péptidos, proteínas y/o aminoácidos libres, ocasionadas por las altas temperaturas (Reacción de Maillard) (Saklar et al., 2001; Lindenmeier et al., 2002). Para el parámetro b^* los resultados de la medición de la cromaticidad indicaron la presencia única de color amarillo, se indicó que la galleta con 15% de sustitución

fue menos amarilla obteniendo valores de 14, que en comparación de las de 5% que obtuvieron valores de 17. Con respecto al ΔE en comparación con el polvo de cáscara de tuna roja se puede observar que hay una diferencia significativa en las galletas con menos proporción de polvo como lo son 221 y 111 teniendo un ΔE de 48.27 y 45.71 respectivamente observando la tonalidad a un color café oscuro, sin embargo para las galletas con una mayor proporción de cáscara de tuna roja son 213, 222 y 333 se muestra un ΔE bajo de 40.29, 40.42 y 41.54 respectivamente ya que las betaninas de la tuna brindan una tonalidad rojiza.

OBJETIVO PARTICULAR 3

Actividad 3. Análisis químico proximal

En la Tabla 71 se muestra la composición química de la galleta.

Tabla 71. Composición química del prototipo seleccionada

| Componente | | Galleta con polvo de cascara de tuna (%) | Desv. Estándar | C.V % | NMX-F-006-1993 (%) Galletas comerciales |
|------------|-----|--|----------------|--------|---|
| Humedad | | 5.47 | 0.134 | 2.4538 | 8 |
| Cenizas | | 2.02 | 0.042 | 2.1003 | 2.0 |
| Lípidos | | 13.21 | 0.134 | 1.016 | 15 |
| Proteína | | 9.00 | 0.919 | 10.20 | 6.0 |
| Fibra | | 2.75 | 0.353 | 12.85 | 0.5 |
| Azúcares | ARD | 4.02 | 0.206 | 2.0199 | - |
| | ART | 20.41 | 2.019 | 9.7613 | - |
| CHOS | | 67.609 | - | - | Diferencia a 100 |

En general, las galletas son productos de baja humedad la cual está principalmente influenciada por el proceso de horneado, en el cual están implícitas

tanto las condiciones de tiempo y temperatura así como la humedad contenida en la masa, (Gutiérrez, 2016). Como podemos observar la humedad en estas galletas se encuentra dentro de los límites establecidos por la NMX-F-006-1993 para las galletas comerciales (Tipo III), al tener un valor inferior al 8%. Menor humedad del producto, existe menor actividad de agua y por ende se tiene una mayor seguridad en la conservación de las galletas. Al tener una sustitución de 15% de polvo de cáscara de tuna, presenta un mayor contenido de azúcares ya que la fibra está compuesta principalmente por hidrocoloides de alto peso molecular por las uniones de monómeros de azúcar como lo son fructosa y sacarosa, presentando en el horneado en el momento de la cocción saturando la muestra y cristalizando a los azúcares, al no poder hidratarse la cantidad presente de agua se difunde rápidamente provocando una evaporación del seno del producto.

El contenido de cenizas es un reflejo el material inorgánico de un alimento, es decir, es una medida del total de minerales presentes en él, (Gutiérrez, 2016). Al ser comparadas por el valor reportado por Collazos (1996), el cual es de 1.6% de cenizas para galletas dulces, la galleta está por encima de este porcentaje, pero en cuanto al contenido de cenizas con las especificaciones establecidas NMX-F-006-1993 para las galletas comerciales (Tipo III) (no dietéticas), se observa que el porcentaje obtenido (2.02%) se encuentra justo en el límite marcado (2%). Esto se debe a que las galletas elaboradas en este proyecto al ser clasificadas como funcionales, incrementó el contenido de cenizas, en la sustitución de 15% de polvo de cáscara de tuna proporcionando mayor contenido de minerales, de los cuales Amaya R., (2009) reporta con mayor proporción calcio, potasio y magnesio.

Una de las principales funciones de los lípidos o grasa en las galletas, además de mejorar su sabor, es la de proveer propiedades de textura deseables; se sabe que en grandes porcentajes producen galletas más suaves, (Gutiérrez, 2016). Al comparar el resultado con la NMX-F-006-1993, se puede decir que la galleta elaborada cumple con lo establecido, ya que la norma establece un mínimo del 5% para galletas comerciales (Tipo III). Esto se puede relacionar con la dureza de las

galletas con polvo de cáscara de tuna, pues la norma indica que para galletas finas se necesita un mínimo del 15%.

En cuanto el contenido de proteína al adicionar una mezcla de las tres harinas (trigo, avena y cáscara de tuna roja), sin embargo, el resultado obtenido de 9% no alcanza el valor de proteína para un alimento funcional siendo este del 12%. Esto se debe a que la cascara de tuna contiene poca cantidad de proteína y a que se le adicionó el menor % de harina de avena siendo esta la que pudo haber aportado mayor porcentaje de proteína a la galleta. Cumple con lo establecido con la NMX-F-006-1993 (mínimo 6%).

Las galletas, como todos los demás productos de panificación, son conocidas por su elevado contenido de hidratos de carbono (alrededor de 50-60%) debido a que uno de sus principales ingredientes, la harina de trigo, está compuesta en su mayoría por almidón, polisacárido característico por su absorción lenta en el intestino, (Gutiérrez, 2016). Se obtuvo un resultado de 67.60% de CHOS totales de los cuales el 20.62% es de azúcares reductores totales, sobrepasando el promedio para productos de panificación ya que a este resultado se le suman los azúcares aportados por la cáscara de tuna y la sacarosa que se agregaron en la formulación.

Para el contenido de fibra cruda se observa que tiene un mayor porcentaje que el de la norma con un 2.5% debido a que la norma no está sujeta a galletas dietéticas, por lo cual se considera que está es aceptable, el alto contenido de fibra se le atribuye a la sustitución de polvo de cáscara de tuna roja, tiene un 6.04% con hidrocoloides de alto peso molecular insoluble y solubles. Comparado con lo reportado por Pérez para la sustición de harina de gabazo se tiene un mayor porcentaje de fibra soluble de 59.84% y fibra insoluble de 3.12%. Por lo que se puede establecer que el desecho de cáscara de tuna, es rico en fibra dietaría que produce efectos beneficiosos a la salud. Con esto se puede dar un uso más a la cáscara de tuna roja, empleándolo como una fuente natural de fibra en la elaboración de panificación, evitando de esta manera una fuente de contaminación más.

Actividad 3.2 Contenido de Fenoles

Actividad 3.2.1 Determinación del contenido de fenoles totales en cáscara de tuna roja

Tabla 72. Contenido de fenoles totales en cáscara de tuna roja

| | Fenoles (mg EAG/ g muestra) | Capacidad antioxidante % |
|------------------------|--|-------------------------------------|
| Promedio | 7.25 | 64.13 |
| Desviación estándar | 0.3637 | 0.7515 |
| C.V % | 5.04 | 1.17 |

El contenido de fenoles totales es de 7.25 mg EAG/g para el polvo de cáscara de tuna roja Tabla 72, atributos que la tuna roja posee pigmentos denominados betalaina. Estos pigmentos, betalainas, provienen del ácido betalámico, son solubles en agua e incluyen a las betacianinas de color rojo-violeta y las betaxantinas de color amarillo; por lo tanto, el color del fruto depende de la concentración y el tipo de betalaínas que se encuentren presentes. Cerezal y Duarte, (2005) mencionan que la concentración de betacianinas (rojo-violeta) y betaxantinas (amarillo-naranja) fue mayor en los cultivares de frutos púrpura y menor en las tunas blancas. En contraste, Stintzing et al. (2002) señalan que los frutos de color rojo a púrpura presentaron las concentraciones más altas de compuestos fenólicos totales en comparación con los frutos de color blanco. Aunque existen pocos estudios del contenido de estos metabolitos en tuna, es importante mencionar los efectos benéficos de los fenoles, debido a que se relacionan con una diversidad de acciones, como la prevención del daño oxidativo del ADN, lípidos y proteínas, inhibición de procesos inflamatorios e inducción de enzimas detoxificantes (Rodrigo-García et al., 2009). En la cáscara de tuna de

diversos ecotipos se han identificado polifenoles como: quercetina, kaempferol y derivados de isoramnhetina (Kuti, 2004), isoramnhetina-3-rutinosido, rutina y kaempferol-3-rutinosido entre otros (Galati et al., 2003). La variación del contenido de los compuestos fenólicos en algunos frutos puede deberse a varios factores: a) aumento de compuestos fenólicos por activación de la enzima fenilalanina-amonioliasa (PAL) como respuesta al estrés por daños mecánicos en los frutos (de Ancos *et al.*, (2009); b) disminución de estos fitoquímicos durante la maduración del fruto (Fennema, 2000); y c) prácticas agronómicas, condiciones ambientales y el manejo pre y postcosecha de los frutos (Tsao, 2007).

La capacidad antioxidante presenta un valor de 64.13%, varios autores han reportado que las betalaínas (betanina e indicaxantina) presentes en tuna púrpura poseen actividad antioxidante, por lo que su consumo se asocia a la protección contra enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (Stintzing et al., 2005; Butera et al., 2002; Tesoriere et al., 2005). La actividad antioxidante de las betalaínas se atribuye al grupo fenólico y grupo amino cíclico presentes en su estructura, por lo cual podrían donar átomos de hidrógeno y/o electrones a radicales libres (Kanner et al., 2001; Moreno et al., 2008). Galati et al. (2003), mencionan que la vitamina C aporta aproximadamente el 15 % de la actividad antioxidante total de la tuna, sin embargo, los compuestos polifenólicos, flavonoides y a las betalaínas contribuyen con el 85 % restante.

Por otro lado, Escobar et al. (2010), reportan la capacidad antioxidante de la cáscara de tuna roja, mencionando que se puede utilizar como alimento funcional, lo que respalda los datos obtenidos en la experimentación, aunado a la tendencia del consumo de productos que promuevan la salud como son los alimentos nutraceuticos (Piga, 2004) y el aprovechamiento de subproductos agroindustriales reduciendo la generación de residuos.

Actividad 3.2.2 Determinación del contenido de fenoles totales en galletas

Tabla 73. Contenido de fenoles totales en galletas

| | Fenoles (mg EAG/ g muestra) | Capacidad antioxidante % |
|------------------------|--|-------------------------------------|
| Promedio | 3.6 | 74.035 |
| Desviación estándar | 0.323 | 0.24 |
| C.V % | 8.98 | 0.32 |

Las betalainas son muy termolábiles y su velocidad de degradación se incrementa con la temperatura, siendo las betaxantinas mucho más sensibles que las betacianinas. Se ha observado que el efecto de la temperatura sigue una cinética de primer orden, lo cual ha permitido expresar la estabilidad de los pigmentos en términos de su vida media (Saguy, 1979). La degradación de los polifenoles y los pigmentos de la cáscara de tuna roja que poseen actividad antioxidante durante el proceso de horneado, se puede ver afectada por las altas temperaturas sin embargo la adición de granillo de café (3.8 %) proporcionó una gran cantidad y variedad de compuestos fenólicos, uno de los más importantes y conocidos es la cafeína, un derivado de las xantinas así como los ácidos clorogénico, cafeico, fenílico y cumárico. Los ácidos clorogénico, fenílico y cafeico tienen propiedades antioxidantes que pudieran contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares. El ácido clorogénico se relacionan con la prevención de enfermedades oxidativas, debido al grupo fenol que posee en su estructura (Morishita y Ohnishi 2001); en la protección de los dientes, ya que forma una película protectora contra las bacterias (Daglia *et al.* 2002). El ácido clorogénico es uno de los mayores componentes fenólico del café, además el café posee compuestos heterocíclicos volátiles (pirroles, furanos y tiazoles), también con actividad antioxidante, El tostado del café podría ocasionar la disminución de actividad antioxidante, ya que pueden degradarse compuestos con esta actividad, como los fenoles. Sin embargo, las temperaturas altas pueden promover la

formación de compuestos con actividad antioxidante como los productos de la reacción de Maillard (melanoidinas), por lo cual se puede afirmar que la adición de granillo de café aumenta la capacidad antioxidante en la galleta, siendo aceptada para la elaboración del producto, estableciéndose como un alimento funcional.

Actividad 3.3 Análisis microbiológico

Por medio de un análisis microbiológico se determinó los UFC/g de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras para verificar la calidad sanitaria en el proceso de elaboración de la galleta, Tabla 74.

Tabla 74. Análisis microbiológico de la galleta

| Microorganismos | UFC/g | NOM-247-SSA1-2008 UFC/g |
|--------------------|-------|----------------------------|
| Mesófilos aerobios | 120 | 10,000 |
| Coliformes totales | 0 | <30 |
| Mohos y levaduras | 150 | 300 |

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 para mesófilos aerobios el límite máximo permisible es de 10,000 UFC por g de muestra, en este caso se obtuvieron 120 UFC/g por lo cual entran dentro de la normatividad, se puede observar que no hubo crecimiento de coliformes totales, el cual es un indicador de una correcta manipulación e higiene durante el proceso donde se esterilizaron los instrumentos empleados y un uso adecuado de la vestimenta, para mohos y levaduras se tiene un límite máximo permisible de 300 UFC por g de muestra, de las cuales se detectaron 150 UFC/g esta dentro de lo establecido sin embargo esto se puede deber a que los empaques no tuvieron un tratamiento previo y se encontraban en una zona donde estaban propensos a el polvo.

De acuerdo a los resultados se puede decir que la galleta tiene una calidad higiénica aceptable, de acuerdo a lo estipulado por la NOM-247-SSA1-2008, por lo tanto podemos asegurar que la galleta con polvo de cáscara de tuna y granillo de café es adecuado para su consumo.

OBJETIVO PARTICULAR 4

Actividad 4. Selección del material del envase

El envase seleccionado para la galleta funcional con mezclas de harinas, polvo de cáscara de tuna y granillo de café. Fueron recipientes elaborados con materiales inocuos y resistentes, de tal manera que no reaccionen con el producto o alteren sus características físicas, químicas, sensoriales y microbiológicas (NOM-247-SSA1-2008).

Material

- **Empaque primario de biodegradable compostable**

El uso de un empaque biodegradable se justifica debido a que hoy en día es conocido que el exceso de residuos contaminan el medio ambiente y los problemas que esto ha generado en el mundo y los consumidores tienen mayor conciencia en el momento de seleccionar un producto esto se puede ver referido en el estudio de mercado relacionado con el envase, teniendo preferencia por aquellos productos biodegradables (compostable) o reciclados, con lo cual se aumentarían las ventas del producto.

Reemplazar los plásticos comerciales con un polímero natural, con características funcionales similares y menos agresivas al medio ambiente. Su alto potencial radica en el bajo costo, alta disponibilidad por el hecho de provenir de una fuente renovable como lo es el almidón. Este es sintetizado biológicamente o mediante procesos químicos a partir de fuentes naturales o de monómeros idénticos y también puede ser medicado para aumentar su funcionalidad, Figura 52.

El principal objetivo de utilizar este método de empaçado, es que al término de su objetivo cuando el cliente ya consumió el producto y se desecha el envase, al ser una película compostable, significa que puede ser biodegradado y desintegrado utilizando microorganismos, obteniendo como resultado lo que se conoce como composta la cual se utiliza para mejorar la calidad del suelo debido a la cantidad de nutrientes que aporta, y esto se refleja en un mejor desarrollo del cultivo. Es resistente a las grasas, la humedad y el oxígeno del medio ambiente.



Figura 52. Proceso para convertir almidón en un polímero

- Empaque secundario cartón (papel kraft)

La principal fuente de celulosa para la fabricación de la pasta de papel utilizada en el cartón es la madera que constituye, con gran ventaja, la principal materia prima utilizada. El término “Kraft” es una palabra alemana que significa fuerza y, en efecto, el cartón Kraft goza de prestigio por su alta resistencia, así como por su flexibilidad. También se le exige cierta densidad y buena apariencia

Número de materiales/capas

Tabla 75. Capas del material para envase y formato optimo

| Envase | Capas | Formato optimo |
|---|--|---|
| <p>ENVASE PRIMARIO</p> <p>Bolsa de plástico biodegradable</p> | <p>1 sola capa</p> |  |
| <p>ENVASE SECUNDARIO</p> <p>Cartón papel kraft</p> | <p>1 capa (mezcla de residuos sostenibles)</p> <p>Grosor; 3 mm</p> |  |

Apariencia

Envase primario: Es de forma rectangular y color verde asiendo alusión al cuidado del medio ambiente y la tinta de color si se desean extraer todas las galletas impide que le de la luz y las protege de la humedad contiene 10 galletas contenido neto 60g y una porción por galleta de 6g.

Envase secundario: Es de forma redonda del tamaño de las galletas (5 cm de diámetro) contiene 10 galletas de forma apilada, el empaque protege de la luz para evitar su deterioro y no se presente una rancidez de las grasas que están presente en la galleta , en este empaque se presenta todo el diseño de la etiqueta de la marca, logotipos, aporte nutrimento, contenido neto, ingredientes.

Actividad 4.1 etiqueta

La etiqueta se elaboró en base a las especificaciones de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2015), como factores obligatorios que debe incluir son ;

Nombre del producto

Contenido neto

Lote

Fecha de caducidad

Lista de ingredientes, información nutricional

Nombre y domicilio fiscal del responsable del producto

País de origen

En cuanto al nombre del producto (marca) se le dio en base a la materia prima predominante “tuna” y el producto a elaborar que son la “galletas crujientes” y transmitir un mensaje atractivo que ponga en valor el compromiso ambiental de la empresa. Las etiquetas y declaraciones permiten a los consumidores elegir productos en base a su desempeño ambiental, como forma de reducir los impactos ambientales a través de sus hábitos de consumo.

Tabla 76. Características de la etiqueta

| CARACTERÍSTICAS | |
|--|--|
| Tamaño | 60 x 80 mm |
| Tipo | Fija en el envase |
| Elementos legales NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2015). | <p>Denominación del producto: Galleta integral adicionado de cáscara de tuna y granillo de café</p> <p>Marca: Tuna Crunch</p> <p>Lote:</p> <p>Se marcará al rotulo “Lote” que permitirá la rastreabilidad del producto.</p> <p>Consumo preferente</p> <p>Se marcará una fecha correspondiente al día, mes y año de consumo preferente después del rótulo</p> |

| | |
|-------------------|---|
| | <p>“Consumo preferente”.</p> <p>Lista de ingredientes</p> <p>Encabezado por el término ingredientes</p> <p>Por orden cuantitativo decreciente (m/m)</p> <p>Contenido neto</p> <p>Nombre y domicilio; Calle,número, código postal y entidad federativa</p> <p>País de origen</p> <p>Condiciones de conservación; CONSERVESE EN UN LUGAR SECO Y FRESCO.</p> <p>Información nutrimental; Contenido energético y cantidad de proteínas, carbohidratos, grasa y fibra por porción</p> |
| Elementos gráfico | logotipo |
| Otros elementos | <p>Código de barras EAN-13</p> <p>Símbolos: “reciclado” y “hecho en México”</p> <p>Indicativos: ”producto 100% Mexicano”</p> |

Empresa:



Logotipo:





Figura 53. Diseño de la etiqueta de galletas adicionadas de polvo de cáscara de tuna y café.

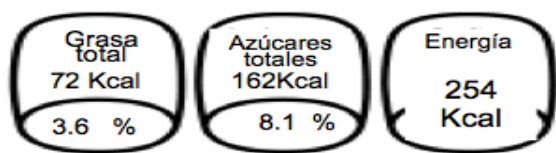
Tabla 77. Información nutrimental del alimento

| INFORMACIÓN NUTRIMENTAL | |
|--|------------------------|
| Tamaño de porción 60 g Porciones por paquete: 1 | |
| Contenido energético kJ (cal) | 254 Kcal 254000 cal |
| Grasas (g) | 8 |
| Sodio (mg) | 690 |
| Carbohidratos (g) | 40.57 |
| Fibra dietética (g) | 2 |
| Proteínas (g) | 5 |

Etiquetado frontal nutrimental.

La declaración nutrimental frontal hace referencia el acuerdo por el que se emiten los lineamientos de etiquetado de la modificación de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 la cual entro en vigor 30 de junio 2015, será obligatoria para el caso de las grasas, azúcares totales, energía. Las menciones obligatorias se expresan en el etiquetado, en orden de izquierda a derecha: grasa, azúcares totales y energía contenidos en los siguientes íconos:

Este empaque aporta :



% de los nutrientes diarios

Representando el porcentaje del aporte calórico de grasa y azúcares totales en kilocalorías o Calorías debiendo usar la abreviatura “kcal” o “Cal” y el porcentaje con el signo porcentual “%” calculados por la Ecuacion 12 .

Ecuación 12. Cálculo de kilocalorias

$$Kj=(gr\ azúcares*4) + (gr\ proteínas*4) + (gr\ grasa*9)$$

Actividad 4.1. Definir costo unitario

El producto que se ofrece presenta un alto contenido nutricional, superior a cualquier producto que se comercializa en el mercado, de ahí la importancia de evaluar su rentabilidad económica. Los requerimientos de la materia prima necesaria para la elaboración de las galletas dependen específicamente de la cantidad a producir. Se producen 10 galletas con un contenido neto de 60g y por unidad de galleta 6g, por lo tanto, la cantidad necesaria de materia prima, así como el costo de la cantidad necesaria y el costo unitario por galleta en el paquete se presenta en la Tabla 67.

Color:

Verde: Asociado con salud, se eligió para originar una sensación de relajación y cuidado del ambiente, la preferencia por este color aumenta con la edad sobre todo en los hombres. **Violeta** (Personalidad/Emociones): Fue usado por representar en

las personas belleza o anti-edad, usado para calmar y apaciguar , representa una marca creativa, imaginativa y sabia

El color de letras:

Negro: Es el color preferido de la juventud, cuanto más joven se es más se prefiere, sin embargo ninguna persona de más de 40 lo nombra como preferido. La razón es que los mayores lo asocian como elegante y los jóvenes lo asocian a la moda.

- **Lugar de venta:** Se propone distintos lugares para la venta del producto para llegar a un mayor número de personas. Los lugares seleccionados a partir de segmento como Cielito Querido, Café Punta del Cielo y El Globo.
- Para llegar al consumidor y cause un impacto se propone las siguiente estrategia publicitaria; Anuncios en redes sociales (Facebook, twitter, instagram) y en los locales donde se venderá el producto.



Figura 54. a) Cartel de publicidad con frase emotiva, b) Cartel publicitario de los beneficios que aportan las materias primas del producto.

Actividad 4.2 Costo unitario

Balance de costos para la elaboración de un empaque de galletas con base en polvo de cáscara de tuna y café para conocer el costo directo , ya que los costos indirectos no se conto con la información necesaria para cuantificar el gasto de los insumos como servicios. En la Tabla 78 se muestra el costo de materia prima y materiales auxiliares para elaborar 60g de galletas así como el costo unitario de la presentación de venta al público.

Tabla 78. Costeo para una galleta integral adicionada de polvo de cáscara de tuna y café.

| Materia prima | Cantidad necesaria (g) | Costo del material | Costo de la cantidad necesaria (paquete 60g) | Costo unitario (6g) |
|--------------------------|------------------------|--------------------|--|---------------------|
| harina de trigo integral | 21.56 | 1kg x \$15.95 | 0.343 | 0.0343 |
| harina de avena integral | 1.34 | 1kg x \$46.00 | 0.061 | 0.0061 |
| Café expresso | 2.28 | 1kg x \$149.00 | 0.339 | 0.0339 |
| Margarina | 8.22 | 90g x \$10.00 | 0.91 | 0.091 |
| Polvo de cáscara de tuna | 4.02 | 1kg x \$44.16 | 0.177 | 0.0177 |
| Leche | 12.29 | 1Lt x \$19.50 | 0.239 | 0.0239 |
| Sal | 0.28 | 1kg x \$13.40 | 0.0037 | 0.00037 |

| | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------------|------------|-------------|
| Azúcar | 9.55 | 1kg x \$25.00 | 0.238 | 0.0238 |
| Bicarbonato | 0.42 | 227kg x \$18.50 | 0.034 | 0.0034 |
| | | | 2.344 | 0.2344 |
| MATERIALES AUXILIARES | | | | |
| Bolsa con fuelles (incluye etiqueta) | 1 pza | 1 pza x \$0.058 | 0.058 | 0.0058 |
| Caja de cartón | 4.18 Pza | 1 pza x \$4.18 | 4.18 | 0.418 |
| COSTO UNI. | | | 6.5 | 0.65 |

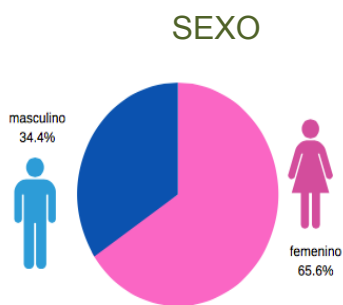
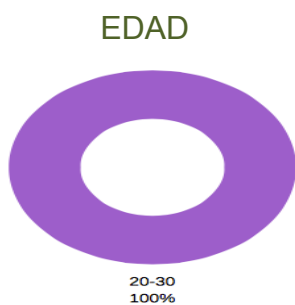
Los materiales auxiliares son aquellos que se utilizan para empaquetar al producto y protegerlo para facilitar su manejo, transporte, almacenamiento y distribución hasta llegar al consumidor final. Estos materiales son el empaque primario (bolsas biodegradables, la cuales contendrán 10 galletas de 6 g) y un envase secundario (envase de papel kraft cuya capacidad será para 10 galletas apiladas) que forman parte del costo unitario del producto. El precio de venta únicamente con materias primas y materiales auxiliares se establece en \$6.5 sin considerar costos indirectos de servicio. Se concluye considerando que el precio de venta de productos similares oscila entre \$7.5-\$27 existe un margen de ganancia de 20.5 en los cuales podría incorporarse los costos indirectos y de comercialización por lo que el proyecto es rentable desde el punto de vista económico-financiero, por lo cual resulta factible la comercialización de galletas integrales .

OBJETIVO PARTICULAR 5

Actividad 5. Análisis sensorial de nivel de satisfacción

Se determinó la preferencia de una galleta casera y comercial (162) contra la galleta de polvo de cáscara de tuna y café (213), mediante una prueba de preferencia realizada a 33 y 30 jueces no entrenados respectivamente aplicando un cuestionario, para observar la aceptabilidad en el mercado en relación con otras galletas.

Casera:



Comercial:

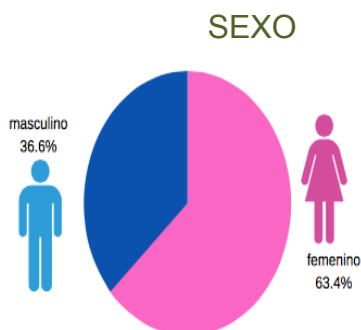
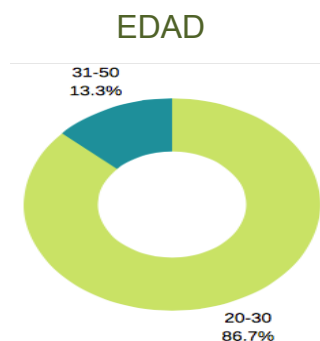


Tabla 79. Resultados de la evaluación sensorial del nivel de preferencia

| Prototipo | Casera %Preferencia | Comercial %Preferencia |
|--------------|---|---|
| 213 | 51.51 | 43.3 |
| 162 | 48.48 | 56.6 |
| Hipotesis | $H_0: P_{213} = 0.5$ $H_1: P \neq 0.5$ | $H_0: P_{213} = 0.5$ $H_1: P \neq 0.5$ |
| Probabilidad | $X=17$ $N=32$ Probabilidad que ocurra= $17/32=0.53$ p-value:0.8601 | $X=13$ $N=30$ Probabilidad que ocurra= $13/30=0.53$ p-value:0.8555 |

Con respecto a los resultados (Tabla 79), se observa que no hay diferencias significativas entre las muestras por lo tanto **no se rechaza Ho, no hay evidencia suficiente para decir que las personas prefieren más una galleta que la otra.** De acuerdo a los descriptores de la prueba sensorial por parte de los jueces, caracterizaron a la galleta (213) con un sabor amargo con sabor a café y textura crujiente. Dichos atributos fueron agradables para el consumidor. Por otra parte, algunos jueces mencionaron que las galletas dejaban un resabio poco agradable después de consumirlas, y una textura muy dura.

Conclusiones

La sustitución parcial de la harina de trigo por polvo de cáscara de tuna roja en la elaboración de galletas dentro del estudio de mercado se concluyó que es factible realizar el desarrollo de una galleta funcional con polvo de cáscara de tuna y granillo de café ya que el 89.29% de la población conocen el significado lo que es un alimento funcional, un 56.14% consumen galletas integrales 1-2 veces por semana y un 91.07% estaría dispuesto a probarla. En cuanto es estudio de mercado para un empaque ecológico al 100% de la población le interesa el cuidado del medio ambiente por lo tanto es factible la utilización de un empaque que asegure el producto y no cause daño al medio ambiente.

Sobre el efecto del análisis sensorial presento diferencias significativas en textura ya que tuvo efecto los azúcares en el horneado cristalizándolos obteniendo galletas duras entre los prototipos 222, 111 y 221, para color ya que los prototipos 221, 213, 333 y 221 influyeron ya que son los que presentaban mayor sustitución de polvo cáscara de tuna dando un color rojizo a las galletas. Por lo que se procedió a elegir el prototipo 213 con 80% harina de trigo integral, 5% harina de avena y 15% polvo de cáscara de tuna roja la cual fue la que presento menores diferencias en olor, sabor y color.

Los cambios en los parámetros de color en las galletas (L, a, b) se debe a la adición de los diferentes porcentajes del polvo de cáscara de tuna, brindando mayor coloración roja a aquellos prototipos que contienen mayor porcentaje del polvo debido a las betalainas presentes en la cáscara de tuna y los flavonoides pigmentos importantes del café que le dan una coloración oscura.

La composición química de la galleta obtenida del AQP tiene un efecto significativo en la fibra, desde el punto de vista nutricional, con la adición del polvo de cascara de tuna roja, la galleta por lo tanto es un alimento funcional puesto que aumentó el porcentaje de fibra dietética a 2.75% siendo que las galletas comúnmente tienen un porcentaje de 0.5. Se logró el desarrollo de un producto reducido en azúcar al bajar el porcentaje de esta en un 25% a la formulación original, atacando al mercado de la población que se interesa por el cuidado de la alimentación. La composición química del prototipo seleccionado cumple con las especificaciones que marca la NMX-F-006-1993 para galletas comerciales (Tipo III). El contenido de fenoles del polvo de cáscara de tuna roja presentó un 7.25 mg EAG/g debido a los pigmentos presentes como son las betalainas ya que estos pigmentos provienen del ácido betalámico de las cuales las betacianinas proporcionan el color rojo –violeta y las betaxantinas el color amarillo; por lo tanto el fruto depende de las concentraciones presentes de estas. Por otro lado se determinó la capacidad antioxidante con un valor de 64.13% debido las betalaínas (betanina e indicaxantina) que esta presente en la tuna poseen actividad antioxidante. Se realizó del mismo modo el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante para la galleta el cual se pudieron ver afectados los pigmentos de la tuna roja por las altas temperaturas de horneado sin embargo la adición de café proporciona una gran variedad de compuestos fenólicos entre los más importantes es la cafeína donde se obtuvo un 3.6 mg EAG/g fenoles totales y un 74.035% de capacidad antioxidante siendo aceptada para la elaboración del producto, estableciéndose como un alimento funcional.

El conteo microbiológico presentó unidades formadoras de colonias de mesófilos aerobios y en coliformes, sin embargo, entran dentro de los límites que marca la NOM-247-SSA1-2008. Se obtuvo un resultado satisfactorio en el aprovechamiento de la cáscara de tuna roja para la obtención y polvo y la posterior elaboración de galletas integrales.

El envase fue diseñado para su practicidad, flexibilidad, seguridad así como de materiales ecológicos y económicos brindando la certeza que el producto mantenga sus características físicas, químicas y microbiológicas para el consumidor.

El diseño de la etiqueta se realizó con base en la normatividad NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2015), contando con un diseño representativo de la cáscara de tuna roja.

El costo unitario representa un contenido neto de 60 g con un empaque primario (bolsas biodegradables, las cuales contendrán 10 galletas de 6 g) y un envase secundario (envase de papel kraft cuya capacidad será para 10 galletas apiladas) que forman parte del costo unitario del producto (sin considerar costos indirectos).

El análisis sensorial de nivel de satisfacción fueron evaluadas las galletas con polvo de cascara de tuna roja contra una galleta casera-comercial por consumidores, para observar la aceptabilidad en el mercado, no presentaron evidencia suficiente para decir que las personas prefieren más una galleta que la otra.

RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda para los trabajos futuros:

- Profundizar el estudio del efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades funcionales y en el contenido de fibra dietética de la cáscara de tuna roja.
- Para el secado de la cáscara de tuna roja se recomienda usar reflectarios de vidrio planos y colocar una capa delgada de la pulpa de cáscara de tuna roja menor a 5 mm de espesor.
- En el secado hacer una rotación constante de la pulpa de cáscara de tuna roja y no quede apelmazada en las paredes del refractario.
- Evaluar otros métodos de secado de cáscara de tuna roja.

BIBLIOGRAFÍA

Abadio F., Domingues A.M., Borges S.V. y Oliveira V.M. (2002). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice-effect of maltodextrin concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering* , 3, pp. 285-287, Noviembre 15, De Journal of Science Base de datos.

Ahmed M., Akter M.S y Eun J.B. (2010). Impact of amylase and maltodextrine on physicochemical functional and antioxidant capacity of spray-dried sweet potato flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 1, pp. 494-502. 2018, Noviembre 15, De Journal of Science Base de datos.

Altenbach S. B., DuPont F. M., Kothari K. M., Chan R., John- son E. L. y Lieu D. (2003). Temperature water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in US Spring Wheat. *Journal of Cereal Science*, 1, pp.210-213. 2018, Noviembre 15, De Journal of Science Base de datos.

Anón (1989): Industrialización de la tuna. Corporación de Fomento de la Producción, Fondo de Desarrollo Productivo, Gerencia de Desarrollo. INTEC. Santiago. Chile.

Anderson J.S. y Sunderland R. (2002). Effect of extruder moisture and dryer processing temperature on vitamin C and E and astaxanthin stability. *ELSERVIER*, 1, pp.137– 149. 2018, Octubre 10, De Science Direct Base de datos.

Attoe E.L. y Von Elbe J.H. (1981). Photochemical degradation of betanine and selected anthocyanins. *Journal of Food Science*,1, pp. 1934–1937.2018, Octubre 15, De Journal of Science Base de datos.

Avalos C. (2009). La tuna fruta de belleza y sabor. Biodiversidad. Edición 94, pp. 28-31.

Azeredo H.M., Santos A.N., Souza A.C., Mendes K.C. y Andrade M.I. (2007). Betacyanin stability during processing and storage of a microencapsulated red beetroot extract. . Journal of Food Science, 2, pp. 307-312. 2018, Octubre 15, De Journal of Science Base de datos.

Alzamora S. (1994) Fundamentos del método de conservación por factores combinados. Programa Cyted – Servicio de publicaciones SPUPV 2051, Valencia.

Ao Z. y Jane J. L. . (2007). Characterization and modeling of the A and B granule starches of wheat, triticale, and barley. EL SERVIER, 2, pp. 10-11. 2018, Octubre 17, De Science Direct Base de datos.

Amaya Robles, Julio E.(2009).“El cultivo de tuna” Opuntia ficus indica. Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo. Perú.

Badui S. (2013). Química de los alimentos. México: Person Educación.

Baltsavias A., Jurgens A. y van Vliet T. (1999). Large deformation properties of short doughs: effect of sucrose in relation to mixing time. Journal of Cereal Science , 29, pp. 43-48. 2018, Noviembre 6, De Journal of Science Base de datos

Beecher G.R. (1999). Phytonutrients role in metabolism: effects on resistance to degenerative processes. Octubre 2, 2018, de Publimed Sitio web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10568344>

Bourne M.C.(1982). Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press, New York, Estados Unidos.

Buchner N., Krumbein A., Rohn S. y Kroh L.W. (2006). Effect of thermal processing on the flavonols rutin and quercetin. Octubre 2, 2018, de Publimed Sitio web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17016866>

Butera D.L., Tesoriere Di Gaudio F., Bongiorno A., Allegra M. y Pintaudi. (2002). Actioxidant activities of Sicilian pickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 3, pp. 6895-6901. 2018, Noviembre 13, De Journal of Science Base de datos.

Braham J. E. (1978). *Pulpa de café: Composición, tecnología y utilización*. Bogotá: INCAP.

Cai Y., y Corke, H. (2000). Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, 65, pp. 1248– 1252. 2018, Noviembre 13, De Journal of Science Base de datos.

Calatayud M.L.E. (2015). *Desarrollo de una botana funciona horneada y enchilada, adicionando harina de nopal*. Estado de México.

CANIMOLT. (2007). *Cámara Nacional de la Industria Molinera de trigo*. Octubre 27, 2018. Sitio web: <http://www.canimolt.org>

Cano-Chauca M., Stringheta P.C., Ramos A.M. y Cal-Vidal J. (2005). Effect of carries on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 5, pp. 420- 428.

Candelaria M.(2017). *Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (opuntia ficus-indica) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de san cristóbal-moquegua*. Tesis para adoptar el título de ingeniero químico. Perú, Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería Química.

Camacho-Guerrero J.C., Chavarría-Martínez E., Candelas-Cadillo M. G., Ramírez-Baca P. y Martínez-Rodríguez, F.J. (2016). *Composición bromatológica y*

propiedades funcionales de la cáscara de tuna blanca deshidratada (*Opuntia ficus-indica*). Octubre 7, 2018, de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos Sitio web: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/8/111.pdf>

Ochoa V., Carlos E. y Guerrero J.G. (2011). Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). Octubre 12, 2018, de Redalyc Sitio web: <http://www.redalyc.org/pdf/813/81329290008.pdf>

Carhuamaca C.A. (2012). Evaluación de efecto de sustitución de la harina de cáscara de tuna (*Opuntia ficus*) en la elaboración de panes. Huancayo-Peru.

Castellar R., Obón J.M., Alacid M. y Fernández-López J.A. (2003). Color Properties and Stability of Betacyanins from *Opuntia* Fruits. Octubre 10, 2018 , de Journal of Agricultural and Food Chemistry Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/7505330_Color_Properties_and_Stability_of_Betacyanins_from_Opuntia_Fruits

Castellar R., Obón J.M., Fernández-López J.A. (2006). The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. Journal of the Science of Food and Agriculture, 65, pp. 122-128. 2018, Septiembre 8, De Journal of Science Base de datos.

Castellanos-Santiago E. y Yahia E. M . (2008). Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 mexican prickly pears cultivar by high performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. J. Agric. Food Chem. pp. 5758-5764.

Castro J., Paredes C. y Muñoz D. (2009). Cultivo de tuna (*Opuntia ficus indica*). Octubre 5, 2018, de Gerencia Regional Agraria La Libertad Sitio web: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>

CEEI Ciudad Real. (2012).Guía de creación de empresas. Octubre 5, 2018, de centro Europeo de Empresas e Innovación Sitio web: <http://www.guia.ceei.es>.

Cerezal P., Larrauri J. y Piñera R. (1995): Influencia de factores en el aprovechamiento de subproductos de la industria de frutas y vegetales: Cuba. Alimentaria

Cerezal P. y Duarte, G. (2000). Elaboración de productos de tuna (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) utilizando la tecnología de factores combinados. Trabajo presentado en el XI Seminario Latinoamericano y del Caribe y XIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Sección 4: Ingeniería de Procesos y Tecnología de Alimentos. pp.172. Santiago de Chile.

Cerezal P. y Duarte G. (2005). Some characteristics of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) harvested in the Andean altiplane of the 2nd Region of Chile. Septiembre 13, 2018, de Universidad de Antofagasta Sitio web: https://www.academia.edu/36978527/Some_Characteristics_of_Cactus_Pear_Opuntia_ficusindica_L_Miller_Harvested_in_the_Andean_Altiplane_of_Region_2_of_Chile

Collazos C., Alvisur J., Vasquez G., Herrera A., Robles G., Arias V., Viñas T., Quiroz M., Urquieta A., Dias T., Roca N., Faching R. y Hernandez F. (1996). Tablas peruanas de composición de los alimentos, 7, Ministerio de Salud/ Instituto Nacional de Salud/Centro Regional de Alimentación y nutrición. Lima – Perú.

CoMeNTuna. (2001). Programa nacional para el aprovechamiento integral del nopal. Consejo Mexicano del Nopal y Tuna, A.C. (COMENTUNA). Actopan, Hgo.

Cota-Sánchez J.H. (2016). Nutritional Composition of the Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica*) Fruit. Nutritional Composition of Fruit Cultivars. ELSEVIER Inc, 2, pp. 111-123. 2018, Octubre 1, De Science Direct Base de datos.

Chevallier S., Della Valle G., Colonna P., Broyart B., Tryatram G. (2002). Structural and Chemical Modifications of Short Dough During Baking. *Journal of Cereal Science*, pp. 1-10. 2018, Septiembre 3, De Journal of Science Base de datos.

Chevallier S., Colonna O., Buleón A. y Lourdin D. (2000b). Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31, pp. 241-252. 2018, Octubre 22, De Journal of Science Base de datos.

Daglia M., Tarsi R., Papetti A., Grisoli P., Dacarro C., Pruzzo C. y Gazzani G. (2002). Antiadhesive effect of green and roasted coffee on *Streptococcus mutans* adhesive properties on saliva-coated hydroxyapatite beads. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5, pp. 1225-1229. 2018, Septiembre 5, De Journal of Science Base de datos.

Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R. y Paredes, L. O. (2000). Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins and betalains. Characteristics, biosynthesis, processing and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. pp. 173-289.

Dewanto V, Wu X, Adom FK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural of Food Chemistry*, 5, pp. 3010-3014. 2018, Octubre 4, De Journal of Science Base de datos.

Doumenz T.P. (2017). Aprovechamiento de la cáscara de tuna (*Opuntia ficus indica*) en la elaboración de yogurt griego con fibra soluble. Tacna.

de Ancos B.,S.C., Moreno y P. M. Cano . (2009). Aspectos nutricionales y saludables de vegetales frescos cortados: In: Aspectos Nutricionales y Sensoriales de Vegetales Frescos Cortados. México: Trillas.

Díaz M.t. (2012). Desarrollo de una formulación para galleta base de amaranto8

Amaranthus hypochondriacus L.) con alta calidad nutrimental. Tesis para adoptar el título de ingeniero en alimentos. México, FES-Cuautitlán, UNAM.

Díaz-Vela J., Totosa A. y Pérez-Chabela, M. L. (2016). Efecto de harina de cáscaras de tuna y piña sobre las características fisicoquímicas y texturales de salchichas cocidas inoculadas con bacterias ácido lácticas. Octubre 12, 2018, de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Sitio web: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/9/147.pdf>

Duncan J.R. y Manley. (1989). *Tecnología de la Industria Galletera: galletas, crackers y otros horneados*. Acribia, S.A.: Zaragoza.

Dupont, F. M. y Altenbach, S. B. (2003). Molecular and bio-chemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science*. pp. 123-127. 2018, Octubre 12, De Journal of Science Base de datos.

El-Samahy S.K., A.A. El-Hady A. Habiba y Moussa. (2006). Chemical and rheological characteristics of orange- yellow cactus-pear pulp from Egypt. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*.

Escudero E. y González P. (2006). Propiedades de la fibra dietética. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*. Septiembre 3, 2018, de Scielo Sitio web: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>

Eroski C. (2002). Análisis comparativo de galletas con fibra. Galletas con fibra ayudan a complementar un buen desayuno. Septiembre 12, 2018, de Eroski Consumer Sitio web: <http://revista.consumer.es>.

Fahloul, D. (2010). Heat, mass transfer and Physical Properties of Biscuits enriched with date powder. Department of Food Engineering, University of Batna, Batna 05000, Algeria. Agro Paris Tech, Massy, France.

FAO .(2010). Estadísticas de producción agrícola. Octubre 8, 2018. Sitio web: <http://faostat.fao.org>

Fennema, O.R. (2000). Química de los alimentos, Ed. Acribia, S.A. Zaragoza España, 1258 p.

Figueroa C., Martínez E. y Rodríguez E. (2010). Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivares de tuna (*Opuntia* spp.). Noviembre 12, 2018, de Universidad de Concepción Sitio web: <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2010/oct-nov/art-3.pdf>

Figuerola F., Hurtado M., Estevez A., Chiffelle I. y Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from Apple pomace and citrus peat as potential sources for food enrichment. *Food Chemistry*, pp. 395-401

Forni E., A., Polesello D., Montefiori y A., Maestrelli. (1992). High performance liquid chromatography analysis of the pigments of blood-red prickly pear (*Opuntia ficus-indica*). *J. Chromatogr.* pp. 177-183.

Fuertes, S. (1998). Tendencias actuales en el uso de la fibra dietética en la alimentación. Séptimo simposio de alimentos. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, pp. 1-25.

Fustier P., Castigne F., Turgeon S.L. y Biliaderis C.G. (2008). Flour constituent interactions and their influence on dough rheology and quality of semi-sweet biscuits: a mixture desing approach with reconstituted blends of gluten, water-solubles and starch fractions. *Journal of Cereal Science*, pp. 144-158. 2018, Septiembre 1, De *Journal of Science Base de datos*.

Flores V., y Gallegos V. (1993). Situación y perspectivas de la producción de tuna en la Región Centro Norte de México. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y de la Agricultura Mundial, Centro Regional Universitario Centro Norte, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

Franck N. . (2014). El Agua en las Plantas. En Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal.(pp. 69-73). México: Trillas.

Gaines C.S. (1990). Influence of chemical and physical modification of soft wheat protein on sugar-snap cookie dough consistency, cookie size, and hardness. *Cereal Chemistry*, pp. 73– 77.

Galati E.M., Mondello M.R.D., Giuffrida G. N., Miceli S., Pergolizzi M.F. y Taviano. (2003). Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, pp. 4903-4908. 2018, Septiembre 6, De Journal of Science Base de datos.

Gallagher E., O' Brien C.M., Scannell A.G. y Arendt E.K. (2003). Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. *Journal of Food Engineering*, 5, pp. 261–263. 2018, Octubre 11, De Journal of Science Base de datos.

Gallegos V.C. y Mondragón J.C. (2011). Cultivares selectos de tuna de México al mundo. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. p.159.

Gamboa V. (2006). Evaluación del efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por fibra de trigo y de la adición de povidexrosa sobre las características de calidad de una galleta dulce de maní sin azúcar. Tesis para adoptar el título de ingeniero químico en alimentos. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San Pedro, Costa Rica.

Gandía-Herrero F., Jiménez-Atienzar M., Cabanes J., García-Carmona F., y Escribano, J. (2010). Stabilization of the Bioactive Pigment of Opuntia fruits through maltodextrin encapsulation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1, pp. 10646-10652. 2018, Octubre 11, De Journal of Science Base de datos.

Gómez-Pallarés M., León A. E. y Rosell, C. M. (2007). De tales harinas tales panes. En *Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica* (pp. 17-72). Córdoba, Argentina: Báez

Gutierrez M. A. (2002). Café, antioxidantes y protección a la salud. *Medisan*, pp. 72-81

Kamal A. H. M., Kim K. H., Shin D. H., Seo H. S., Shin, K. H., Park C. S., Heo H. Y. y Woo S. H. . (2009). Proteomics profile of pre-harvest sprouting wheat by using MALDITOF Mass Spectrometry. Septiembre 9, 2018, de Plant Omics Journal Sitio web: http://www.pomics.com/SunHee_2_3_2009_110_119.pdf

Gurrieri S., Miceli C.M., Lanza F., Tomaselli R.P., Bonomo y Rizzarelli. (2000). Chemical characterization of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) and perspectives for the storage of its juice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,1, pp. 5424-5431. 2018, Octubre 15, De Journal of Science Base de datos.

Granados, S.D. y Castañeda, P.A.D. 1991. El nopal; historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Ed. Trillas. 227p. México.

Heredia A, Jimenez A, Fernandez-Bolanos J, Guillen R, Rodriguez R. (2002). *Fibra Alimentaria*. Biblioteca de Ciencias, Madrid, pp 1–117.

Hoseney R.D. (1994). *Principles of Cereal Science and Technology*, 2 ed. AACC, St- Paul, Minnesota, USA.

Huaman C. L. (2014). Evaluación del tipo de solvente en el rendimiento durante la extracción de colorante natural de la cascara de tuna morada (*Opuntia ficus*). Tesis para adoptar el título de ingeniero en industrias alimentarias. Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú.

Huang, A. S. y von Elbe, J. H. 1985. Kinetics of the degradation and regeneration of betanine. *Journal of Food Science*, 50, pp. 1115-1129. 2018, Octubre 18, De *Journal of Science Base de datos*.

Hutchinson P.E. (1978). Emulsifiers in Cookies Yesterday, Today and Tomorrow 53rd annual Biscuit and Cracker Manufacturers Association Technologists Conference.

International Life Sciences Institute (ILSI Europe). (1999). FUFLOSE : scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus Document. *Br J Nutr*; pp. 1-27.

Julkunen-Tiito R. (1985). Phenolic constituents in the leaves of Northern willows: Methods for the analysis of certain phenolics, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 6, pp. 1115-1129. 2018, Septiembre 10, De *Journal of Science Base de datos*.

Kanner J., Harel S. y Granit, R. (2001). Betalains - A new class of dietary cationized antioxidants.. Noviembre 2, 2018, de *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Sitio web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11714300>

Kamal A. H. M., Kim K. H., Shin D. H., Seo H. S., Shin K. H., Park C. S., Heo H. Y. y Woo, S. H. . (2009). Proteomics profile of preharvest sprouting wheat by using MALDI-TOF Mass Spectrometry. . Octubre 12, 2018, de *Plant Omics Journal*. Sitio web: http://www.pomics.com/SunHee_2_3_2009_110_119.pdf

Kays S. (1997). Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press. Athens, GA.

Kent N. L. (1987). Tecnología de los cereales. Zaragoza, España: Acribia.

Maldonado R y Pacheco E. (2000). Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. Octubre 27, 2018, de Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Sitio web: <http://www.scielo.com>.

Kuti J. (2004). Antioxidant compounds from four Opuntia cactus pear fruit varieties. Food Chem. Food Chemistry , 4, pp. 527-533. 2018, Octubre 9, De Science Direct Base de datos.

Krokida M.K. y Maroulis Z.B. (2001). Structural properties of dehydrated products during rehydration,. Noviembre 8, 2018, de International J Food Science Technol Sitioweb: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2621.2001.00483.x>

Lahsasni S., Kouhila M.,Mahrouz M., Idiman A. y Jamali, A. (2004). Thin layer convective solar dryin and mathematical modeling prickly pear peel (Opuntia ficus sp). Septiembre 16, 2018, de Energy Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/245076371_Thin_layer_convective_solar_drying_and_mathematical_modeling_of_prickly_pear_peel_Opuntia_ficus_indica

Larrauri J. y Cerezal P. (1993): Caracterización de los residuos de diferentes variedades de Mango. Alimentaria.

Larrauri J.A. (1994): Utilización de los hollejos cítricos y las cáscaras de piñas como fuente de fibra dietética en Cuba. Alimentaria.

Leopoldini M., Russo N., y Toscano M. . (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. Food Chemistry, 125, pp.288-306. 2018, Noviembre 3, De Science direct Base de datos.

Linnaeus C. (1973). The Journey to Gotland. Biological Journal of the Linnean Society, 5, pp. 109-220. Octubre 7, De Journal of Science Base de datos.

Lindenmeier M., Faist V. y Hofmann T. (2002). Structural and functional characterization of pronyl-lysine, a novel protein modification in bread crust melanoidins showing in vitro antioxidative and phase I/II enzyme modulating activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. pp. 6997-7006. 2018, Octubre 1, De *Journal of Science Base de datos*.

Lock, O. (1997) *Colorantes Naturles*. Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.

López M., Mercado J. y Martínez G. (2011). Formulación de una mermelada a partir de pulpa y cáscara de tunas (*Opuntia spp.*) elaborada a nivel planta piloto. Octubre 12, 2018, de Universidad de Guanajuato Sitio web: <http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/33>

López-Palacios C., Peña-Valdivia C. B., Reyes-Agüero J.A., y Rodríguez-Hernández A.I. (2012). Effects of domestication on structural polysaccharides and dietary fiber in nopalitos (*Opuntia spp.*). Septiembre 7, 2018, de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Sitio web: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4722/>

Lozada MA. (2007). *Extracción caracterización reológica de polisacáridos tipo pectina de la cáscara de y tuna (Opuntia spp.)*. Tesis para adoptar el título de ingeniero en industrias alimentarias. Hidalgo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias.

Lozoya Castillo D., Castillo-Hernández S., Hernández-Marín y Rivas-Morales C.. (2018). Evaluación de la actividad antimicrobiana, antiinflamatoria y antioxidante de subproductos de *Opuntia ficus-indica* y *Mangifera indica*. Octubre 12, 2018, de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Sitio web: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/2/24.pdf>

Maldonado R. y Pacheco E. . (2000). Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. Octubre 20, 2018, de Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Sitio web: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000400011

Mandujano R. (2006). Estudio preliminar de los pigmentos presenta en cáscara de pitaya de la región mixteca. México.

Manley D. J. R. (1991). Classification of biscuits. In 'Technology Gelatinization of wheat starch in the presence of sucrose of Biscuits, Crackers and Cookies'. Ellis Hor- and sodium chloride: Correlation between gelatinization wood, Chichester

Manley D. J. R. (1998). Baking and cooling of biscuits: what happens in a baking oven, types of oven, post-oven processing, cooling, handling, troubleshooting tips. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.

Marschner, H. (2002). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

Mayalata D. A. (2002). Café, antioxidantes y protección a la salud. *Medisan*, pp. 72-81.

Medina-Torres L., García-Cruz E.E., Calderas F., González-Laredo R.F., Sánchez-Olivares G., Gallegos-Infante J.A., Rocha-Guzmán N.E. y Rodríguez- Ramírez, J. (2013). Microencapsulation by spray drying of gallic acid with nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*). *LWT - Food Science and Technology*, 2, pp. 642-650. 2018, Octubre 1, De Journal of Science Base de datos.

Moreno D., García C. y Gil J. (2008). Betalains in the era of global agri-food science, technology and nutritional health. Septiembre 14, 2018, de

Phytochemistry Sitio web: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-007-9084-y>

Mobhammer M.R., Stintzing F.C., y Carle R. (2006). Cactus pear fruits(*Opuntia* spp.): a review a processing technologies and current uses. Octubre12, 2018, de Journal of the Professional Association for Cactus Development Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/279652903_Cactus_pear_fruits_Opuntia_spp_A_review_of_processing_technologies_and_current_uses

Morales C. A. (2006). Revisión bibliográfica sobre aspectos: agronomicos, socioeconomicos, quimicos, tecnologicos y usos de la avena. Estado de México.

Morishita H., Ohnishi M. (2001). Chlorogenic acids. *El sevier*, 25, pp. 910-953. 2018, Noviembre 4, De Science direct Base de datos.

Mostacero L.J., Mejía C.F. y Gamarra T.O. (2002). Taxonomía. En *Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú*(p. 230). Perú: Trujillo.

Muro-Barajas D., Gomez-Ruiz S.E., Castañeda-Pérez A., Chávez-Rosales J.A. y Chávez-Murillo C.E. (2017). Elaboración y estudio de un producto de panificación adicionado con harina de cáscara de tuna. Octubre 12, 2018, de *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*. Sitio web: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/8/65.pdf>

Murray M.T., Pizzomo J.E y Pizzomo L. (2005). *The encyclopedia of healing foods*. Simon and Schuster.

NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcoholicas preenvasados-informacion comercial y sanitaria.

NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. especificaciones nutrimentales.

NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

NORMA Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

NORMA Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación.

Núñez M, Sevillano E., Borroto B., Larrauri J. y Falco S. (1993). Empleo de métodos combinados para la conservación de una mermelada concentrada

obtenida a partir de residuos de fresas. Septiembre 15, 2018, de Departamento de Alimentos Sitio web: http://www.jpacd.org/downloads/Vol7/V7_4.pdf

NMX-F-006-1993. Alimentos, galletas. Food, cookies. normas mexicanas. dirección general de normas.

NMX-FF-030-SCFI-2006 Productos alimenticios no industrializados para uso humano – fruta fresca – tuna (opuntia spp.) especificaciones (cancela a la nmx-ff-030-scfi-1995)

NMX-F-103-1982. Alimentos. frutas y derivados. determinación de grados brix. foods. fruits and derivatives.

NMX-F-317-S-1978. Determinación de ph en alimentos. determination of ph in foods. normas mexicanas. dirección general de normas.

NMX-F-428-1982. Alimentos. determinación de humedad (método rápido de la termobalanza). foods. determination of moisture (thermobalance rapid method).

NMX-F-516-1992. Alimentos. productos de panificación. clasificación y definiciones. foods. bakery products. definitions and clasification. normas mexicanas. dirección general de normas.

Odoux E. y Domínguez-López A. (1996). Le figuier de barbarie: Une source industrielle de betalaines. Noviembre 2, 2018, de Cirad Sitio web: http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=388318

Olewnik M.C. y Kulp K. . (1984). The effect of mixing time and ingredient variation on farinograms of cookie doughs. Octubre 11, 2018, de Cereal Chemistry Sitio web: <https://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1984/Documents/CC1984a146.html>

Ortega G., Hernández D., y Acosta H. (2009). Desarrollo y caracterización de un producto libre de gluten a base de harinas de maíz, arroz y quinua. Tesis para adoptar el título de ingeniero en industrias alimentarias. Universidad del Valle Escuela de Ingeniería de Alimentos, Cal-Colombia.

Ortega J. 2000. Obtención y Caracterización de fibra dietética a partir del bagazo de la zanahoria (*daucus carota*). Tesis Facultad de industrias alimentarias UNCP, Huancayo-Perú.

Padrón-Pereira C., Aguirre C. Y Moreno M. . (2009). Influencia de la sustitución paracial de harina de trigo por harina de cladodios de cactus (*Opuntia boldiinghii*) como fuente de fibra en galletas tipo wafer. RTE, 22, pp.309. 2018, Octubre 10.

Paucara Condori C.M. (2017). Caracterización física y química de la tuna (*Opuntia ficus indica*). Tesis para adoptar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, Estado Plurinacional de Bolivia.

Pareyt B. Y Delcour J.A. (2008). The role of wheat flour, constituents, sugar and fat in low moisture cereal based products: a review on Sugar-snap cookies. Critical review in food science and nutrition, 48, pp. 824-839. 2018, Noviembre 9, De Science direct Base de datos.

Parish J. y Felker, P. (1997): Fruit quality and production of cactus pear (*Opuntia* spp.) fruit clones selected for increased frost hardiness. Journal of Arid Environments, Noviembre 9, De Science direct Base de datos.

Parra O. (2004) Estudio comparativo del uso de colorantes naturales y sintéticos, desde el punto de vista funcional y toxicológico. Tesis para adoptar el título de licenciado en ciencias de los alimentos. Universidad Austral de Chile, Valdivia Chile.

Perez C. K. (2012). *Empaques y embalajes*. México: Red Tercer Milenio

Pérez J. y Márquez L. . (2004). Caracterización fisicoquímica y funcional de harina de cáscara de espárrago blanco (*Asparagus officinalis* L.) y evaluación sensorial de sustituciones en galletas dulces. Octubre 22,2018, de Revista oficial de la Universidad Privada Atenor Orrego Sitio web: <http://www.upao.edu.pef>

Piga A. (2004). Cactus pear:A fruit of nutraceutical and functional importance. Octubre 8, 2018 , de Journal of the Professional Association for Cactus Development Sitio web: <http://www.jpacd.org> accesada

Pitalua E., Jimenez M., Vernon-Carter E.J. y Beristain C.I. (2010). Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. *Food Bioproducts and Process* DOI: 10.1016/j.fbp.2010.01.002.

Peterson G.L. (1979). Review of the Folin protein quantitation method of Lowry, Rosebrough, Farr and Randall, *Analytical biochemistry*. 100, pp. 201-220.

Puerta Q. G. (2011). Composición química de una taza de café. Programa de Investigación científica. La paz-Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica.

Pulgar J. (1992) *Frutales Nativos*. Publicación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, Peru.

Quek SY, Chok NK, Swedlund P. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemestry and Engineering of Process*, 46, Noviembre 10, De Science direct Base de datos.

Quaglia G. (1991). *Ciencia y tecnología e la panificación*. España: Acribia.

Ramadan M. y Morsel, J. (2003) Recovered lipids from prickly pear (*Opuntia ficus indica*) peat a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. *Food chemistry*, 83, pp. 447-456. 2018, Octubre 9, De Journal of Science Base de datos.

Redondo L., De la Cruz A. y Ordoñez A. 1996. Fibra Alimentaria – Propiedades e Interés Nutricional *Rev. Alimentacion, Equipos y Tecnología*.

Rodrigo-García J., Álvarez-Parrilla E., de la Rosa L. A., González-Aguilar G. A., Ruíz-Cruz S. (2009). Compuestos bioactivos de frutos templados y sus beneficios en la salud. In: *Aspectos Nutricionales y Sensoriales de Vegetales Frescos Cortados.. México: Trillas*.

Rodríguez S., Orphee C., Macias S., Generoso S. y Gomes, L. (1996), Tuna: Propiedades físico-químicas de dos variedades. *La Alimentación Latinoamericana*.

Rojas C. Z. . (2014). Desarrollo de un producto funcional de panificación con efecto hipocolesterolemico adicionado con avena y quitosan. Septiembre 5, 2018, de Redalyc Sitio web: <http://www.redalyc.org/pdf/904/90450808010.pdf>

Saguy I. (1979). Thermostability of red beet pigments (betanine and vulgaxanthin-I): Influence of pH and temperature. *Journal of Food Science*, 44, pp. 1554-1555, Noviembre 10, De Journal of Science Base de datos.

Sáenz C. y Sepúlveda E. (1993): Alternativas de industrialización de la tuna (*Opuntia ficus- indica*). Tesis para adoptar el título de ingeniero en industrias alimentarias. Universidad de Chile, Chile.

Sáenz C., Sepúlveda E., Araya E., y Calvo, C. (1993). Colour Changes in Concentrated Juices of Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) During Storage at Different Temperatures. *Elsevier*, 26, pp. 111-123. 2018, Octubre 7, De Science Direct Base de datos.

Sáenz H. C., Barbera G., Inglese P. y Barrios. P. (1995). Food manufacture and by products . Roma: Food and agriculture organization of the united nations.

Saenz C. (2000). Processing technologies: and alternative for cactus pear (*Opuntia ficus, sp*) fruits and caldodes. Journal of Arid environments, Elsevier, 46, pp. 209-225 . 2018, Octubre , 12 De Science Direct Base de datos.

Sáenz C., Sepúlveda E., Araya E., y Calvo C. (1993). Colour Changes in Concentrated Juices of Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) During Storage at Different Temperatures, Food Science and Technology, Elsevier, 26, pp. 417-421. 2018, Septiembre , 18 De Science Direct Base de datos.

Sepulveda E. y Saenz C. . (1990). Chemical and physical characteristics ok prickly pear (*Opuntia ficus-indica*). Octubre 10, 2018 , de). Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos Sitio web: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=ES9100960>

Saénc C. y Sepúlveda E. . (2001). Cactus Pear Juices. Noviembre 2, 2018, de Jurnal of the Profess. Assoc. For cactus Develop. Sitio web: http://jpacd.org/downloads/Vol4/FCE_1.pdf

Sáenz C., Berger H., Corrales J., Galletti L., García V., Huiguera I., Mondragón C., Rodríguez A., Sepúlveda E. y Varnero M. (2006). Utilización agroindustrial del Nopal. México: Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST) con la colaboración de la Red Internacional de Cooperación Técnica del Nopal (FAO-CACTUSNET).

Sáenz C., Tapia S., Chavez J. y Robert P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). Food Chemistry, 114, pp. 616–622. 2018, Octubre 17, De Journal of Science Base de datos.

SAGARPA. (2017). Café Mexicano. Septiembre 3, 2018, de SAGARPA Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256426/B_sico-Caf_.pdf

SAGARPA. (2017). Trigo grano cristalino y harinero mexicano. Septiembre 3, 2018, de SAGARPA Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B_sico-Trigo_Cristalino_y_Harinero.pdf

SAGARPA. (2017). Planeación agrícola nacional. Octubre 20, 2018, de SAGARPA Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256424/B_sico-A

Sanchez (2006). Caracterización de los principales pigmentos del Opuntia Xocónoste. Tesis para adoptar el grado de maestro en tecnología avanzada. Instituto Politécnico Nacional, México.

Saklar S., Katnas S. y Ungan S. (2001). Determination of optimum hazelnut roasting conditions. International Journal of Food Science and Technology, 36, pp. 271-281, Noviembre 10, De Journal of Science Base de datos.

Savio Y. (1989). Prickly Pear Cactus. Noviembre 4, 2018, de Universidad de California. Davis Sitio web: <http://sfp.ucdavis.edu/pubs/brochures/Pricklypear/>

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. (1999). La producción de nopal (tuna y verdura) en México. Dirección General de Agricultura. México, D.F.

Secretaría de Fomento Agropecuario. (1999). Fomento a la producción del nopal. Dirección de Agricultura SEFOA, Estado de Zacatecas.

Sepulveda E. y Saenz C. (1990). Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*). Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 30, pp. 551-555, Noviembre 1, De Science Direct Base de datos.

Serna-Saldívar S. R. O. (2009). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. México: AGT.

SIAP. (2018). Boletín mensual de producción de trigo. Enero 8, 2019, de SADER
Sitio web:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/434704/Bolet_n_mensual_de_la_producci_n_trigo_diciembre_2018.pdf

Spies R.C., Hoseney R.C. (1982). Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chemistry*, 59, pp. 128-131, Septiembre 12, De Science Direct Base de datos.

Stintzing F.C, Stintzing A.S., Carle R., Frei B. y Wrolstad R.E. (2002). Color and antioxidant properties of cyaniding-based anthocyanin pigments. *J. Agric. Food Chemistry*, 61, pp. 72-81. 2018, Octubre 8, De Journal of Science Base de datos.

Stintzing F. C. Schieber A. y Carle, R. (2003). Evaluation of color properties and chemical quality parameters of cactus juices. Noviembre 3, 2018, de *European Food Research Technology*. Sitio web:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-002-0657-0>

Stintzing F.C., Herbach K.M. y Mosshammer M.R. (2005). Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, pp. 442–451. 2018, Octubre , 12 De Science Direct Base de datos.

Singh G. (2003): General Review of Opuntias in India. *Journal of the Professional Association of Cactus Development*. pp. 442–451. 2018, Octubre , 11 De Science Direct Base de datos.

Soriano-Santos J., Franco-Zavaleta M.E., Pelayo-Zaldívar C., Armella Villalpando M.A., Yáñez-López M.L. y Guerrero-Legarreta I. (2007). Caracterización parcial del

pigmento rojo del fruto de la "jiotilla". Revista Mexicana de Ingeniería Química. Pp. 19-25

Slade L. y Levine H. (1994). Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients.. En *The Science of Cookie and Cracker Production*'(23-141). New York: Chapman&Hall.

Tesoriere L., Butera D., Allegra M., Fazzari M. y Livrea, M.A. (2005). Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to ex vivo induced oxidative hemolysis in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, pp. 1266-1270. 2018, Octubre 12, De *Journal of Science Base de datos*.

Tonon R.V, Brabet C.y Hubinger M.D. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried acai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, 43, pp. 907-914. 2018, Septiembre 19, De *Journal of Science Base de datos*.

Tonon R.V., Brabet C. y Hubinger M.D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88, pp. 411-418. 2018, Octubre 13, De *Journal of Science Base de datos*.

Tsao, R. 2007. Extraction, separation, detection, and antioxidant activity of apple polyphenols. In Fereidoon Shahidi y Chi-Tang Ho. *Antioxidant measurement and applications*. American Chemical Society , Washington ; D.C.

Tze N.L., Han C.P., Yusof Y.A., Ling C.N., Talib R.A., Taip F.S. y Aziz M.G. (2012). Physicochemical and Nutritional Properties of Spray-dried Pitaya Fruit Powder as Natural Colorant. *Food Science Biotechnology*, pp. 675-682. 2018, Noviembre 5, De *Journal of Science Base de datos*.

Vergara Hinostraza. (2013). Extracción y estabilización de betalaínas de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) mediante tecnología de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario. Tesis para adoptar el título al grado de Doctor en Nutrición y Alimentos. Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Velázquez P. J. (2014). Desarrollo de una barra de nopal, avena, arándano y amaranto reducida en azúcar como alimento funcional para la población mexicana. Octubre 18, 2018, de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Sitio web: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/83.pdf>

Von Elbe J., Maing I. y Amundson C. (1974). Color Stability of betanin. Journal of food science. 39, pp. 334-337. 2018, Septiembre 9, De Journal of Science Base de datos.

Von Elbe J.H., y I.L. Goldman. (2000). The betalains. Natural food colorants. Science and technology. Marcel Dekker, New York.

Wade, P. (1988). Preparation of biscuit doughs. In: Biscuits, Cookies and crackers. The principles of the craft. London. ELSEVIER. 2018, Octubre 5, De Science Direct Base de datos.

Wang J, Chen Q, Hu K, Zeng L, Pan Y, Huang H. 2011. Change in aromatic components of banana during the preparation process of juice and microcapsule powder. International Journal of Food Science and Technology, ELSEVIER, 46, pp. 1398-1405. 2018, Septiembre 7, De Science Direct Base de datos.

Yeddes N., Chérif J. K. S., Guyot A., Baron, y Trabelsi- Ayadi M. (2014). Phenolic profile of Tunisian *Opuntia ficus indica* thornless form flowers via chromatographic and spectral analysis by reversed phase-high performance liquid chromatography-UV-photodiode array and electrospray ionization mass spectrometer.

