



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

Departament de Ciència Animal i dels Aliments

Facultat de Veterinària

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

Optimización de barra de nopal de “alto contenido de fibra”

Trabajo presentado dentro del Programa del Doctorado en
Ciencias de los Alimentos

Tesis Doctoral

Directores

Dr. Buenaventura Guamis López

Dr. Carlos Abel Amaya Guerra

**Memoria presentada para
optar al grado de Doctora en
Ciencia de los Alimentos**

Luz María Escobar Rodríguez

Bellaterra, Octubre 2017

DEDICATORIA

A Dios, por quien me siento amada, a través de todos mis acontecimientos fáciles y difíciles, por enriquecer mi vida con todos ellos que, me hacen crecer y madurar, y porque deseo estés siempre delante de todo lo que hago y haga.

A mis padres:

A ti Papi, que sembraste en mí y en mis hermanos el anhelo de superación a través del estudio, dándonos la oportunidad que tú no tuviste, pero que en nosotros realizaste; ahí donde estás gozando de la presencia de Dios junto con mi mamá, los sigo queriendo y permanecen conmigo.

A ti Mami, por tu forma espontánea de ser, siempre mostrando amor hacia nosotros y a la vida, fuiste y seguirás siendo un pilar para tus hijos. Por haber sido hasta el último momento valiente, por tu fortaleza de seguir avanzando con tus hijos a pesar de la partida de papá y haber tolerado el dolor. Te perdí en el inicio de este estudio doctoral, le quite tiempo a dedicártelo a ti, por eso he perseverado en concluir a pesar de los obstáculos, a fin de que no haya sido inútil. LOS AMO.

A ti mi “Angelito”, que permaneces conmigo y a tu papá que a su manera me ha apoyado.

A mis hERmanos, Tere, Felipe, Hugo, Alejandro, Jorge, Vicente, Paty y Kiko, que a su manera cada uno ha dado empuje a mi vida en diversas formas y en todo momento, a distancia y en cercanía. Nos quERemos. A mis sobrinos quERidos.

A Mirna, Myrna, Angélica, Perlita, MaryPaz, Lidi, Alicia, Rosa Elvira y Bertha Elena por ser mis AMIGAS.

A Mirna E. Santos Lara, por no solo ser mi Colega y acompañarnos en esta larga aventura doctoral, sino por mantenerte como mi Amiga, casi hermana, y vivir mis penas y alegrías acompañadas de Nuestro Señor Jesucristo.

De manera especial a mi Amiga la Lic. en Nutrición Carmen Bellman Servín, (EPD), por todo su apoyo desde mi formación profesional, por su interés, consejos, empuje y fe en mí; por su fraternal amistad y gran cariño, por incluirme en su vida por casi 40 años y hasta el último momento. La extraño.

A Dora Quintero Q. (Doris), por todo su apoyo en mi formación doctoral, desveladas, empuje, interés en este proyecto, por tu gran mano de obra excelente, por apoyarme todas

las veces que tuvimos que elaborar las formulaciones (barritas de todos los tipos), por recorrer conmigo este trayecto y no dejarme vencer. Por todo lo que aprendimos juntas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien hace posibles nuestros sueños, a pesar de los afanes.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, mi “alma mater”, por mi formación profesional y por ser mi fuente de trabajo y desempeño profesional y además, apoyar mi crecimiento personal y profesional.

Al Programa de Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT, UANL), por el apoyo financiero hacia mis proyectos de investigación, que hicieron posible este trabajo y el grado de Doctorado

Al programa PRODEP (antes PROMEP) por el beneficio de la Beca para estudios de posgrado de alta calidad, a través de este apoyo financiero fue posible costear y lograr obtención de grado doctoral.

A la Facultad de Salud Pública y Nutrición, Facultad de Biología, Facultad de Agronomía y Facultad de Ciencias Químicas de la UANL, por permitirme el uso de sus laboratorios para la parte experimental de este estudio y a su personal por las atenciones para realizarlos.

Agradecimiento especial al Dr. Buenaventura Guamis López por su profesionalismo, su calidez y cordialidad, por mostrarme el camino del aprendizaje en mi estancia en Barcelona, España, 2011 y por su dirección tan atinada, cálida y propositiva.

A Doctor Carlos A. Amaya Guerra, por dirección, su ejemplo y todos su consejos y conocimientos ofrecidos, su apoyo directo en la parte experimental, por dirigirme y también dejarme ser, por perseverar conmigo y no perderme la fe, a pesar de las vicisitudes.

A la Dra. en C. Luz Natalia Berrún de Tamez, que como Directora de la Facultad de Salud Pública y Nutrición, UANL, (2005) inició este proyecto de vinculación con la UAB y por invitarme a formar parte de él.

A la MSP. Yolanda Elva de la Garza Casas, que en su período directivo de la Facultad de Salud Pública y Nutrición, hizo realidad el trámite de Beca para los que aceptamos este reto, por darnos toda clase de apoyo (espacio de trabajo, financiamiento, interés y empuje), a fin de lograr esta meta.

A la MSP. Hilda Irene Novelo Huerta, como Directora de la Facultad de Salud Pública y Nutrición actual, por permitirnos perseverar en el logro de la meta hasta el final a pesar de las dificultades y obstáculos.

Al Dr. Ernesto Sánchez Alejo, por todo su apoyo profesional y personal, para una gran parte experimental de este estudio, por facilitarme los equipos de manera tan profesional y desinteresada y por su buen trato.

I.E.C Laura Otero Bautista LN. Por tu incondicional apoyo, calidad y profesionalidad en tu trabajo, fuiste el empuje que requería para concluir con calidad este trabajo. Gracias a Dios, porque también fuiste una respuesta a mis oraciones.

Al MC. Manuel López Cabanillas L, por su esfuerzo como enlace entre la Fac. de Veterinaria de la UAB, en el programa de Ciencia de los Alimentos.

Al MSP, Juan José Garza Mata (EPD), JUANÓN Y JUANITO, por toda su asesoría estadística, de manera tan detallada, cordial y acertada, por tu empuje y fe en mí. Tuviste que partir.

A la Universitat Autònoma de Barcelona, por abrirme sus puertas para formar parte de su alumnado, y progresar en mi formación doctoral.

A la Doctora María Manuela Hernández Herrero (Manoli), por todo su trabajo durante el periodo como coordinadora del programa de Doctorado en Ciencias de los Alimentos, por su tutela, en la cercanía y a la distancia, por su trato hacia mi persona.

A la Dra. Marta Capellas Puig, actual coordinadora del programa de Doctorado en Ciencias de los Alimentos, por su apoyo para concluir este grado y su buena disposición para poder avanzar en cada requisito.

A Isaac Olivares, por toda su buena disposición hacia el logro de mi objetivo, por su apoyo profesional y cordial en la planta piloto “Lloveras”, por emprender conmigo, en Rubí, España, 2011.

A Joan Miquel Quevedo Terré y Ricard Comorera Mas, por su asesoría profesional y técnica, y su apoyo dinámico y cordial en mi Estancia en UAB, Enero de 2011.

A Dora Cecilia Valencia Flores, por su cálido apoyo paisano, en mi estancia en Barcelona.

A mis Compañeros de este grupo: Mirna, Adelita, Teté, Lety, Bety, Paty, Rodrigo, Arnoldo, José Luis, Marco, y Gustavo. Por todos los agradables momentos de este transcurrir y por los no tan agradables.

A Dora Quintero Q. (Doris), por todo su apoyo en mi formación doctoral, desveladas, empuje, interés en este proyecto, por tu gran mano de obra excelente, por apoyarme todas

las veces que tuvimos que elaborar las formulaciones (barritas de todos los tipos), por recorrer conmigo este trayecto y no dejarme vencer. Por todo lo que aprendimos juntas.

A Dolores de Guamis, por su calidez y simpatía en mi estancia en Barcelona.

A mis alumnos y alumnas de la Facultad de Salud Pública y Nutrición de quienes tanto he aprendido a través de mi desempeño como Nutrióloga-Docente y por el afecto que me han demostrado.

De manera especial a los estudiantes:

Cid Gallegos Ma. Stephanie (verano de investigación PROVERICYT 2008)

Cantú Bustos Jesús Enrique (verano de investigación PROVERICYT 2008)

Belinda Maravilla Hernández (verano de investigación PROVERICYT 2010)

Debbie Samantha Puente Hernández (verano de investigación PROVERICYT 2010)

Angélica Berenice Andriano y Karla Navejar exalumnas y exbecarias, parte importante de este proyecto.

Sarahí de Jesús Pérez Rodríguez

Karla Santos (mi primer pasante de Servicio social)

Angélica González (pasante de Servicio social)

Martha Ríos (pasante de Servicio social)

Quienes en su etapa de estudiantes de profesional de la Licenciatura en Nutrición de la FaSPyN, estuvieron involucradas en estos trabajos de investigación, a través de la búsqueda de información, captura de datos, apoyo en elaboración de formulaciones, desarrollo de carteles científicos y presentaciones, suplencias de clase. Gracias por su cordial disposición al trabajo de investigación. Son parte de este estudio, de mi aprendizaje, de mi vida y buenos recuerdos.

A Gabriela Escobar Ramos (mi ahijada-sobrina) y Víctor Jafet Vargas (mi sobrino político), por su apoyo directo en mis presentaciones.

ABSTRAC

As alternative to "high fiber" food for health of consumers, nopal (cactus) was included for development of a "bar", considering popularity of these and physiological qualities of dietary fiber (FD) (hypocholesterolemic effect, satiety, prebiotic, preventive against colon cancer, etc.). A product of sanitary quality was produced, with heterogeneous texture called "Unibarra", of powdered nopal, oats, amaranth, egg and other ingredients; with nutritional qualities per serving (40g): calcium (172mg) and protein (5.04g), exceeding FD established range (8.36g of FD per 100g or 3.4g per serving of 40g), denominate it, "product that has high content of fiber" according to European legislation, or "added with fiber" and "very low in sodium" according to Mexican regulation; compared to commercial bars is low in vitamins, as most are enriched. Therefore, the objective of this work was "optimize the bar nopal that has high content of fiber", through the modifications of size and thickness, texture, enrichment and fortification, cooking time and pilot plant trials with ingredients, modification in some and substitution of others (egg by albumin, oil and lecithin), and series production and packing. Applying methodology in experimental process by means of: changes in formulation based on the physicochemical, microbiological, sensory and shelf life analyzes. After all these considerations, resulted an optimized bar (thin, without yolk, enriched and fortified). In the evaluation of texture comparison in shear strength of three thicknesses, significant difference was observed ($p \leq 0.25$) between "thin" bar (0.635cm), compared to that of 1cm and 1.5cm. Of "high content in fiber" (11.37 ± 1.57 g/100g), without cholesterol, enriched (vitamins A, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂ and zinc) and fortified (vitamin C). In sensory evaluation of preference, it qualifies in taste, color and texture, from "I like little" to "I like moderately" and in aroma of "good" to "very good", in comparative of pleasing level did not show significant difference in flavor, color and texture, but in aroma if significant difference was observed ($p \leq 0.025$). The sanitary quality is acceptable, the shelf life is 25 days without packaging and 5 months with packaging (11.6mEq of active oxygen/kg). The bar developed and optimized in this study, compared to commercial bars, is more competitive in fiber, protein, vitamins and zinc, low in cholesterol, saturated fat and sodium. No bar made with cactus has been found on the market.

RESUMEN

Como alternativa de alimento con “alto contenido de fibra” en beneficio de salud de consumidores, se incluyó nopal para desarrollo de “barra”, considerando popularidad de éstas y cualidades fisiológicas de fibra dietética (FD) (efecto hipocolesterolémico, saciedad, prebiótico, preventivo contra cáncer de colon, etc.). Se realizó un producto de calidad sanitaria, con textura heterogénea llamada “Unibarra”, de nopal en polvo, avena, amaranto, huevo y otros ingredientes; con cualidades nutritivas por porción (40g) de calcio (172mg) y proteína (5.04g), superando FD rango establecido (8.36g de FD por 100g o 3.4g por porción de 40g) denominada “producto que posee alto contenido de fibra” según legislación europea, o “adicionado con fibra” y “muy bajo en sodio” según normativa mexicana; comparada con barras comerciales es baja en vitaminas, pues la mayoría son enriquecidas. Por lo que, el objetivo de este trabajo fue “optimizar la barra de nopal de alto contenido en fibra”, a través de modificaciones de tamaño y grosor, textura, enriquecimiento y fortificación, tiempo de cocción, ensayos en planta piloto con ingredientes, modificación en algunos y sustitución de otros (huevo por albúmina, aceite y lecitina) y producción en serie y empaque. Aplicando metodología en proceso experimental por medio de cambios en formulación con base a análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y de vida de anaquel. Después de todas estas consideraciones, resultó una barra optimizada (delgada, sin yema, enriquecida y fortificada). En evaluación de comparación de textura en fuerza de corte de tres grosores, se observó diferencia significativa ($p \leq 0.25$) entre barra “delgada (0.635cm)”, comparada con las de 1cm y 1.5cm. De “alto contenido en fibra” (11.37 ± 1.57 g/100g), sin colesterol, enriquecida (vitaminas: A, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂ y zinc) y fortificada (vitamina C). En evaluación sensorial de preferencia, califica en sabor, color y textura, de “me gusta poquito” a “me gusta moderadamente” y en aroma de “bueno” a “muy bueno”, en comparativa de nivel de agrado no mostró diferencia significativa en sabor, color y textura, a pesar de aumento en proporción de agrado, pero en aroma se observó diferencia significativa ($p \leq 0.025$). La calidad sanitaria es aceptable, vida de anaquel: 25 días sin empaque y 5 meses con empaque (11.6mEq de oxígeno activo/kg). La barra desarrollada y optimizada en este estudio, comparada con barras comerciales, es más competitiva en fibra, proteínas, vitaminas y zinc, baja en colesterol, grasa saturada y sodio. No se han encontrado barras elaboradas con nopal en el mercado.

SUMARIO

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
Introducción	1
1.1 Epidemiología de las enfermedades no transmisibles, el estilo de alimentación y la fibra dietética	4
1.1.1 Generalidades de la epidemiología de enfermedades no transmisibles (ENT) (Crónico degenerativas).....	4
1.1.2 Incidencias y prevalencias de ENT y el estilo de alimentación	5
1.1.3 Incidencias y prevalencias de sobrepeso, obesidad y síndrome metabólico	6
1.1.4 Prevalencia e incidencia de cáncer y de cáncer de colon, y su asociación con el estilo de vida (la alimentación entre otros).....	9
1.1.4.1 Enfermedades intestinales	15
1.2 Materias primas de la barra a optimizar	16
1.2.1 Aceite de girasol.....	16
1.2.1.1 Composición y propiedades nutrimentales.....	17
1.2.1.2 Riesgo de rancidez	17
1.2.2 Agua	19
1.2.2.1 Propiedades	19
1.2.2.2 Reglamentación.....	21
1.2.3 Ajonjolí o sésamo (Sesamun orientale L)	23
1.2.3.1 Composición y propiedades nutrimentales.....	24
1.2.4 Amaranto.....	26
1.2.4.1 Composición y propiedades nutrimentales.....	29
1.2.5 Avena	31
1.2.5.1 Características y propiedades nutrimentales.	33
1.2.5.2 Utilidad fisiológica.....	34
1.2.6 Azúcar y azúcar glas	35
1.2.6.1 Composición y propiedades nutrimentales.....	36
1.2.7 Canela en polvo	37
1.2.7.1 Composición y propiedades nutrimentales.....	38
1.2.8 Chocolate.....	39
1.2.8.1 Composición y propiedades nutrimentales.....	41
1.2.9 Huevo (ovum) y albúmina en polvo.....	43

1.2.9.1	Huevo fresco	43
1.2.9.2	Ovoproductos, (ovoproductos secos)	46
1.2.10	Jugo de manzana industrializado.....	49
1.2.10.1	Composición y propiedades nutrimentales.....	50
1.2.10.2	Uso en el producto optimizado.....	51
1.2.11	Lecitina.....	51
1.2.12	Nopal.....	52
1.2.12.1	Composición y propiedades nutrimentales.....	56
1.2.12.2	Propiedades fisiológicas.....	57
1.2.12.3	El nopal en polvo o harina de nopal.....	58
1.2.13	Nuez	61
1.2.13.1	Características y propiedades nutrimentales	62
1.2.14	Uvas Pasas.....	64
1.2.14.1	Composición y propiedades nutrimentales.....	64
1.2.15	Vainilla.....	65
1.2.15.1	Composición y propiedades nutrimentales.....	67
1.2.16	Envase (de polipropileno biorientado (BOPP) metalizado)	67
1.3	Importancia dietética del producto de “alto contenido en fibra” (alimentos funcionales, utilidad fisiológica)	69
1.3.1	Alimentos funcionales y evolución.....	69
1.3.2	Fibra Dietética (FD)	75
1.3.2.1	Retrospectiva en el conocimiento de la fibra	77
1.3.2.2	Definiciones de fibra	79
1.3.2.3	Componentes.....	83
1.3.2.4	Tipos de fibra	85
1.3.2.5	Utilidad fisiológica de la FD	87
1.3.2.6	Recomendaciones de consumo e Ingesta diaria recomendada	97
1.3.2.7	Reglamentación en México que hace mención de la de fibra dietética.....	99
1.4	La textura como atributo sensorial importante de los alimentos desarrollados.....	102
1.4.1	Percepción de la textura de los alimentos	103
OBJETIVOS	109
2.1	Objetivo General	109
2.2	Objetivos Específicos:.....	109

PLAN DE TRABAJO	111
MATERIAL Y MÉTODOS	113
4.1 Proceso experimental del producto desarrollado para optimización	113
4.1.1 Desarrollo de las barras de nopal con “alto contenido en fibra”	113
4.1.1.1 Proceso de las barras desarrolladas	113
4.2 Proceso experimental para optimización	118
4.2.1 Diagrama de flujo para desarrollo de productos alimentarios como parte de la secuencia metodológica	118
4.2.1.1 Descripción	118
4.2.2 Secuencia metodológica del diseño experimental para optimización del producto	120
4.2.2.1 Cambios en grosor	120
4.2.2.2 Modificación en las condiciones de los ingredientes	120
4.2.2.3 Diseño de formulaciones de pre-mezcla para enriquecer y fortificar la barra	121
4.2.3 Mesa de discusión para toma de decisiones	122
4.2.4 Materiales para moldeo de barras	123
4.2.5 Ensayos en Planta Piloto	124
4.2.6 Análisis en formulaciones de prueba para optimizar y caracterizar el producto	126
4.2.6.1 Análisis físicos	126
4.2.6.2 Análisis microbiológicos	130
4.2.6.3 Análisis químicos	131
4.2.6.4 Evaluación sensorial	133
4.2.7 Vida de anaquel	136
4.2.7.1 Sin empaque	136
4.2.7.2 Con empaque	138
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	141
5.1 Caracterización del producto	141
5.1.1 Resultados y discusión de la barra a optimizar	142
5.1.1.1 Cambios de peso y volumen durante la elaboración de barras	142
5.1.1.2 Cambios de características y/o condiciones de ingredientes para mejorar las cualidades organolépticas	143
5.1.1.3 Enriquecimiento y fortificación de barras	153
5.1.1.4 Producción en planta piloto	154
5.1.1.5 Características físicas	164

5.1.1.6	Características químicas	169
5.1.1.7	Discusión de comparativa con barras del mercado	177
5.1.1.8	Resultados y discusión de Humedad	180
5.1.1.9	Calidad Sanitaria	181
5.1.1.10	Vida de Anaquel de Unibarra	182
5.1.1.11	Evaluación sensorial.....	191
CONCLUSIONES		207
RECOMENDACIONES		209
BIBLIOGRAFÍA.....		211
ANEXOS.....		225

Índice de tablas

Tabla 1.1	Prevalencia global de síndrome metabólico
Tabla 1.2	Factores de riesgo de cáncer colorrectal
Tabla 1.3	Contenido nutrimental en 100g ajonjolí (sésamo)
Tabla 1.4	Contenido nutrimental en 100g de amaranto y amaranto tostado
Tabla 1.5	Contenido nutrimental en 100g hojuelas de avena
Tabla 1.6	Contenido nutrimental de 100g de canela
Tabla 1.7	Contenido nutrimental de 100g de chocolate
Tabla 1.8	Contenido nutrimental en 100g de huevo fresco entero, clara, yema y albúmina en polvo
Tabla 1.9	Composición de clara y yema de 1 pieza de huevo de 50g de PB
Tabla 1.10	Características fisicoquímicas de albúmina en polvo según proveedor “Huevo San Juan”
Tabla 1.11	Características sensoriales de albúmina en polvo
Tabla 1.12	Contenido nutrimental de jugo de manzana industrializado en 100g
Tabla 1.13	Valor nutrimental del nopal en polvo “Nopalitoz”**
Tabla 1.14	Contenido de fibra de ingredientes de Unibarra y de las verduras típicas de México
Tabla 1.15	Contenido nutrimental de vainilla en 100g
Tabla 1.16	Ejemplos de alimentos funcionales
Tabla 1.17	Definiciones de fibra
Tabla 1.18	Clasificación de la fibra dietética y sus funciones asociadas
Tabla 1.19	Clasificación de alimentos según el contenido de fibra soluble o insoluble según la FDA
Tabla 1.20	Referencia de consumo dietético diario de fibra en México
Tabla 1.21	Terminología correcta para la calificación de dietas y platillos con respecto a su aporte de fibra
Tabla 4.1	Ingredientes* de la formulación definitiva de la Unibarra, producto desarrollado con nopal en polvo
Tabla 4.2	Aporte de nutrientes en cantidad y % de IDR, por medio de pre-mezcla agregados para enriquecer y fortificar la Unibarra para cubrir las cantidades establecidas
Tabla 4.3	Descripción de ensayos en planta piloto de desarrollo de productos “Lloveras”
Tabla 4.4	Métodos y Normas de referencia utilizados para calidad microbiológica de la barra
Tabla 4.5	Métodos de referencia utilizados para características químicas de la barra
Tabla 5.1	Proporción de aporte de Fibra y Calcio según los ingredientes de la formulación de Unibarra por cálculo de tablas del valor nutritivo*
Tabla 5.2	Porcentaje promedio de pérdida de peso por exposición al horneado en granola y masa para barras
Tabla 5.3	Resultado promedio de pérdida de peso por exposición al horneado en granola y masa para barras
Tabla 5.4	Evaluación de la capacidad de absorción promedio de uvas pasas para hidratación pre-horneado, para fijar tiempo de remojo
Tabla 5.5	Evaluación de la proporción promedio de absorción de humedad en pasas para hidratación pre-horneado, para fijar tiempo de remojo
Tabla 5.6	Resultados de análisis químico de dos tipos de harina de nopal de diferente proveedor para selección de materia prima, reportados en 100g
Tabla 5.7	Cambios primarios en Unibarra para optimización, conservando formulación desarrollada
Tabla 5.8	Asociación de las medidas de volumen y cambios en el grosor de la barra y los

cambios en el peso crudo y peso cocido

Tabla 5.9	Aporte de vitamina C y Zinc en una porción (40g) de barras enriquecidas y fortificadas horneadas (BEFsH) con 15% ó 20% de la IDR de dichos nutrientes, según análisis químicos+ y proporción de pérdida por exposición al calor del horneado de 175°C por 50 minutos
Tabla 5.10	Secuencia del Procedimiento en Planta piloto “Lloveras”
Tabla 5.11	Datos de composición del huevo fresco* (HF) para la formulación de mezcla de albúmina para sustituir el huevo entero en optimización de barras en ensayo 3
Tabla 5.12	Formulación de mezcla de albúmina del ensayo 4 para sustituir el huevo fresco, agregando lecitina, para mezclar con otros ingredientes y ligar los ingredientes secos de la formulación de barras
Tabla 5.13	Porcentaje absoluto de la formulación para sustitución de huevo fresco y Porcentaje absoluto de “formulación de emulsión de albúmina” junto con vainilla, aceite y glucosa para mezclar y ligar los ingredientes secos de la formulación de barras del ensayo 4.
Tabla 5.14	Descripción de resultados de ensayos de prueba de barra por optimizar, en Planta piloto de Fábrica “Lloveras”
Tabla 5.15	Comparación de las diferencias de “fuerza de corte*” promedio de 3 muestras de barras con diferente grosor
Tabla 5.16	Microrganismos que pueden desarrollarse según la actividad del agua que presenta un determinado alimento
Tabla 5.17	Promedio de los resultados de los análisis químicos a las muestras de Unibarra por optimizar, reportados en 100g y calculados en una porción de 40g
Tabla 5.18	Aporte de pre-mezcla elaborada, para aporte de 20% de ingesta diaria recomendada (IDR) según NOM-051-SCFI-1994 (DOF, 1994), comparada con modificaciones que marca la NOM-051-SCFI-2010 (DOF, 2010).
Tabla 5.19	Resultados de pruebas químicas de vitaminas y zinc en barra con albúmina, enriquecida y fortificada (BEFcA) y el %IDR+ y %IDR++ aportado por una barra
Tabla 5.20	Resultados de pruebas químicas de minerales en barra con albúmina y fortificada (BEFcA), comparado con barra sin fortificar ni enriquecer
Tabla 5.21	Comparativa de principales propiedades de 8 barritas de cereales en porción de 40g* qué nos muestra el semáforo nutricional** de España, comparada con Unibarra optimizada
Tabla 5.22	Comparación del valor nutrimental de la Unibarra obtenido a través de Análisis químico y Tablas de Valor Nutritivo y el reportado en la etiqueta de algunos productos similares en el mercado en México, en 40g
Tabla 5.23	Resultados de análisis microbiológicos* de la Unibarra con albúmina y de Unibarra con huevo entero, para optimizar, comparados con los límites máximos permitidos por la NOM – 247 – SSA1 – 2008
Tabla 5.24	Prueba 1 para Unibarra por optimizar sin empaque con temperatura de almacenamiento 25°C*, para determinar vida de anaquel
Tabla 5.25	Prueba 2 para Unibarra por optimizar sin empaque con temperatura de almacenamiento 35°C
Tabla 5.26	Prueba 3 para Unibarra por optimizar sin empaque con temperatura de almacenamiento 45°C*
Tabla 5.27	Estimación de valor puntual de vida útil para Unibarra por optimizar sin empaque, tomando el valor de deterioro de 12 Meq de O ₂ /Kg en las tres temperaturas
Tabla 5.28	Determinación de vida de anaquel de unibarra optimizada con empaque
Tabla 5.29	Determinación por Jueces no entrenados (JNE) de la preferencia, por barra # 451 “muy gruesa” sin fortificar ni enriquecer y la barra # 704 “delgada” enriquecida y fortificada
Tabla 5.30	Evaluación del grado de aceptación del <i>aroma</i> de barra optimizada delgada enriquecida y fortificada (635mm de grosor)
Tabla 5.31	Evaluación de la calificación y el grado de aceptación de la barra optimizada (0.635cm de grosor), respecto a los atributos del <i>color, sabor y textura</i>

Tabla 5.32	Comentarios respecto a la textura de la barra delgada fortificada de la evaluación sensorial, prueba de aceptación
Tabla 5.33	Evaluación del nivel de agrado del <i>aroma</i> de barra gruesa con huevo (1.5cm de grosor)
Tabla 5.34	Evaluación de la calificación y el nivel de agrado por la barra gruesa con huevo (1.5cm de grosor), respecto a los atributos del <i>color, sabor y textura</i>
Tabla 5.35	Resultados de prueba de diferencia de medias de calificaciones en evaluación sensorial de barra de 0.635 cm de grosor y barra 1.5 cm
Tabla 5.36	Resultados de prueba de diferencia de proporciones de barra de 0.635cm de grosor comparada con la barra de 1.5cm de grosor, de evaluación sensorial de preferencia y nivel de agrado con Jueces no entrenados (JNE)

Índice de figuras

- Figura 1.1 Prevalencia de Síndrome Metabólico. Salas et al -2014
- Figura 1.2 Representación de la formación del radical libre. Tomado de Charley (2008)
- Figura 1.3 Formación del peróxido activado. Tomado de Charley (2008)
- Figura 1.4 Resumen de los efectos fisiológicos atribuidos a la fibra alimentaria. Tomado de Mataix (2016)
- Figura 3.1 Plan de trabajo
- Figura 4.1 Tamaño de Unibarra
- Figura 4.2 Medidas de Unibarra
- Figura 4.3 Vista lateral de Unibarra
- Figura 4.4 Fotografía de superficie superior de Unibarra (muestra 1). Aumento de 20X con esteroscopio binocular. Laboratorio de Biología, Facultad de Agronomía, UANL. Tomada de Escobar (2009)
- Figura 4.5 Fotografía de corte transversal de Unibarra muestra 2. Aumento de 10 X con esteroscopio binocular. Laboratorio de Biología, Facultad de Agronomía, UANL. Tomado de Escobar (2009)
- Figura 4.6 Diagrama de flujo de metodología
- Figura 4.7 Materiales para moldeo de barras en laboratorios
- Figura 4.8 La barra delgada
- Figura 4.9 Descripción del proceso de elaboración de la Unibarra desarrollada en trabajo de investigación anterior. Tomada de Escobar (2009)
- Figura 4.10 Texturómetro modelo “TA2-XT plus” Laboratorio de Facultad de Agronomía, UANL
- Figura 4.11 Texturómetro modelo “TA2-XT plus”, listo para evaluar barra Laboratorio de Facultad de Agronomía, UANL
- Figura 4.12 Instrumento AQUALAB para obtención de actividad del agua (a_w)
- Figura 5.1 Molde rectangular hueco (como marco) y bases que lo sostienen y determinan el grosor de la barra
- Figura 5.2 Corte de la mezcla a 3cm para ancho de barras
- Figura 5.3 Barras cortadas a medidas para horneado y aplicación de pruebas
- Figura 5.4 Uso del cortador “bicicleta” para dar el tamaño estándar y uniforme de las barras para su horneado, a nivel laboratorio
- Figura 5.5 Diagrama de flujo del Proceso tecnológico del producto desarrollado: Unibarra
- Figura 5.6 Imágenes de secuencia del procedimiento de elaboración de barras de “alto contenido en fibra”, en Planta piloto “Lloveras”, pasos del 3 al 6 descritos en la tabla anterior
- Figura 5.7 Mezcla de albúmina en polvo, agua, aceite, azúcar glas, vainilla y lecitina, que sustituye al huevo fresco en la mezcla para barras
- Figura 5.8 Barras con albumina del ensayo 4, sacadas del horno, listas Planta piloto de Fábrica “Lloveras”, Rubí, Barcelona, España
- Figura 5.9 Unibarra con empaque
- Figura 5.10 Razones de, porque “SI” estaría dispuesto a comprar la barrita, o porque “No” estaría dispuesto De la Evaluación sensorial de nivel de agrado por la barra delgada y con albúmina, de las preguntas complementarias
- Figura 5.11 Encuesta de evaluación sensorial de nivel de agrado y preguntas respecto a la frecuencia de consumo, n=30 JNE
- Figura 5.12 Producción en serie de Barra a base de nopal de “alto contenido en fibra”, en los ensayos en planta piloto “Lloveras”, Rubí, Barcelona, España

CAPÍTULO 1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 1

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Introducción

El gusto por alimentos ricos en sal, azúcares y grasas saturadas, llevan al aumento en el consumo de los alimentos que los contienen y a su vez a un pobre consumo de alimentos fuentes *de fibra dietética* (FD). Actualmente se empieza a difundir tanto el mejorar la alimentación con alimentos que tengan alto aporte de fibra dietética, sus bondades hacia la salud, así como, los riesgos por su falta de consumo, al aumentar la probabilidad del desarrollo de diversos padecimientos, con la finalidad de promover un consumo adecuado de la misma. (De Alba *et al.*, 2013).

La fibra ha mostrado ser un componente de la dieta esencial para un estado óptimo de salud. El consumo de ésta se encuentra muy por debajo de las recomendaciones por lo que es de suma importancia promover su consumo. Parte del problema de la baja ingestión, se debe al consumo deficitario de alimentos de origen vegetal ricos en fibra como son verduras, frutas y cereales con alto contenido de hidratos de carbono complejos. Por otra parte desde el punto de vista sensorial, una característica de los alimentos con alto contenido de fibra es un perfil de sabor de baja palatabilidad, principalmente por ser bajos en grasas (Almeida *et al.*, 2014).

La actual tendencia en nutrición, es acentuar la importancia de los hábitos de vida diarios donde la elección racional de alimentos se basa no solo en la composición nutrimental de los mismos sino también en sus propiedades, algunas de ellas asociadas a la búsqueda de un estilo de vida saludable. Esto hace que el mercado se incline cada vez más a elegir productos que ayuden al cuidado de la salud, como los que previenen enfermedades, mejoran el funcionamiento del cuerpo, evitan el envejecimiento y son más naturales. Existe

también la preferencia a elegir productos que no requieran invertir mucho tiempo disponible para realizar otras actividades (Cóccaro, 2010).

La ciencia de la nutrición se encuentra ante un nuevo reto revolucionario: la búsqueda de nuevos alimentos y/o componentes alimentarios, que permitan asegurar aún más el estado de salud y reducir el riesgo de padecer ciertas enfermedades, especialmente las llamadas degenerativas, tales como: enfermedades cardiovasculares, diabetes, osteoporosis, hipertensión, obesidad, infecciones gastrointestinales y algunos tipos de cánceres los cuales constituyen las principales causas de muerte en los países desarrollados. Existen suficientes evidencias, derivadas de estudios epidemiológicos y clínicos, realizados en humanos y en animales de experimentación, tanto *in vivo* como *in vitro*, para considerar que la ingestión de ciertos alimentos pueden reducir el riesgo de padecer las citadas enfermedades crónicas y particularmente el cáncer. Actualmente se reconoce que hay componentes alimentarios, además de los nutrientes tradicionales, que pueden mejorar el estado de salud y reducir el riesgo de enfermedad. Estos datos son la razón del presente aumento en la demanda de alimentos que mejoran el estado de salud llamados también “alimentos funcionales” (Mataix, 2015).

Un alimento funcional puede ir dirigido a toda la población o a grupos concretos como los referidos a la edad, constitución genética o situación fisiológica. (Cadaval *et al.*, 2006). Los jóvenes mexicanos cada día están más informados sobre alimentación y salud y cada vez están más preocupados por lo que comen. Uno de los alimentos que más ha crecido en demanda son los fortificados con fibra. Los efectos fisiológicos de la fibra dietética son el resultado de complejos mecanismos de interacción entre los componentes del alimento no digeridos por las enzimas digestivas y las condiciones del medio ambiente gastrointestinal, como pH, fuerza iónica así como la presencia de otras sustancias inherentes al alimento. La naturaleza química y la estructura de la *fibra dietética* son las características principales que determinan su comportamiento en el lumen intestinal. Las propiedades funcionales de la FD son las principales responsables de los aspectos fisiológicos desarrollados por la fibra en el tracto gastrointestinal. Entre éstas podemos citar las siguientes: regulación de la función intestinal, disminución de la absorción de la glucosa, menor demanda de insulina,

prevención del cáncer del colon, regulación del nivel de colesterol y reducción de ingesta calórica entre otras (López *et al.*, 1997; Proop, 1998).

El nopal, (*Opuntia spp*), es un alimento tradicional en la población mexicana, de fácil y extendida producción nacional, de cualidades que le permiten su uso no solo alimentario sino para la salud y la belleza, entre sus características una de las que más ha llamado la atención es su contenido en *fibra dietética*. (Sánchez, 2006). Afirmar Lobato, *et al.*, (2004), es una cactácea que contiene una elevada cantidad de fibra dietética y debido a ello se ha utilizado como alimento y remedio desde tiempos prehispánicos en las culturas Mesoamericanas siendo varias las investigaciones que mencionan su utilidad fisiológica.

Una categoría de Snacks saludables en crecimiento es la de los cereales en barra. Compañías como la Nacional de Chocolates, Colombina, Kelloggs y Quaker ya tienen una notoria presencia con productos de este tipo. Se trata de pequeñas barras empacadas, con un peso entre los 18 y los 30 gramos, ideales para ingerir entre comidas. Aportan bajos contenidos de grasa, además de un contenido especial en fibra y vitaminas adicionales. La Nacional de Chocolates opina que ésta categoría creció un 44% en 2007. Otra característica de los Snacks empacados es que están listos para consumir, y en esa medida se han convertido en la opción que el consumidor tiene para mezclar diferentes actividades con la necesidad de comer. (IA Alimentos, 2015)

Actualmente el consumo de barras de cereales ha estado en aumento en la juventud mexicana, ya que representa un alimento que no necesita conservación, es práctico para llevar y es una fuente alimentaria concentrada; por lo que es un alimento ideal para fortificarlo con fibra.

De ahí, el interés (en anterior trabajo de investigación) focalizado en la *fibra de nopal* que favoreciera las cualidades de un alimento desarrollado al incluirse en su formulación y que éste fuese de aceptación y agrado de los consumidores potenciales considerando lo que Fortín y Desplancke (2001) expresan, que entre las funciones de la evaluación sensorial (entre otras) están la investigación y desarrollo pues contribuye a especificar las

características del producto y a guiar el desarrollo y la optimización, la comercialización que permite comprender y traducir las demandas de los consumidores, y otra el aseguramiento de la calidad, proporcionando un diagnóstico rápido de los productos no conformes, etc. De esta manera se desarrolló una barra a base de nopal de “alto contenido en fibra” (47% aportada por el nopal agregado), llamada “Unibarra”, superando la FD el rango establecido (con 8.36g de FD por 100g ó 3.4g por porción de 40g), para denominarla, “producto que posee alto contenido de fibra” según legislación europea, (“cuando aporte un mínimo de 6g de fibra /100g, o de 3g por cada 100 Kilocalorías” Diario Oficial de la Unión Europea, 2006) o “adicionado con fibra” según la NOM-086-SSA1-1994 (Diario Oficial de la Federación (DOF), 1994). Comparada con barras comerciales la deficiencia aparente fue en vitaminas y zinc. Con textura heterogénea por ingredientes, con valor numérico más alto en fuerza de corte al ser comparada, no encontrándose diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.025$) (Escobar, 2009; Daniel, 1996).

En la Unibarra las evaluaciones sensoriales obtenidas se consideraron mejorables en “grado de aceptación por consumidores potenciales”, específicamente en *textura*, justificándose, hacer cambios tanto a este atributo, que repercutan en *color*, *aroma* y *sabor*, así como, cambios en condiciones de ingredientes, enriquecerla y fortificarla, ponerla a prueba en planta piloto de producción en serie, incluir empaque para alargar vida de anaquel, todo ello para mejorar aceptación y preferencia del consumidor potencial y efectos saludables por consumo, dando origen a este trabajo titulado **Optimización de barra de nopal de “alto contenido de fibra”**.

1.1 Epidemiología de las enfermedades no transmisibles, el estilo de alimentación y la fibra dietética

1.1.1 Generalidades de la epidemiología de enfermedades no transmisibles (ENT) (Crónico degenerativas).

Existe una gran relación entre el estilo de alimentación y la prevalencia e incidencia de las enfermedades no transmisibles.

En la actualidad, se observa una clara preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Incluso se acepta sin protesta que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación, por lo que se detecta en el mercado alimentario marcada preferencia por aquellos alimentos que se anuncian como benéficos para la salud. En opinión de expertos, muchas de las enfermedades crónicas que afligen a la sociedad de un modo particular (cáncer, obesidad, hipertensión, trastornos cardiovasculares) se relacionan de un modo muy estrecho con la dieta alimenticia. Las técnicas de investigación en el campo de la epidemiología y la dietética permiten establecer ciertas relaciones entre los estilos de vida y los hábitos alimentarios, a la vez que es posible destacar la incidencia de algunas enfermedades en la mortalidad de la sociedad occidental (Alvídrez *et al.*, 2002).

Dichas estadísticas son alarmantes pues se sabe lo ligado que está el sobrepeso y obesidad con las enfermedades crónicas las cuales, según los investigadores, también seguirán en aumento en los próximos años.

Confirmando lo anterior sobre la obesidad y sus consecuencias, Kaerney *et al.*, (2001), explica: Las enfermedades relacionadas con la alimentación (diabetes no insulino-dependiente, osteoporosis, hipertensión, cáncer de tubo digestivo o de mama, obesidad, enfermedades cardiovasculares, etc.) constituyen las mayores causas de mortalidad en Europa y en el mundo. Estos hechos, no han pasado desapercibidos en la población en general. Existe una consciencia similar en los Estados Unidos, donde más del 75% de los consumidores observan una relación entre la dieta, la longevidad y el aspecto físico; un 70% conoce que algunos ingredientes alimentarios previenen el cáncer, y un 52% considera por ejemplo, que existe una conexión entre el consumo de la soja y la reducción del colesterol. Estos datos son en parte, la razón del presente aumento en la demanda de alimentos llamados también “alimentos funcionales”.

1.1.2 Incidencias y prevalencias de ENT y el estilo de alimentación

En cuanto a las incidencias y prevalencias de enfermedades no transmisibles o crónicas de manera relevante cabe mencionar como la obesidad y el sobrepeso han ido en aumento

rápido tanto en países desarrollados como los que están en vías de desarrollo. Para explicar lo anterior, se han propuesto varias hipótesis. Las explicaciones más simples empiezan con cambios de conducta del estilo de vida, principalmente en la carencia de actividad física regular y *el aumento en la ingestión calórica que inclina el equilibrio del balance de energía.*

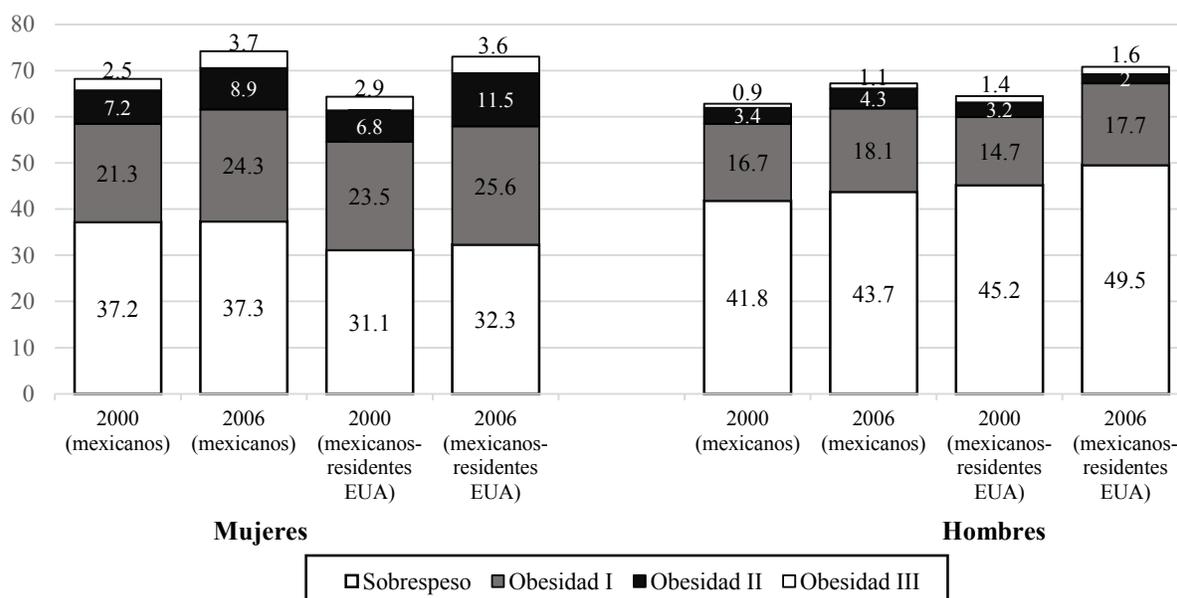
La realidad de los factores que promueven la epidemia de la obesidad, es claramente más compleja y comprende múltiples factores determinantes, incluso varios sectores de influencia, desde los gubernamentales, el efecto de los medios de comunicación, *la labor de las industrias de los alimentos* y de entretenimiento, situaciones conductuales, incluso el ambiente laboral/ doméstico/de vecindario, hasta factores individuales que incluyen los genéticos, socioeconómicos, culturales y psicosociales. Pero el aumento es realmente notorio, en las encuestas nacionales realizadas por los Centers for Disease Control and Prevention (CDC) en EUA se ha encontrado un incremento importante de la prevalencia de sobrepeso y obesidad durante los 30 años anteriores (Gardner *et al.*, 2012).

En cuanto a México, refieren que, aunque el problema de la desnutrición ha disminuido notablemente en los últimos años, sigue siendo alta. En contraste tiene un aumento con la prevalencia de enfermedades crónicas como diabetes, cáncer, hipertensión y obesidad, esta última con aumento generalizado en niños, adolescentes y adultos, siendo esto considerado ya como una situación alarmante (De Alba *et al.*, 2013).

Los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT) informan que en México, la prevalencia con respecto al sobrepeso es de 30.29% de la población total y de la obesidad es de 23.50%, de la diabetes mellitus tipo 2 de 7.08% de la población de 10 años o más con este padecimiento y de la hipertensión de 15.92% de la población de 20 años o más con este padecimiento. La mortalidad de la diabetes mellitus tipo 2 es de 70.79% muertes por cada 100 mil habitantes y por enfermedades hipertensivas es de 16.02%.

1.1.3 Incidencias y prevalencias de sobrepeso, obesidad y síndrome metabólico

La obesidad es un problema de salud pública mundial en el cual aproximadamente 1,700 millones de adultos padecen sobrepeso y 312 millones, obesidad. De 1998 a 2000, la prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños y adultos mexicanos aumentó aproximadamente un 27%. En 2006, de acuerdo con la ENSANUT, en adultos mayores de 20 años el 29.7% tiene obesidad, el 39.7% tiene sobrepeso. La prevalencia de obesidad fue un 44.4% mayor en mujeres que en hombres. En cuanto a la obesidad en mexicanos y mexicanos residentes en EE.UU., en el año 2000, los hombres de origen mexicano que residen en EE.UU., tuvieron una prevalencia de exceso de peso un 2.7% más alta que los hombres residentes en México, y en el año 2006 esta diferencia en la prevalencia incrementó a 5.3% (Salas *et al.*, 2014). Figura 1.1



*IMC, kg/m²: sobrepeso, 25.0-29.9; obesidad grado I, 30.0-34.9; obesidad grado II, 35.0-39.9; obesidad grado III, ≥ 40.

Figura 1.1. Prevalencia de Síndrome Metabólico. Salas *et al.* (2014).

La obesidad, especialmente, obesidad abdominal o visceral, está asociada con factores patogénicos que contribuyen a un aumento en las enfermedades no transmisibles, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y el síndrome metabólico (SM). Éste último el SM es un desorden caracterizado por la presencia de al menos tres de los múltiples factores de riesgo como: hipertensión (HTA), intolerancia a la glucosa, obesidad central, dislipidemia aterogénica (triglicéridos aumentados, niveles altos de lipoproteínas de baja

densidad y bajo de lipoproteínas de alta densidad (HDL)), estado protrombótico e inflamatorio. (Salas *et al.*, 2014).

En América Latina, la obesidad afecta a ambos sexos y a todas las edades. Se reporta su incremento con la edad, afectando principalmente a las mujeres. En México en 1993, la prevalencia de SM en adultos fue de 26.6%, según ENSANUT en 2006 fue de 36.8%; mientras que en 2012 llegó al 45.0%. En consecuencia la enfermedad cardiovascular es la principal causa de muerte en México en ambos sexos. En los países desarrollados el SM parece afectar a alrededor del 25% de la población, además, su prevalencia está aumentando rápidamente en todo el mundo, en paralelo con el aumento de la prevalencia de la diabetes y la obesidad, lo que lo convierte en un importante problema de salud pública. En la Tabla 1.1, se ubica a Nuevo León y la República Mexicana con el valor más alto de Prevalencia global de SM. La etiología del SM considera la predisposición genética, factores metabólicos y factores ambientales. Este aumento de la tendencia podría estar asociado con cambios significativos en el comportamiento de estilo de vida, incluyendo la inactividad física, las dietas altas en carbohidratos, el alcohol y el consumo de tabaco. (Salas *et al.*, 2014).

En el plano regional, en el artículo publicado de “Metabolic Syndrome Prevalence among Northern Mexican Adult Population” (Salas *et al.*, 2014), derivado de los datos de la primera Encuesta Estatal de Salud y Nutrición – Nuevo León 2011/2012, se describe la prevalencia de SM en población adulta de Nuevo León, la cual ha presentado un incremento y se consideran como grupos de riesgo a personas de entre 30 a 35 años en promedio. En dicho artículo, es interesante ver que en la actualidad existe un incremento de obesidad y síndrome metabólico en jóvenes, y que desde etapas tempranas de la vida hay una tendencia hacia la mala alimentación y escasa actividad física en la población general. La prevalencia del SM es mayor en mujeres que en los hombres, donde resalta que un mayor porcentaje de las mujeres muestran niveles bajos de HDL-C y mayor presencia de obesidad abdominal, sin diferencia significativa entre hombres y mujeres en los componentes como presencia de diabetes, triglicéridos elevados y presencia de HTA (Figura 1.1). La obesidad abdominal, está asociada con resistencia a la insulina,

hiperinsulinemia, el riesgo de padecer diabetes tipo 2 y problemas vasculares. El síndrome metabólico constituye un problema de salud evidente, no solo por su alta prevalencia, sino también por su papel como factor de riesgo para otras enfermedades (Salas *et al.*, 2014).

Tabla 1.1. Prevalencia global de síndrome metabólico

Lugar	Prevalencia (%)
México	45.0
• Nuevo León	54.9
Estados Unidos	25.0
Europa	35.0
Irán	30.0
India	25.8
China	30.5

Salas *et al.* (2014).

Hay mayor probabilidad de padecer SM por el consumo de grasas saturadas, exceso de hidratos de carbono, azúcar refinada, alimentos procesados, malos hábitos alimenticios, estrés y sedentarismo. Sugiriéndose para su prevención: dietas bajas en grasa saturada, hidratos de carbono, azúcares refinados y disminuir el tamaño de las porciones (Salas *et al.*, 2014).

1.1.4 Prevalencia e incidencia de cáncer y de cáncer de colon, y su asociación con el estilo de vida (la alimentación entre otros).

En cuanto al cáncer en 2012, la OMS señala que los tipos de cáncer diagnosticados con mayor frecuencia a nivel mundial son los de pulmón, hígado, estómago, *colon y recto*, mama y esófago. Por sexo, los cinco principales en las mujeres son el de mama, *colon y recto*, pulmón, cuello uterino y estómago, mientras que en los varones son el de pulmón, próstata, *colon y recto*, estómago e hígado (INEGI, 2017).

Más específicamente de importancia para este trabajo, en cuanto a las enfermedades del colon están el cáncer colorrectal, la Enfermedad Intestinal Inflamatoria (EII) y la colitis o síndrome de colon irritable, relacionadas con la alimentación inadecuada para su desarrollo y con la alimentación adecuada para su prevención.

El cáncer colorrectal es el segundo tipo de cáncer más frecuente, y se estima que cada año se detectan 1.36 millones de nuevos casos en el mundo y que fallecen alrededor de 694,000 personas por su causa. Excluyendo a los cánceres de piel, el cáncer colorrectal es el tercer cáncer que se diagnostica con más frecuencia tanto en los hombres como en las mujeres en los Estados Unidos. Para este 2017, los cálculos de la “Sociedad Americana Contra el Cáncer” para este cáncer en los Estados Unidos son: 95,520.0 casos nuevos de cáncer de colon y 39,910.0 casos nuevos de cáncer de recto.

En los Estados Unidos, el cáncer colorrectal es la tercera causa principal de muertes relacionadas con el cáncer en las mujeres, y la segunda causa principal en los hombres. Se estima que causará alrededor de 50,260 muertes durante este 2017 (American Cancer Society, 2017).

El cáncer colorrectal es muy frecuente. En los países occidentales ocupa el segundo lugar en incidencia, detrás del cáncer de pulmón en el hombre y seguido del cáncer de mama en mujer: Supone, aproximadamente, el 14.98% de todos los cánceres. (SEOM, 2016). Predomina en personas mayores, la edad media de presentación es 70-71 años y la mayoría de los pacientes tienen más de 50 años en el momento del diagnóstico, pero no hay que olvidar que también puede aparecer en personas más jóvenes. Afecta a hombres y mujeres casi por igual (SEOM, 2017).

En general, el riesgo de padecer cáncer colorrectal (CCR) en el transcurso de la vida es de aproximadamente 1 en 21 (4.7%) para los hombres y de 1 en 23 (4.4%) para las mujeres. El riesgo es ligeramente menor en las mujeres que en los hombres. Otros factores también pueden afectar el riesgo de padecer CCR (Ver más adelante factores de riesgo) (American Cancer Society, 2017).

Entre las estrategias para reducir el riesgo de desarrollar un cáncer colorrectal destacan: el alto consumo de vegetales y frutas frescas, evitar dietas muy ricas en calorías, no fumar, evitar la obesidad, realizar ejercicio físico.

Las causas exactas del cáncer colorrectal no se conocen en la mayoría de los casos, aunque se sabe que existen unos factores de riesgo que favorecen su aparición.

Factores de riesgo.- Son los agentes o condiciones que predisponen o aumentan las probabilidades de tener una determinada enfermedad. Los factores de riesgo para desarrollar un cáncer colorrectal son varios y no se excluyen entre sí:

- Factores dietéticos: Dieta muy rica en grasas, y pobre en frutas y verduras frescas.
- Enfermedades o condiciones predisponentes: Existe una serie de enfermedades, benignas o premalignas, que aumentan el riesgo de padecer cáncer colorrectal. Las más destacadas son: Pólipos en el colon o/y recto, según el tipo, neoplásicos o no neoplásicos y las enfermedades intestinales inflamatorias (EII): sobre todo, la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerosa.
- Cáncer colorrectal previo.
- Factores genéticos o familiares.
- Factores de riesgo de cáncer colorrectal (Tabla 1.2), mencionados por la American Cancer Society.

Los investigadores han encontrado varios factores de riesgo que pueden aumentar las probabilidades de que una persona presente pólipos o cáncer colorrectal. Varios factores relacionados con el estilo de vida han sido asociados con el cáncer colorrectal. De hecho, los vínculos que hay entre la alimentación, el peso y el ejercicio con el riesgo de cáncer colorrectal son algunos de los más estrechos entre todos los tipos de cáncer. Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Factores de riesgo de cáncer colorrectal

Factor de riesgo	Recomendación
Sobrepeso u obesidad	Si se tiene sobrepeso u obesidad, el riesgo de padecer y morir de cáncer colorrectal es mayor. El sobrepeso o la obesidad (especialmente si se tiene una cintura grande) aumentan el riesgo de cáncer de colon tanto en los hombres como en las mujeres, aunque esta asociación parece ser mayor entre los hombres.
La inactividad física	Si no está activo físicamente, tiene una mayor probabilidad de padecer cáncer colorrectal. Estar más activo podría ayudar a disminuir su riesgo.

Tabla 1.2 Continua.

Factor de riesgo	Recomendación
Ciertos tipos de alimentos	<p>Una alimentación con un alto consumo de carne roja (tal como res, cerdo, cordero o hígado) y carnes procesadas (tal como hot dogs [perros calientes] y algunos embutidos) pueden aumentar su riesgo de cáncer colorrectal.</p> <p>Cocinar las carnes a temperaturas muy altas (freír, asar o cocinar a la parrilla) crea químicos que pueden aumentar el riesgo de cáncer colorrectal.</p> <p>Una alimentación con un alto consumo de vegetales, verduras, frutas y fibras de grano entero ha sido relacionada con un menor riesgo de cáncer colorrectal, pero los suplementos de fibra no han demostrado que ayudan a reducir este riesgo.</p>
Tabaquismo	<p>Las personas que han fumado por mucho tiempo tienen una probabilidad mayor de padecer y morir de cáncer colorrectal que las personas que no fuman. Se sabe que fumar causa cáncer de pulmón, pero también está relacionado con otros cánceres, como el cáncer colorrectal.</p>
Consumo excesivo de alcohol	<p>El cáncer colorrectal ha sido vinculado al consumo excesivo de alcohol. Limitar el consumo de alcohol a no más de dos tragos al día para los hombres y un trago al día para las mujeres podría dar muchos beneficios a la salud, incluyendo un menor riesgo de cáncer colorrectal.</p>

Sociedad Americana de Cáncer (2017).

El Consejo de Información Alimentaria Europea informa que algunos cánceres podrían evitarse, haciendo referencia que aunque los daños en el ADN (material genético) favorecen el cáncer, sólo entre un 5 y un 10% de los cánceres se heredan directamente, es decir, que el hecho de que una persona herede un gen promotor del cáncer no significa necesariamente que vaya a desarrollar la enfermedad (aunque tendrá un riesgo mayor que la población general). La exposición a factores medioambientales que pueden causar daño genético es con diferencia el factor más importante que determinará el desarrollo o no del cáncer. No todas las sustancias carcinógenas (que producen cáncer) ambientales, como el humo del tabaco, la radiación y la infección, pueden evitarse; pero sí hay muchos aspectos

de nuestra vida cotidiana que pueden cambiarse para evitar dañar nuestro ADN, como llevar una dieta sana y un estilo de vida saludable (American Cancer Society, 2017).

Desde el primer informe del WCRF (Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer) hace diez años, la investigación sobre la prevención del cáncer ha aumentado enormemente y se han desarrollado métodos electrónicos nuevos y más eficaces para analizar y evaluar los datos. Durante cinco años, más de 20 científicos de entre los mejores del mundo analizaron una serie de informes sistemáticos, encargados especialmente para la ocasión, revisar los estudios científicos elaborados en todo el mundo, con el fin de estudiar en qué modo afectan al riesgo de cáncer diversos factores modificables relacionados con el estilo de vida (WCRF/AICR 2007 (Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer /Instituto Americano para la Investigación del Cáncer. 2007). En función de la calidad y solidez de las pruebas, se valoró si la relación causal o protectora de determinadas combinaciones de factores (alimentos, nutrientes, composición corporal y actividad física) era convincente, probable o limitada. Se estima que cuando el peso acumulado de las pruebas epidemiológicas y los hallazgos experimentales y biológicos es constante, objetivo, sólido, coherente, recurrente y verosímil, una relación causal es más probable. Por sí solos, ninguno de estos factores es suficiente para deducir una relación causal. Este artículo pone de relieve las relaciones causales convincentes y probables. Entre algunas relaciones causales convincentes y probables se menciona: la actividad física; grasa corporal; lactancia materna; *fibra dietética*; *frutas y verduras*; alcohol; carne, huevo, aves y pescado; leche y productos lácteos; grasas, aceites, azúcar y sal. Entre las que solo se detallan las dos siguientes:

La fibra dietética y el cáncer colorrectal.- *La fibra dietética se encuentra principalmente en los cereales, las raíces, los tubérculos, las legumbres, las frutas y las verduras. Si bien no existe una relación clara entre ciertos alimentos ricos en fibra y el cáncer, hay numerosas pruebas que demuestran el efecto protector de la fibra contra el cáncer de intestino. La fibra incrementa el peso de las heces y acelera el tránsito intestinal –y probablemente también el paso de sustancias carcinógenas por el organismo –, pero además las bacterias intestinales fermentan la fibra para producir ácidos grasos de cadena*

corta, que ayudan a mantener sanas las células intestinales. Concluyendo que es probable que los alimentos que contienen fibra protejan del cáncer de intestino.

Frutas y verduras.- Son una de las principales fuentes de vitaminas, minerales y fitonutrientes de la alimentación. En general, al elaborar el informe, no fue fácil demostrar la relación entre determinadas frutas y verduras y el cáncer debido a la compleja combinación de nutrientes que contiene cada una de ellas y a que todos ellos pueden contribuir al efecto protector. Hay estudios que han examinado sustancias clave como el caroteno, el licopeno (presente en los tomates), la vitamina C, las vitaminas del grupo B y el selenio, y han aportado más información. Estos componentes activos protegen el ADN de la oxidación, pueden impedir que las sustancias carcinógenas se activen en el organismo, bien inhibiendo el crecimiento de las células cancerosas, bien causando su muerte. El informe muestra que, en general, las pruebas de que las frutas y verduras protegen del cáncer son menos concluyentes de lo que se creía. Es probable que las frutas y verduras no feculentas protejan del cáncer de boca, garganta, esófago, pulmón y estómago. Los alimentos que probablemente protegen de ciertos tipos de cáncer son:

- el ajo picado, del cáncer de estómago (al picarlo, se libera una enzima que estimula la formación de compuestos de azufre beneficiosos);
- los carotenoides, del cáncer de boca, garganta y pulmón;
- el licopeno (presente en el tomate, especialmente si está cocinado, como en salsas de tomate, sopas y ketchup), del cáncer de próstata;
- la vitamina C, del cáncer de esófago.

Concluye la WCRF/AICR 2007, que las enfermedades no transmisibles, y en particular el cáncer, son uno de los principales desafíos de la sanidad pública a nivel mundial. Este informe, que analizó las pruebas existentes, contribuyó a determinar en qué medida la alimentación, la nutrición, la actividad física y la composición corporal pueden alterar el riesgo de padecer esta enfermedad, y a destacar qué factores son más importantes. El artículo menciona que esta información debería utilizarse en conjunción con las recomendaciones de los gobiernos nacionales con el fin de promocionar estilos de vida saludables, y resalta que: *la elección de un estilo de vida y una alimentación apropiados*

desde etapas tempranas de la vida y a lo largo de la edad adulta contribuirá a reducir el riesgo de padecer ciertas afecciones como la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión, la diabetes y algunos tipos de cáncer. Para tener una alimentación sana, debemos seguir una dieta equilibrada, consumiendo determinados alimentos con moderación e incluyendo una amplia variedad de alimentos diferentes (American Cancer Society, 2017).

1.1.4.1 Enfermedades intestinales

Hay otros padecimientos de intestino además del cáncer colorrectal, como la enfermedad intestinal inflamatoria (EII) que también representa un problema de salud pública importante, ya que tiende a afectar a personas jóvenes y a tener un curso clínico prolongado con recaídas, afectando así la educación, desempeño laboral, vida social y calidad de vida de quienes la padecen. Varios estudios han sido encaminados en cuanto a la epidemiología de la EII. La incidencia geográfica varía considerablemente, siendo las incidencias más altas, reportadas en Europa del Norte y occidente, así como en Norteamérica, mientras que las tasas más bajas fueron halladas en África, Suramérica y Asia, incluyendo China. Es más común en países desarrollados y más industrializados apuntando a la urbanización como factor de riesgo. La tasa de incidencia de colitis ulcerativa en el mundo varía grandemente entre 0.5 y 24.5/100,000 habitantes, mientras que la enfermedad de Crohn varía entre 0.1 y 11/100,000 habitantes, con tasas de prevalencia que llegan hasta los 396/100,000 habitantes (Sandoval y Bosques, 2008).

La colitis (Colon irritable) es un padecimiento frecuente en México. Una dieta baja en fibras, sedentarismo y estrés, son las causas principales que provocan un cuadro de colitis que se manifiesta con intensos dolores abdominales y demandan con frecuencia atención en unidades de Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). De acuerdo con esta institución, en algún momento de su vida millones de mexicanos han padecido colitis y esto se adjudica a un régimen alimenticio donde abundan las harinas blancas, condimentos, café en exceso, conservadores químicos, alcohol, tabaco y baja fibra.

Esta enfermedad es una de las primeras causas de consulta en la especialidad de Gastroenterología. Esto es más común en pacientes jóvenes de 20 a 35 años o en adultos de 50 a 70 años.

También uno de los factores más comunes relacionados o desencadenantes de los cuadros de agudización del síndrome de colon irritable son los desórdenes causados por la inestabilidad emocional como reacción a tensiones excesivas.

Los síntomas son incomodidad abdominal, flatulencias y pequeños calambres dolorosos, hábitos intestinales irregulares, con diarreas y estreñimientos alternados y presencia de grandes cantidades de mocos en evacuaciones (IMSS, 2010).

- Así como la información anterior con sus datos epidemiológicos alarmantes confirman la relación del estilo de alimentación y el aumento de padecimientos crónico degenerativos-. En lo contrario afirma Bello, (2000) que, algunos trabajos científicos han puesto de relieve que ciertos ingredientes naturales de los alimentos proporcionan beneficios y resultan extraordinariamente útiles para la prevención de enfermedades e incluso para su tratamiento terapéutico.

1.2 Materias primas de la barra a optimizar

1.2.1 Aceite de girasol

El girasol es una planta nativa de México. El aceite de girasol se deriva de la semilla *Helianthus annuus L.* Estas semillas para aceite han adquirido más importancia porque se desarrollan bien tanto en los trópicos como en zonas templadas y son resistentes a la sequía. Además, el aceite tiene un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. La composición de ácidos grasos cambia considerablemente según la variedad y las condiciones de la tierra y el clima (Quintín, 1983).

A partir de las semillas de girasol se puede obtener mediante prensado en frío o mediante extracción el aceite de girasol. Este aceite se suele comercializar puro. Debido a su elevado contenido en ácidos grasos insaturados es de los aceites más valorados por su sabor, su

color es amarillo claro, además de emplearse para el aliño, es una materia prima muy apreciada para la elaboración de margarina (Vollmer *et al.*, 1999).

La reproducción selectiva de plantas en Estados Unidos ha dado lugar a la producción de semillas de girasol con un alto contenido oléico, que producen de 80 a 86% de ácido oléico y solo de 4 a 8% de ácido linoléico en el aceite, independientemente de las condiciones climáticas y del suelo. Este aceite se asemeja al de oliva y *su estabilidad frente a la oxidación es mejor.*

Su semilla contiene en 100 gramos de peso neto 51.3 gramos de grasa. El girasol contiene más lípidos que el cacahuate y que el ajonjolí y las tres semillas son muy ricas en proteínas. (Quintín, 1983)

A los aceites pobres en ácido palmítico y ricos en ácido oleico y linoléico, pertenecen un gran número de aceites de diversas familias de plantas: girasol, soja, cacahuate, sésamo, cártamo y lino. En Europa, el aceite de girasol ocupa el primer lugar entre los aceites vegetales. De la producción mundial en el 2006 que era de 31,300 toneladas: 19.700(10⁶) toneladas correspondían a Europa.

1.2.1.1 Composición y propiedades nutrimentales

El aceite de girasol: contiene importantes cantidades de ácido linoléico (55-75%), ácido oléico (15-35%) y de vitamina E. Tiene un bajo contenido de grasas saturadas (10-17% de ácido palmítico) y un elevado contenido de ácidos grasos polinsaturados (65-85%). Tiene gusto neutro y resiste el calor hasta 180°C (Kuklinski, 2003).

1.2.1.2 Riesgo de rancidez

La grasa puede deteriorarse debido a que se hace rancia. La rancidez en las grasas se debe a hidrólisis o a oxidación. En la rancidez hidrolítica, el triglicérido reacciona con agua y por

cada molécula de agua, se libera una molécula de ácido graso. Cuando una molécula de grasa reacciona con tres moléculas de agua, se forma glicerol y tres ácidos grasos.

Las moléculas de grasa que contienen radicales de ácidos grasos insaturados, están sujetas a la rancidez oxidativa. El olor desagradable de dichas grasas rancias se atribuye a la formación y rompimiento subsecuente de los hidroperóxidos. Un hidrógeno de un carbono adyacente a uno que porta doble enlace se desplaza por un cuanto de energía para dar un radical libre (Figura 1.2).

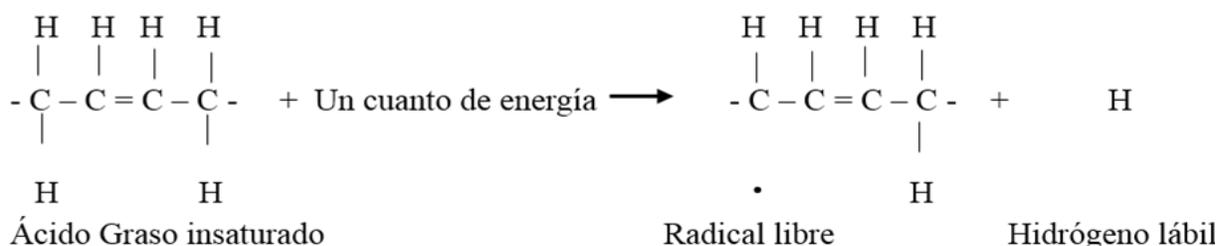


Figura 1.2. Representación de la formación del radical libre. Tomado de Charley (2008).

Tanto el calor como la luz son fuentes comunes de la energía las cuales permiten liberar los radicales. El oxígeno molecular se puede unir con el carbono que porta el radical libre para formar un peróxido activado, como sigue en la Figura 1.3.

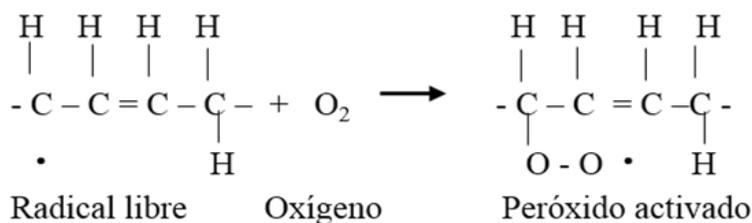


Figura 1.3. Formación del peróxido activado. Tomado de Charley (2008).

La energía de este peróxido activado puede desplazar un hidrógeno de otro ácido graso insaturado y de esta forma activarlo. Este último se convierte en un radical libre. El hidrógeno desplazado se une con el peróxido activado para formar un hidroperóxido.

En esta forma la energía que cataliza la oxidación de un ácido graso no se desperdicia, aunque pase a otro ácido graso donde se repite el proceso. Un radical libre es

particularmente problemático, debido a que es el principio de una reacción autoperpetuante, mientras se cataliza la oxidación de muchos radicales de ácidos grasos insaturados. Un hidroperóxido es muy inestable, descomponiéndose en compuestos con cadenas de carbono más cortas. Estos incluyen ácidos grasos, aldehídos y cetonas, los cuales son volátiles y que contribuyen con el olor desagradable de las grasas rancias.

Entre más insaturado sea el ácido graso, mayor es su susceptibilidad a la rancidez oxidativa. Debido al efecto prooxidante de la luz, las grasas se deben guardar en un lugar oscuro y fresco. Ciertas frecuencias del espectro luminoso, especialmente el ultravioleta, son más dañinas que otras. Ciertos metales también catalizan la reacción que conduce a la rancidez oxidativa en las grasas. El cobre y el hierro son prooxidantes.

Reacciones semejantes a las antes señaladas para la rancidez oxidativa autocatalítica se presentan en las grasas insaturadas cuando está presente la enzima lipoxigenasa.

Las sustancias que retardan el comienzo de la rancidez oxidativa en las grasas han sido buscadas debido a lo desagradable del sabor de las grasas rancias. Estas sustancias se conocen como “antioxidantes”. Muchos aceites derivados de las semillas de vegetales, contienen tocoferoles, presentes por naturaleza como antioxidantes; como el de girasol.

Una molécula de un antioxidante funciona reemplazando un ácido graso insaturado como la fuente del hidrógeno lábil para unirse a una radical libre o a un peróxido activado. La molécula del antioxidante se oxida en lugar de la del ácido graso. En el proceso, el antioxidante extrae la energía que de otra forma estaría disponible para la formación de un nuevo radical libre de ácido graso, lo que perpetuaría la reacción en cadena que se presenta en la autooxidación de las grasas (Charley, 2008).

1.2.2 Agua

1.2.2.1 Propiedades

Acción disolvente. El agua es el líquido que más sustancias disuelve, por eso decimos que es el disolvente universal. Esta propiedad, tal vez la más importante para la vida, se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno. En el caso de las disoluciones iónicas los iones de las sales son atraídos por los dipolos del agua, quedando “atrapados” y recubiertos

de moléculas de agua en forma de iones hidratados o solvatados. La capacidad disolvente es la responsable de que sea el medio donde ocurren las reacciones del metabolismo.

Importancia de la calidad del agua en la industria alimentaria. El agua tiene una infinidad de usos relacionados con los alimentos, se debe tener especial cuidado en su calidad sobre todo en el aspecto microbiológico para evitar la transmisión de enfermedades. Se debe tener un extremo cuidado de la calidad del agua que se va a utilizar durante el proceso de elaboración de alimentos y en especial aquella agua que va a entrar en contacto directo o va a formar parte del alimento.

El agua que tendrá contacto directo con los alimentos primeramente debe tener una excelente calidad microbiológica, que se refleja en un recuento total microbiano muy bajo. El valor depende de las normas sanitarias vigentes en cada país; en México nos debemos referir a la NOM (Norma oficial mexicana): existen algunos tipos de microorganismos que aunque no tienen gran importancia desde el punto de vista sanitario, si debemos de tomar en cuenta su número, ya que pueden resultar perjudiciales para las características organolépticas y la vida de anaquel de varios productos alimentarios.

La dureza del agua utilizada es otro factor a cuidar cuando se utiliza para la elaboración de alimentos, pues el agua con una dureza de 45 ppm, expresada como carbonato de calcio en el escaldado de vegetales como ejotes (judías), chícharos (guisantes), etc., es capaz de reducir la absorción del agua y por lo tanto modificar las características organolépticas, en especial la textura de los vegetales. Las aguas que provienen de pozos muy profundos suelen contener una alta concentración de bicarbonatos, especialmente de manganeso y hierro que pueden oxidarse y producirnos precipitados color amarillo-rojo o gris-negro; asimismo, en algunos alimentos que contienen un alto contenido de oxalatos como el betabel, se pueden formar un precipitado blanco cuando reacciona con iones como calcio y magnesio presentes en el agua, generando apariencias desagradables.

Calidad del agua para consumo humano. El agua para consumo humano ha sido definida en las Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual,

incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores.

El agua no solo puede traer enfermedades de origen microbiológico, por lo que también es importante conocer la acción de ciertos elementos tóxicos que pueden influir en los tejidos y fluidos del organismo y que en determinados casos pueden ingresar al cuerpo humano mediante el consumo de agua contaminada con sustancias químicas o metales pesados. Actualmente, la necesidad y exigencia de elaborar productos alimenticios de calidad, ubica el agua como uno de los principales protagonistas (Mendoza y Calvo, 2010).

1.2.2.2 Reglamentación

A fin de asegurar la salud del consumidor ya sea a través del agua de abastecimiento público o del agua envasada o a granel, en México, existen varias normas oficiales:

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2017, Salud ambiental, agua para su uso y consumo humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Que sustituyó a la de 1994 (DOF, 1994 y DOF, 2017).

Objetivo y campo de aplicación. Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional (DOF, 1994 y DOF, 2017).

Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1978. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público. Actualmente, está el Proyecto de norma oficial mexicana PROY-NOM-179-SSA1-2017, Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua. La cual sustituirá la NOM de 1978 (DOF, 1978; DOF, 2017).

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana (DOF, 2017), establece las disposiciones sanitarias que deberá observar el organismo responsable, a fin de mantener la calidad del

agua para uso y consumo humano en los sistemas de abastecimiento de agua. Además, es de observancia obligatoria en el territorio nacional para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano.

Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.

La vigilancia de la calidad del agua es fundamental para reducir los riesgos de transmisión de enfermedades a la población por su consumo, como las de tipo gastrointestinal y las producidas por contaminantes tóxicos; esta vigilancia se ejerce a través del cumplimiento de los límites permisibles de calidad del agua y complementariamente, inspeccionando que las características de las construcciones, instalaciones y equipos de las obras hidráulicas de captación, plantas cloradoras, plantas de potabilización, tanques de almacenamiento o regulación, líneas de conducción, redes de distribución, cisternas de vehículos para el transporte y distribución y tomas domiciliarias protejan el agua de contaminación. El resultado de la verificación e inspección de las características mencionadas, se evalúa comparando las condiciones que presentan los sistemas de abastecimiento, con los requisitos sanitarios que permiten preservar la calidad del agua.

En el caso de obras nuevas, la selección del sitio de ubicación y su protección, tienen importancia vital para el abastecimiento de agua segura. Proteger el agua de la contaminación, siempre será preferible a proporcionarle tratamiento cuando ya está contaminada. Objetivo y campo de aplicación. Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, para preservar la calidad del agua para uso y consumo humano, así como los procedimientos sanitarios para su muestreo. Además, es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y es aplicable a todos los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento público y privado o cualquier persona física o moral que realice el manejo del agua para uso y consumo humano (DOF, 2002).

Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2015, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

Objetivo y campo de aplicación. Esta Norma establece las características y especificaciones sanitarias que deben cumplir el agua y el hielo para consumo humano que se comercialice preenvasado o a granel y los establecimientos que se dediquen al proceso o importación de dichos productos. Es de observancia obligatoria en el territorio nacional para las personas físicas o morales que se dedican al proceso o importación de agua y hielo para consumo humano que se comercialicen preenvasados o a granel (DOF, 2015).

De ésta se destaca la definición de Agua para consumo humano: a toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud. Se considera que no causa efectos nocivos a la salud, cuando se encuentra libre de gérmenes patógenos y de sustancias tóxicas, y cumpla, además con los requisitos que se señalan en la presente Norma (DOF, 2015).

1.2.3 Ajonjolí o sésamo (*Sesamun orientale L*)

Semilla de la planta herbácea pedaliácea oleaginosa del mismo nombre. Su origen se remonta al Oriente Medio e India, sin embargo, en la actualidad se cultiva en otras partes subtropicales de América, algunos países del Mediterráneo y África.

Semilla ovalada de color crema, tiene forma de gota y se conoce como ajonjolí negro. Se emplea espolvoreada para panes, galletas, polvorones y alfajores, entre otros. A través de su molienda se obtiene una pasta que sirve como ingrediente en la elaboración de mole, platillo típico de México. Se obtiene además un aceite ampliamente usado en las cocinas asiáticas (Mendoza y Calvo, 2010)

Las semillas de sésamo se utilizan mucho para decorar panes y pasteles. Son un ingrediente básico del “halva”, un turrón o golosina oriental elaborada con miel y almendras. Estas semillas se pueden triturar para preparar una pasta más o menos líquida: la mantequilla de sésamo y el –tahini- o pasta cocida. Su materia grasa se compone de un 82% de ácidos

insaturados. Sus nutrientes se asimilan mejor cuando se consumen en forma de aceite, pasta o mantequilla (QA Internacional, 1999).

1.2.3.1 Composición y propiedades nutrimentales

Cabe mencionar que los frutos secos se consumen principalmente por su sabor y éste se debe a la fracción lipídica, que es el valor más alto en la mayoría de ellos.

Las semillas de ajonjolí en 100g contienen: 22.4g de proteína, 50.9g de lípidos y 13.3g de hidratos de carbono. Es cuanto a los elementos inorgánicos proporciona calcio (727mg), potasio (725mg), fósforo (629mg) y 7.75mg de zinc (Muñoz *et al.*, 2002).

Proteínas.- Al porcentaje de proteínas que poseen los frutos secos se compara con el de las carnes consumidas por el ser humano, e incluso se sabe que, en algunos casos, es mayor al que puede proporcionar el huevo. Debido a esto se han convertido en uno de los alimentos preferidos en la dieta vegetariana para sustituir las proteínas animales. El ajonjolí está entre los frutos secos que tienen un mayor contenido de proteínas. Uno de los aminoácidos que más importancia tiene dentro de estos frutos es la arginina, que actúa como vasodilatador y anticoagulante, ayudando así a mejorar la circulación sanguínea (Mendoza y Calvo, 2010)

Hidratos de carbono.- Los hidratos de carbono asimilables están presentes en baja proporción, por lo que no constituye un riesgo para las personas que cuidan su consumo.

Gran parte de los carbohidratos contenidos en los frutos secos son las fibras que el organismo humano no puede procesar, por lo que se eliminan fácilmente; sin embargo, durante su tránsito en el intestino cumplen la función de barrido, por lo que ayudan a limpiar el aparato digestivo.

Solo el 13.9% son carbohidratos y hay 6.3g de fibra en 100g de ajonjolí (Mendoza y Calvo, 2010).

Lípidos.- La fracción lipídica es la más importante en estos alimentos. Cabe mencionar que mientras el contenido de ácidos grasos monoinsaturados aumenta, el de los poliinsaturados disminuye, y viceversa. La mayoría de los frutos secos, poseen una gran cantidad de ácido oleico, el cual ayuda a que el colesterol se movilice mejor en el plasma y a evitar que las arterias se taponen. También contienen ácido alfa-linoleico que ayuda a mantener las membranas celulares y se transforma en el cuerpo convirtiéndose en omega-3, incluso, suele relacionarse con un mejor funcionamiento de las capacidades neuronales.

Otro compuesto importante en estos frutos es el ácido graso omega 6; una de sus propiedades es hacer que la sangre tenga mejor fluidez, por lo que su transporte se hace más efectivo y eficiente. Normalmente este ácido graso es poliinsaturado y se encuentra en los pescados, sin embargo, los frutos secos son una muy buena opción para obtenerlo. Contiene ácido elágico (fitoquímico), un compuesto antioxidante que combate las posibles células cancerosas.

Los fitoesteroles son otro ingrediente de estos frutos contra las cardiopatías; entre ellos están el sitoesterol y estigmasterol, las cuales ayudan a fortalecer el sistema cardiaco (Mendoza y Calvo, 2010).

Vitaminas.- La niacina (B₃) es importante en el cuidado de la piel, la conversión de alimentos en energía y en el funcionamiento nervioso. (Mendoza y Calvo, 2010). Contiene 5.0mg de Niacina, 1.24mg de Tiamina (B₁) y 0.24mg de Riboflavina (B₂) en 100g. (Tabla 1.3) (Muñoz *et al.*, 2002).

Minerales.- Entre los minerales reportados en los frutos secos sobresalen el calcio, fósforo, magnesio, potasio y cinc; en menor cantidad están presentes el sodio y el hierro. Niveles altos de calcio y fósforo están presentes en el ajonjolí (Mendoza y Calvo, 2010).

Tabla 1.3. Contenido nutrimental en 100g de ajonjolí (sésamo).

Nutrimento	Unidad	Cantidad
Energía	Kcal	561
Humedad	g	3.90
Fibra dietética	g	6.30
Hidratos de Carbono	g	24.05
Proteínas	g	17.48
Lípidos totales	g	43.87
Calcio	mg	727.00
Fósforo	mg	629.00
Hierro	mg	19.20
Magnesio	mg	181.00
Sodio	mg	60.00
Potasio	mg	725.00
Zinc	mg	7.29
Retinol	mcgEqv	3.00
Ácido ascórbico	mg	0.00
Tiamina	mg	1.24
Riboflavina	mg	0.24
Niacina	mg	5.00
Piridoxina	mg	0.40
Ácido fólico	µg	56.44
Cobalamina	µg	0.00

Muñoz *et al.*, 2002

1.2.4 Amaranto

El cultivo del amaranto o *huautli* en América se remonta a más de 7000 años. Hace más de 500 años, antes que se llevará a cabo la conquista, el grano de amaranto constituía uno de los elementos básicos de la oferta nutricia de los habitantes de Mesoamérica, compitiendo en importancia con el maíz y el frijol. A partir de la información recogida en los diversos códices y por lo que se desprende de los vestigios antropológicos estudiados, se sabe ahora que existieron miles de hectáreas dedicadas al cultivo del amaranto, en las que florecían a plenitud las hermosas plantas, altas, coloridas y vistosas, que los antiguos habitantes

llamaban *huautli* y era, por lo tanto, un alimento de gran consumo y altamente apreciado (Mendoza y Calvo, 2010).

A la vez, los indígenas le atribuían propiedades vigorizantes, afrodisiacas y hasta esotéricas, considerándolo una semilla sagrada, la cual utilizaban en los rituales religiosos. En ocasiones especiales, el amaranto, molido o tostado, se mezclaba con miel de maguey y la pasta resultante se utilizaba para modelar figurillas de animales, guerreros, elementos de la naturaleza o de la vida cotidiana y, por supuesto, deidades como el dios de la guerra, Huitzilopochtli. Al finalizar la ceremonia de culto, las figurillas eran cortadas y repartidas entre los asistentes, quienes las comían.

Los conquistadores decidieron imponer su visión religiosa a toda costa, condenando y destruyendo todo elemento que recordara los ritos paganos indígenas. Esto determinó que el amaranto resultara “satanizado” y su cultivo, posesión y consumo quedaran totalmente prohibidos en tiempos de la colonia. Esta situación prevaleció durante siglos y la consecuencia fue la desaparición tácita del amaranto. Solo sobrevivieron pequeñas áreas de cultivo en zonas montañosas e inaccesibles de México y Sudamérica (región andina). Los cultivos de maíz y frijol, ambos domesticados en Mesoamérica, tuvieron un desarrollo acelerado hasta llegar a convertirse en alimentos básicos para el mundo. En tanto, el amaranto quedó prácticamente en el olvido.

El amaranto es una planta que pertenece a la familia de los *amaranthaceae* y al género *Amaranthus*. Su nombre científico es *Amaranthus spp*; es una planta de cultivo anual que puede alcanzar de 0.5 a 3 m de altura; posee hojas anchas y abundantes de color brillante, espigas y flores purpuras, naranjas, rojas y doradas (Mendoza y Calvo, 2010).

La familia *Amaranthaceae* reúne cerca de 60 géneros y más de 80 especies cuyas características cambian notablemente, dependiendo del ambiente en el que crecen, lo que dificulta la identificación de la planta. Existen tres tipos de amaranto que producen semilla y que, a su vez, son las más apreciadas:

- *Amaranthus caudatus*: se cultiva en la región de los Andes y se comercializa como planta de ornato, principalmente en Europa y Norteamérica.

- *Amaranthus cruentus*: es originaria de México y Centroamérica, donde se cultiva principalmente para obtener grano. También se consume como vegetal.
- *Amaranthus hypochondriacus*: procedente de la parte central de México, se cultiva para obtener grano.

El ciclo vegetativo del amaranto tiene un promedio de 180 días, desde que germina hasta que la semilla alcanza su madurez.

El amaranto es una planta de metabolismo C₄; es decir, realiza la fotosíntesis de una manera muy eficiente en condiciones de altas temperaturas y baja disponibilidad de agua.

La planta de amaranto es tolerante a las sequías, altas temperaturas y plagas. Tiene una extraordinaria resistencia, crece en casi cualquier sitio donde incida la luz solar y suficiente humedad, además algunas especies pueden cultivarse bajo condiciones salinas. El amaranto es muy resistente a las inclemencias del clima, puede crecer en terrenos a nivel del mar, en climas semiáridos o en zonas tropicales y en temperaturas que van desde 14° hasta 29°C.

La planta de amaranto tiene una panícula (panoja) parecida al sorgo con una longitud promedio de 50cm a 1m está formada por muchas espigas que contienen numerosas florecitas pequeñas, que alojan una pequeña semilla, cuyo diámetro varía entre 0.9 y 1.7mm, representa el principal producto de la planta de amaranto con la que se elaboran cereales, harinas, dulces, etc.

Las características del amaranto han facilitado el trabajo de re inserción, pues se puede aprovechar de múltiples formas como el grano, como verdura o como forraje. Es también un cultivo altamente eficiente que puede prosperar en condiciones agronómicas adversas: sequía, altas temperaturas o suelos salinos. La semilla presenta una gran versatilidad, pudiéndose utilizar en la preparación de diversos alimentos.

Con el amaranto se han preparado una gran cantidad de platillos, que tienen excelentes propiedades sensoriales y un buen valor nutrimental, algunos ejemplos son: alimentos infantiles, sopas de pasta, galletas, productos extrudidos, pan, bebidas alcohólicas como la chicha. Otro ejemplo potencial del amaranto es como ingrediente para la elaboración de

alimentos sin gluten. La demanda de los alimentos sin gluten han aumentado, por ello se considera que el amaranto tiene un gran potencial y puede ser uno de los alimentos más solicitados (Mendoza y Calvo, 2010).

El amaranto se consume principalmente como cereal reventado, del cual se elaboran los siguientes productos finales: alegrías, amaranto (cereal) reventado, granolas, tamales, atoles, pinole, mazapán, y harinas de amaranto, etc.

Existen otros productos elaborados como: cereales enriquecidos, tortillas, galletas, panqués, horchata, bebidas chocolatadas, hojuelas, harinas, etc.

También se logran productos industrializados como cereales enriquecidos, harinas, concentrados, extruidos, almidones, aceites y colorantes derivados del amaranto. Estos sirven como insumos para otras industrias de alimentos y bebidas para elaborar productos de amaranto, o bien, como materia prima de sectores industriales (químico, cosmetología, farmacéutica, etc.) (AMAAC, 2013).

1.2.4.1 Composición y propiedades nutrimentales

El amaranto se puede utilizar integralmente como un recurso para proporcionar a la población los requerimientos proteicos y de calorías, los cuales en la actualidad se obtiene tan solo de 20 especies vegetales como el trigo, arroz, mijo, sorgo, papa, frijol, soya, azúcar, etc. (Tabla 1.4) (Mendoza y Calvo, 2010).

Un estudio realizado en 1975 por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos para conocer vegetales poco explotados pero con gran potencial, demostró que el amaranto es uno de los 36 cultivos más prometedores del mundo, por esta razón la misma academia lo describió como “El mejor alimento de origen vegetal para consumo humano.

El amaranto es el producto del origen vegetal más completo, es una de las fuentes más importante de proteínas, minerales y vitaminas naturales: A, B (B₁, B₂, B₃), C; además de ácido fólico, niacina, calcio, hierro y fósforo, es uno de los alimentos con altísima presencia de aminoácidos como la lisina.

Proteínas.- La cantidad de proteína de la semilla de amaranto es mayor que la de los cereales. Contiene el doble de proteína que el maíz y el arroz, y de 60 a 80% más que el trigo. La semilla o grano de amaranto tiene un buen valor nutricional, su contenido de proteínas de 13 a 18% con un mejor balance de aminoácidos esenciales. Tiene un contenido elevado de lisina y se estima que su calidad proteica es semejante a la de la leche.

Lípidos.- Los lípidos varían de 3 a 11%, con un contenido elevado de ácido linoléico, que es ácido graso esencial, un contenido elevado de fitoesteroles, que son agentes importantes porque se han asociado a la disminución del colesterol sanguíneo y en la prevención de enfermedades coronarias y arteriales.

Hidratos de carbono.- Su riqueza en hidratos de carbono más del 65% de su contenido, tanto en el amaranto como en el amaranto tostado y le hace interesantes el que contenga de 9 a 16% de fibra dietética.

Minerales y vitaminas.- Destaca el contenido de calcio, potasio, cinc, y de vitaminas como la E y las del complejo B.

Tabla 1.4. Contenido nutricional en 100g de amaranto y amaranto tostado

Nutrimiento	Unidad	Amaranto	Amaranto tostado
Energía	Kcal	353.00	376.00
Humedad	g	10.30	4.30
Fibra dietética	g	6.70	7.50
Hidratos de C	g	59.17	61.23
Proteínas	g	14.45	16.45
Lípidos totales	g	6.51	7.20
Calcio	mg	247.00	292.00
Fósforo	mg	500.00	517.00
Hierro	mg	7.59	1.60

Tabla 1.4. Continuación.

Nutrimiento	Unidad	Amaranto	Amaranto tostado
Magnesio	mg	264.28	275.10
Sodio	mg	364.28	380.0
Potasio	mg	20.40	24.30
Zinc	mg	3.18	4.76
Retinol	mcgEqv	0.00	0.00
Ácido ascórbico	mg	4.20	0.00
Tiamina	mg	0.14	0.00
Riboflavina	mg	0.32	0.32
Niacina	mg	1.00	1.10
Piridoxina	mg	0.22	0.30
Ácido fólico	mcg	48.97	51.23
Cobalamina	mcg	0.00	0.00

Chávez *et al.* (2014)

1.2.5 Avena

Avena es el nombre común de la semilla o grano de cierto género de plantas y de las propias plantas. El grano contiene 25 especies distribuidas por las regiones templadas frías de todo el mundo. Varias se cultivan por el grano, que se usa para forraje para caballos y ganado vacuno y como cereal para consumo humano (Mendoza y Calvo, 2010).

Las avenas cultivadas tienen origen en Asia central; la historia de su cultivo es desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada, ya que antes de ser cultivada la avena fue una mala hierba de esos cereales. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en Egipto; los restos más antiguos encontrados de cultivos de avena se localizan en Europa central, están datados en la edad del bronce. Se cree que las variedades cultivadas proceden de la avena silvestre, que sembraban hace unos 4500 años los campesinos de Europa y oriente próximo.

Se considera una planta de estación fría, localizándose las mayores aéreas de producción en los climas templados más fríos, aunque posee una resistencia al frío menor que la cebada y el trigo. Es una planta muy sensible a las altas temperaturas y a la sequía sobre todo durante la floración y la formación del grano.

En la producción mundial de cereales la avena ocupa el quinto lugar, siendo el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos del hemisferio norte. Los principales productores son Rusia, Canadá, EUA y Argentina. Siendo la especie avena sativa la más cultivada, seguida de avena bizantina.

En una planta anual, de 50 a 150cm de altura, con hojas alternas, anchas y planas. Inflorescencia en particular de espículas.

La semilla se compone de dos estructuras: el germen o el embrión que es rico en proteínas de alto valor biológico, grasas insaturadas con ácidos grasos esenciales, vitaminas (E y B) y el endospermo (parte interna del grano) que se compone principalmente de almidón y en el caso del trigo, avena y centeno también por un complejo de proteínas llamadas gluten, formado por las gliadinas que le dan elasticidad y características panificables a la masa del pan.

La avena acostumbra sembrarse al principio de la primavera para cosecharla a mediados o a finales del verano. En la zona meridiana de Europa y América del norte se siembra a veces en otoño. El grano de avena que se cosecha está formado por la semilla, muy fácil de digerir, y la envoltura, que no es digerible.

En años recientes se ha difundido mucho su uso en forma de cereales de desayuno, y forma parte de nuestros alimentos preparados.

La avena forma el género avena, de la familia de las gramíneas. La avena propiamente dicha es avena sativa, y la avena silvestre, avena fatua (Mendoza y Calvo, 2010).

La avena contiene un principio amargo que le confiere un sabor desagradable. Este principio es, sin embargo, inestable al calor, pudiendo por tanto eliminarse fácilmente.

Debido a su alto contenido en grasa, la harina de avena a igual que la harina de maíz es susceptible al enranciamiento oxidativo (Muller y Tobin, 1986).

La forma tradicional de comer avena es en copos, mezclada con frutas, leche o yogur. Los copos de avena sirven también para espesar cremas y purés y para dar sabor y consistencia a las sopas de verduras (Eroski, 2015).

1.2.5.1 Características y propiedades nutrimentales.

La avena es uno de los cereales más completos. Por sus calidades energéticas y nutrimentales, ha sido la base de la alimentación de pueblos y civilizaciones europeas y de algunas poblaciones de las montañas asiáticas (Mendoza y Calvo, 2010) (Tabla 1.5).

Proteínas.- Cuanto más equilibrado sea el patrón de aminoácidos esenciales presentes en un alimento, mayor es su valor biológico; y la avena contiene los ocho aminoácidos esenciales para la síntesis de proteínas, la combinación de la avena con diferentes alimentos vegetales, mejora aún más su proporción de aminoácidos, aproximándola a la adecuada para el organismo. La calidad de la proteína de la avena es superior a otros cereales como fuente de proteínas.

Lípidos.- La avena es el cereal con mayor porcentaje de grasa vegetal. El 65% es de ácidos grasos insaturados y el 35% de ácido linoleico. A su vez, 100g de avena cubren un tercio de las necesidades diarias de ácidos grasos esenciales.

Hidratos de carbono.- La avena contiene hidratos de carbono de absorción lenta de fácil asimilación. Estos proporcionan energía durante mucho tiempo después de haber sido absorbidos por el aparato digestivo, evitando la sensación de fatiga que se experimenta cuando el cuerpo vuelve a reclamar glucosa (hipoglucemia).

Fibra.- La avena contiene otros elementos no tan importantes desde el punto de vista nutritivo, pero necesarios para el buen funcionamiento intestinal. Se trata de sustancias

insolubles que no se absorben en el intestino, la fibra de una extraordinaria importancia para la buena digestión, las fibras vegetales aumentan el contenido del intestino, con lo cual ayudan tanto a prevenir como a eliminar el estreñimiento (Mendoza y Calvo, 2010).

Tabla 1.5. Contenido nutrimental en 100g hojuelas de avena

Nutrimento	Unidad	Cantidad
Energía	Kcal	373
Humedad	g	6.30
Fibra dietética	g	7.60
Hidratos de C	g	64.94
Proteínas	g	12.96
Lípidos totales	g	6.90
Calcio	mg	52.00
Fósforo	mg	264.00
Hierro	mg	4.72
Magnesio	mg	148.0
Sodio	mg	4.00
Potasio	mg	350.00
Zinc	mg	3.97
Retinol	mcgEqv	0.00
Ácido ascórbico	mg	0.00
Tiamina	mg	0.73
Riboflavina	mg	0.14
Niacina	mg	0.80
Piridoxina	mg	0.12
Ácido fólico	µg	32.00
Cobalamina	µg	0.00

Chávez et al., (2014)

1.2.5.2 Utilidad fisiológica

La avena, aún en su composición un conjunto de sustancias cuyo efecto ha demostrado la reducción de las tasas de colesterol plasmático: grasas insaturadas (no mucha cantidad, pero sí de buena calidad, como el ácido graso esencial linoleico), avenasterol, fibra y lecitina. El avenasterol es un fitosterol con capacidad de disminuir la absorción de colesterol en el intestino, al igual que la lecitina.

La avena comparte con la cebada su riqueza en un tipo de fibra soluble, los betaglucanos, que han demostrado ser eficaces en la reducción del colesterol-LDL, el perjudicial. Los efectos hipocolesterolemiantes del consumo de avena o cebada como alimento han sido poco evaluados; está más estudiado el efecto de los concentrados de betaglucano (Eroski, 2015).

Los productos de la avena han sido extensamente estudiados como fuentes de fibra dietética soluble (β -glucanos). Los (β -glucanos) son unidades repetidas de β -D-glucosa, unidas por enlaces β -(1 \rightarrow 3) -(1 \rightarrow 6). Actualmente existen evidencias científicas de que el consumo de avena reduce los niveles plasmáticos del colesterol y del colesterol-LDL, y por lo tanto reduce el riesgo de enfermedades *ateroescleróticas o cardiovasculares*. Por ello desde enero de 1997, la FDA ha aprobado la declaración de alimento saludable para este alimento. Un consumo diario de 3g de β -glucanos sería necesario para conseguir una reducción del 5% de colesterol plasmático, lo que equivale a una cantidad aproximada de 60g de harina de avena o 40 de salvado de avena, en peso seco. Una ración de este alimento con calificación de saludable debe contener de 20g de harina de avena o 13g de salvado de avena y aportar, sin estar enriquecido, 1g de β -glucanos por ración habitual (30% de la cantidad de β -glucanos que se ha mostrado efectiva para reducir los niveles plasmáticos de colesterol (Mataix, 2005).

1.2.6 Azúcar y azúcar glas

El azúcar, una sustancia soluble en agua y de sabor dulce, se obtiene de la caña de azúcar (*Saccharum officinale*) y de la remolacha azucarera. Durante milenios, el único edulcorante que se conoció en occidente fue la miel. Los europeos descubrieron el azúcar de caña durante las cruzadas. En el siglo XV el descubrimiento de América y la presencia europea en la Indias Oriental y en las islas de océano Índico marcaron el comienzo de una gran expansión de la cultura del azúcar; sobre todo las Antillas fueron (y aun son) un importante centro de producción. En el siglo XI los mahometanos la introdujeron a España, que durante doscientos años fue el único país europeo en cultivarla.

Durante el siglo XX, el consumo del azúcar ha alcanzado unos niveles inimaginables que en varios países industrializados rozan los 50kg anuales por persona. Desde principios de los años 80, el consumo de azúcar refinado tiende a disminuir; unos estudios recientes evalúan el consumo anual de azúcar en Canadá en torno a los 19.5kg por persona.

El azúcar suele ser “invisible” pues lo consumimos sin percatarnos de su presencia. Por ejemplo, se calcula que entre el 75% y el 85% de azúcar ingerido proviene de alimentos elaborados; es el caso de los embutidos, las pizzas, la salsa de soja, las pastillas de caldo, las salsas, la mantequilla de cacahuete y la mayonesa.

Se ha identificado un centenar de sustancias azucaradas en la química de la alimentación (sobre todo glucosa, fructosa y maltosa) que reciben el término general de glúcidos o hidratos de carbono.

El azúcar refinado posee múltiples usos. Se emplea sobre todo para modificar la textura de los alimentos, realzar su sabor, endulzar los alimentos de sabor ácido o amargo, alimentar la levadura (en la fabricación del pan, por ejemplo) y como conservante (Muller y Tobin, 1996).

Se utiliza asimismo como condimento, pues intensifica el sabor de otros alimentos, (verduras, jamones glaseados o platos agridulces). Sin duda alguna es uno de los principales ingredientes de la repostería y la confitería (QA Internacional, 1999).

El azúcar glas, es el azúcar blanco pulverizado (también llamado azúcar en polvo) al que se añade alrededor de un 3% de fécula de maíz para impedir la formación de grumos (QA Internacional, 1999).

1.2.6.1 Composición y propiedades nutrimentales

El azúcar de caña es indistinguible del azúcar de remolacha. En el azúcar refinado la concentración de azúcar llega a ser de 99.9%, constituyendo el producto químico puro más extensamente utilizado en todo el mundo. Su valor energético es muy alto 380

Kilocalorías/100g, aunque virtualmente carece de otros nutrientes, ya que solo contiene trazas de agua, proteínas y cenizas (Muller y Tobin, 1996).

El valor nutritivo del azúcar es muy limitado, pues no contiene proteínas, materia grasa, fibra, vitaminas ni minerales. El azúcar y los alimentos muy dulces suelen calificarse como calorías vacías, debido a la ausencia de elementos nutritivos. Al igual que la sal, el azúcar tiene la propiedad de retener líquidos, razón por la cual sentimos sed tras la ingestión de alimentos azucarados (Kuklinski, 2003).

1.2.7 Canela en polvo

La canela o como los antiguos la llamaron, el *cinnamomo*, es una especia muy difusa y utilizada ya sea en los países orientales que occidentales, es considerada la especia más importante en el mundo (Gutiérrez, 2011).

Las canelas corresponden a las cortezas de diversas especies pertenecientes al género *Cinnamomum*, que comprende más de 250 especies de árboles y arbustos, de la familia de las *Lauraceae*, (la misma del laurel, del alcanfor y del aguacate), conocidos como caneleros. Las más empleadas son *C. zeylanicum* Ness (= *C. verum* J. Presl) llamado canelero de Ceilán o *árbol de la canela* y *C. cassia* Nees ex Blume (= *C. aromaticum* Ness) o canelero de China. Los caneleros han sido unos de los productos de origen vegetal más utilizados como especia por su capacidad aromatizante (Accame, 2009).

La canela son ramas aromáticas de doble corteza, que se cultiva además de Sri Lanka, el sur de la India, en China, Birmania e Indonesia así como en las islas Seychelles, Madagascar y Brasil, lugares de clima cálido y húmedo. La de Ceilán es la más apreciada por sus propiedades tanto culinarias como terapéuticas. En concreto, lo que conocemos como canela es la capa interna de la corteza del canelo y se obtiene separando la corteza del tronco, eliminando la capa externa y enrollando la interna en pequeños tubos (ramas de canela) que se dejan secar y se comercializan tal cual o en polvo.

La *Cinnamorum verum* o *Cinnamomum zeylanicum* también llamada *Canela de Ceilán*, provee la canela más preciosa. Sólo ésta tiene propiedades medicinales y sólo los extractos

de la corteza (4%), las hojas y las raíces no. Los elementos principales constituyentes son: el cinamaldehído y el eugenol.

Posee propiedades carminativas, antiulcéricas, estomacales y antivomitivas, gracias a los aceites esenciales que contienen, estimulan la salivación y la secreción de jugos gástricos, facilitando la digestión por esto, ayuda a combatir la aerofagia, las digestiones difíciles, la acidez y estimula el apetito en casos de ausencia de éste. También son conocidas sus propiedades contra las enfermedades respiratorias por su riqueza en sustancias antibacterianas, expectorantes y antiinflamatorias, siendo especialmente indicada contra la bronquitis, los resfriados y la tos (Gutiérrez, 2011).

1.2.7.1 Composición y propiedades nutrimentales.

Por lo que respecta a su composición la canela contiene aceite esencial (rico en *benzalhehido*, *eugenol*, *farnesol*, *gamma-terpineol*, *geraniol*, *isoeugeneol*, *cariofileno* y *cineol*), terpenos (*alfa-pineno*, *alfa-terpineno*, *alfa-ylangeno*, *beta-pineno*, *limoneno* y *linalol*), mucílagos, cumarinas, taninos, alcanfor, furfural, fibra, sacarosa, vitaminas A, B₁, B₃ y C, ácido palmítico, ácido p-cumérico y minerales como boro, calcio, cloro, cobalto, cobre, cromo, estroncio, fósforo, hierro, magnesio, níquel, potasio, sodio, yodo y zinc (Tabla 1.6).

Además es rica en proantocianidinas, un tipo de flavonoides antioxidante (también presente en los arándanos, por ejemplo) al que se le reconocen sus propiedades para mantener la salud y el correcto funcionamiento del tracto urinario, para combatir las infecciones de orina y para actuar de forma similar a la insulina. En el 2006 investigadores del *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)* comprobaron que la canela (y otras seis especias: anís, menta, jengibre, regaliz, nuez moscada y vainilla), es uno de los alimentos con mayor capacidad antioxidante por su elevada concentración en compuestos fenólicos (Gutiérrez, 2011). En la Tabla 1.6 Contenido nutrimental de la canela, sobresale su contenido en fibra dietética.

Tabla. 1.6. Contenido nutrimental de 100g de canela

Nutrimento	Unidad	Cantidad
Energía	Kcal	353.04
Humedad	g	9.52
Fibra dietética	g	24.35
Hidratos de C	g	55.51
Proteínas	g	3.89
Lípidos totales	g	3.18
Calcio	mg	123.00
Fósforo	mg	61.00
Hierro	mg	38.07
Magnesio	mg	56.00
Sodio	mg	26.00
Potasio	mg	500.00
Zinc	mg	1.97
Retinol	mcgEqv	28.46
Ácido ascórbico	24mg	0.08
Tiamina	mg	0.14
Riboflavina	mg	1.30
Niacina	mg	0.10
Piridoxina	mg	1.00
Ácido fólico	µg	0.00
Cobalamina	µg	0.00

Chávez *et al.*, 2014.

1.2.8 Chocolate

Pasta homogénea que se obtienen mezclando, batiendo, calentando y enfriando la pasta de cacao y manteca de cacao y algunas veces azúcar.

La cocoa y la manteca de cacao se obtienen de los granos o semillas de cacao que crecen en las regiones tropicales. Contiene teobromina y cafeína, estos dos componentes, son alcaloides, y originan, cuando menos en parte, el amargor de la cocoa y el chocolate (Fox y Cameron, 2006).

La NOM-186-SSA1/SCFI-2013 (DOF, 2013), define al chocolate, como, producto homogéneo elaborado a partir de la mezcla de dos o más de los siguientes ingredientes: pasta de cacao, manteca de cacao, cocoa adicionado de azúcares u otros edulcorantes, con independencia de que se utilicen otros ingredientes, tales como productos lácteos y aditivos para alimentos. Al cacao, como la semilla extraída de las mazorcas maduras de los árboles de la especie *Theobroma cacao*, de la familia de las esterculáceas, fermentado o no y secado. A la cocoa (cacao en polvo), como el producto que se obtiene a partir de la torta de cacao transformada en polvo. Derivado del cacao, a los productos obtenidos del cacao en grano descascarillado, tales como: pasta de cacao, torta de cacao, manteca de cacao, cocoa y mezclas de estos productos con azúcares y/o ingredientes opcionales. A la manteca de cacao, como el producto semisólido, de aspecto graso a temperatura ambiente, de color blanco o ligeramente amarillento, obtenido por el procesamiento de las semillas del árbol *Theobroma cacao*, que se obtiene por extracción mecánica o por solventes. Pasta de cacao o licor de cacao, al producto que se obtiene de la molienda del cacao fermentado o no, tostado, descascarillado y sin eliminar o agregar ninguno de sus constituyentes, que puede tratarse químicamente (DOF, 2013).

El chocolate de calidad es brillante y se parte en un corte claro y mate, sin burbujas explotadas ni puntos blancos. El chocolate debe ser con brillo y no grisáceo, blanquecino o cristalizado, pues es un indicio de que no es fresco.

El cacao y el chocolate aromatizan una gran variedad de alimentos (tartas, puddings, pasteles bizcochos, salsas glaseados, helados mousses, flanes, pan, caramelos, jarabes, leche, bebidas, licores). En España y México se usa en la preparación de platos salados.

Para fundir el chocolate para añadirlo a una preparación, hay que respetar algunas reglas esenciales: la temperatura del chocolate no debe superar a los 50°C para no alterar su sabor, y no debe utilizarse agua (a menos que se trate solo de una gotita) que entre en contacto con el chocolate, pues se tornaría grumoso.

Por lo general, para calentarlo se recurre al baño María y se añade el chocolate partido en trocitos; cuando comience a fundirse se deja de revolver.

El chocolate negro incluye el amargo y el semiazucarado (semiamargo). Contiene entre un 35% y un 70% de pasta de cacao, además de manteca de cacao, azúcar, y en ocasiones,

emulsificantes. Se puede comer tal cual y se utiliza sobre todo para cocinar (QA International, 1999).

El chocolate es un alimento frecuentemente “deseado” por sus agradables características sensoriales y fisiológicamente parece que favorece la síntesis de serotonina y la liberación de endorfinas relacionadas con el placer. Su excelente palatabilidad también contribuye a que sea un alimento altamente apreciado por el consumidor (Kuklinski, 2003).

El ***granillo de chocolate***, está compuesto por azúcar, grasa vegetal hidrogenada, cocoa, sólidos de glucosa (sirope de maíz), sellador y goma arábica, toma la forma de granitos alargados miniatura, (Información de ingredientes tomados de etiqueta del producto).

Las chispas de chocolate, están compuestas por azúcar, pasta de cocoa, leche descremada en polvo, manteca de cacao, grasa butírica, lecitina de soya y saborizante artificial. Toma la forma miniatura de un “*kiss*” o una gota (Información de ingredientes tomados de etiqueta del producto Hersey).

1.2.8.1 Composición y propiedades nutrimentales

El chocolate amargo o pasta de chocolate es el producto sólido que se obtiene de la molienda del grano de cacao, y tiene la composición siguiente: 50% como mínimo de grasa de cacao, 8% como máximo de cenizas y 7 % como máximo de celulosa.

El chocolate dulce contiene 36% de hidratos de carbono, 6% de proteínas, 24.9% de lípidos y 0.2% de celulosa (Quintín, 1983), su contenido nutrimental se muestra en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Contenido nutrimental de 100g de chocolate

Nutrimento y unidad	Chocolate con leche +++	Chocolate ++	Chocolate Dulce*	Granillo ++++	Chispas **	Chocolate Semi amargo**
Energía, Kcal	518	500	467	525	522.2	477
Humedad, g	3.57	-	-		1.2	1.2
Fibra dietética, g	-	2.3	-	0.0	-	-
Hidratos de C, g	57.14	45-60	75.1	75	57.78	62.94
Proteínas, g	7.14	4-9	3.8	0.0	7.22	4.12
Lípidos totales g	32.14	29-31	16.8	25.0	28.89	30.0
Calcio, mg	232	-	46	-	-	-
Fósforo, mg	-	0.1-0.2	150	-	-	-
Hierro, mg	1.1	-	2.8	-	-	-
Sodio, mg	-	-	33	0.0	12,222	2,941.0
Potasio, mg	-	0.3-0.5	5	-	-	-
Vitamina A, mcgEqv	86.4	-	0	-	-	-
Ácido ascórbico, mg	Huellas	-	0	-	-	-
Tiamina, mg	0.07	-	0.05	-	-	-
Riboflavina, mg	0.36	-	0.09	-	-	-

**Pérez *et al.*, 2008. . México.

++Kuklinski, 2003.

+++ Calculado para 100g de la Tabla A-1, Robinson, 1985.

*Food Processor ®.

++++datos de etiqueta nutrimental de granillo de chocolate comercial

1.2.9 Huevo (ovum) y albúmina en polvo

1.2.9.1 Huevo fresco

La Norma Oficial Mexicana NOM-159-SSA1-2015, define “huevo” como, el producto de la ovulación de la gallina (*Gallus domesticus*) y otras especies de aves que sean aceptadas para consumo humano; define “clara” (albúmina de huevo), a la solución viscosa (coloidal) que rodea a la yema y se encuentra contenida entre la membrana del cascarón y la yema; y define yema, a la sustancia central del huevo, contenida en la membrana vitelina, de forma semiesférica y de color que varía del amarillo al anaranjado (DOF, 2015).

Se utiliza tanto para espesar y ligar los platos como para volverlos más untuosos (salsas, sopes, rellenos, flanes, cremas pasteleras, natillas, purés, croquetas y pastas. (Kuklinski, 2003).

Deben considerarse como un valioso alimento proteico. Además de otras propiedades, los huevos se utilizan como *agentes para ligar* en aquellos casos en los que la coagulación de las proteínas del huevo da cohesión a una mezcla que contenga ingredientes secos, como en las empanadas y croquetas (Fox y Cameron, 2006).

La clara representa el 60% del peso del huevo, es una solución de proteínas globulares que contienen fibras de ovomucina (existen más de 30 proteínas diferentes), ricas en aminoácidos esenciales (Chávez *et al.*, 2014).

La yema se encuentra en el centro del huevo, consiste en una emulsión espesa de aceite y agua, de color amarillo o anaranjado, estabilizada por la lecitina, es una rica fuente de nutrientes mucho más concentrada que la clara. (Fox y Camerón, 2006).

Está recubierta por una membrana vitelina que la separa de la clara y la protege de una posible rotura. Representa un tercio del peso del huevo sin cascarón (Chávez *et al.*, 2014).

1.2.9.1.1 Composición y propiedades nutrimentales del huevo fresco

Aunque no es un alimento completo para los seres humanos, es, no obstante uno muy valioso (Tabla 1.8 y 1.9) (Fox y Camerón, 2006).

La clara, tiene presentes pequeñas cantidades de sales disueltas y de riboflavina. Entre las proteínas de la clara destacan: Ovoalbúmina, es la proteína más abundante en la clara 55-60%, es una glicoproteína con grupos fosfato, y es la responsable del elevado valor nutrimental del huevo. Está formada por tres fracciones A1, A2, A3, en la proporción 28:4:1. Entre las tres fracciones varía la cantidad de fósforo. La ovoalbúmina tiene una elevada cantidad de metionina y cisteína (aminoácidos con azufre), y durante el almacenamiento se forman puentes disulfuros que hacen disminuir la capacidad espumante, pero aumentan su termorresistencia, es una proteína resistente a los tratamientos con calor, pero que se desnaturaliza al agitar o batir la clara (Belitz *et al.*, 2012).

La yema de huevo es más rica en colesterol que las vísceras, el tocino, la mantequilla, los quesos añejos y las carnes grasosas (Quintín, 1983).

La yema y la clara se diferencian bastante en su contenido de proteínas y grasas, siendo elevado el contenido de vitaminas y algunos minerales en la yema (Tabla 1.8).

Sus principales componentes químicos de la yema son proteínas (lipovitelinias, fosfovitina), grasas (el principal fosfolípido es la lecitina o fosfatidilcolina, los ácidos grasos encontrados en mayores concentraciones son: el oleico, palmítico, esteárico y linoleico), vitaminas, contiene todas excepto el ácido ascórbico y minerales, fuente de todos excepto de calcio, contiene importantes cantidades de hierro y fósforo, aunque de baja disponibilidad del primero en virtud de estar unido a las proteínas del huevo (Chávez *et al.*, 2014).

Basados en la información de Belitz *et al.*, (2012) se dedujo que en un huevo de 60g de peso bruto (PB) o 52.8g de peso neto (PN), el 30% del PB es yema (18g), de los cuales el 32.5% son lípidos (5.87g), de los cuales el 28% son fosfolípidos (1.64g), de los cuales el 73% es fosfatidilcolina, o sea que hay 1.2g de lecitina por pieza de huevo de 60g. Lo que fue considerado cuando se sustituyó el huevo por albúmina en polvo, mas aceite y lecitina.

Tabla 1.8. Contenido nutrimental en 100g de huevo fresco entero, clara, yema y albúmina en polvo

Nutrimento	Unidad	Huevo Fresco*	Clara*	Yema*	Albúmina en polvo**
Energía	Kcal	154	45	342	
Humedad	g	74.39	86.11	50.84	8.0
Fibra dietética	g	0.00	0.00	0.00	
Hidratos de C	g	1.11	0.92	0.81	
Proteínas	g	12.33	10.57	16.18	79.1
Lípidos totales	g	11.4	0.20	30.56	0.35
Calcio	mg	55.42	8.48	137.71	
Fósforo	mg	199.10	13.73	5.82	
Hierro	mg	20.4	0.35	5.82	
Magnesio	mg	11.94	10.50	13.75	
Sodio	mg	132.97	176.80	55.60	
Potasio	mg	134	144.00	111.40	
Zinc	mg	1.36	0.05	3.49	
Vitamina A	mcgEqv	188.20	0.00	552.00	
Ácido ascórbico	mg	0.00	0.00	0.00	
Tiamina	mg	0.12	0.02	0.27	
Riboflavina	mg	0.36	0.31	0.42	
Niacina	mg	0.11	0.09	0.08	
Piridoxina	mg	0.12	0.01	0.30	
Ácido fólico	µg	48.82	15.25	145.50	
Cobalamina	µg	1.54	0.37	2.60	

*Muñoz *et al.* (2010)

**Ficha técnica del proveedor de albúmina en polvo “Huevo San Juan”, PROAN (2009).

Tabla 1.9. Composición de clara y yema de 1 pieza de huevo de 50g de PB

Nutrimento	Unidad	Clara	Yema
Peso	g	29	15
Energía	Kcal	15	52
Proteínas	g	3.2	2.4
Lípidos totales	g	Huellas	4.6
Hidratos de C	g	0.2	0.1
Calcio	mg	3	21
Fósforo	mg	4	85
Hierro	mg	Huellas	8
Vitamina A	U.I	0	510
Ácido ascórbico	mg	0	0
Tiamina	mg	Huellas	0.03
Riboflavina	mg	0.08	0.07
Niacina	mg	Huellas	Huellas

Charley (2008)

1.2.9.2 Ovoproductos, (ovoproductos secos)

Ovoproductos, son productos obtenidos a partir del huevo, de sus diferentes componentes y sus mezclas, una vez eliminadas la cáscara y las membranas. Están destinados al consumo humano y también a un uso industrial no alimentario. Deben someterse a pasteurización de forma obligatoria por cuestiones sanitarias, principalmente para evitar las tox infecciones alimentarias por *Salmonella* (Kuklinski, 2003).

De importancia para este trabajo, podemos destacar que entre su clasificación esta los *secos o en polvo*: (huevo en polvo, yema en polvo y clara o albúmina en polvo), obtenidos a partir de los líquidos por deshidratación, ya sea con calor o liofilización, suelen tener de un 3-5% de humedad. Tienen una durabilidad larga de 1 año (Kuklinski, 2003).

La NOM-159-SSA1-2015, señala que en los productos de huevo deshidratados la humedad deberá ser menor de 8% (DOF, 2015).

1.2.9.2.1 Propiedades industriales más importantes y ventajas de ovoproductos

El variado empleo que se hace de los ovoproductos obedece esencialmente a tres propiedades de los mismos: a su coagulabilidad por acción del calor, a su capacidad formadora de espuma y a su propiedad emulsionante y además por el color y aroma que confieren (Belitz *et al.*, 2012).

Coagulabilidad térmica.- La clara de huevo comienza a coagular a 62°C y la yema a 65°C, no obstante la temperatura de coagulación depende del pH, a pH 11.9 se gelifica la clara a temperatura ambiente. Pero el gel se fluidifica al cabo de algún tiempo. Todas las proteínas del huevo, con excepción del ovomucoide y de la fosvitina, son coagulables.

Formación de espuma.- La espuma generada al batir la clara del huevo (a punto de nieve) se utiliza para introducir aire y así “esponjar” los alimentos (pasteles, merengues, etc.). En el batido, como consecuencia del gran aumento que experimenta la interfase líquido-aire, se produce la desnaturalización y agregación de las proteínas. En particular, la ovomucina

forma en las laminillas líquidas en torno a las burbujas de aire una película de material insoluble, que estabiliza la espuma. También las globulinas contribuyen de manera importante a incrementar la viscosidad y a disminuir la tensión superficial, lo que tiene particular importancia especialmente al principio del batido. En experiencias realizadas con clara de huevo privada de ovomucina y globulinas se observa que aumenta el tiempo de batido y disminuye el volumen en la elaboración de bizcocho.

Acción emulsionante.- La acción emulsionante del huevo entero o de la yema se aprovecha por ejemplo, en la fabricación de mayonesas, considerando como componentes activos los fosfolípidos, las lipoproteínas de baja densidad y las proteínas (Belitz *et al.*, 2012).

Ventajas de ovoproductos.- Las principales son: mayor rentabilidad, debido a la posibilidad de utilizarlos para múltiples fines, fácil empleo y dosificación, mayor seguridad bacteriológica, más fácil manipulación, lo cual conlleva un ahorro de tiempo y personal, más fácil de distribuir y de comercializar.

1.2.9.2.2 Proceso y Características

Desecación del huevo.- La separación del contenido del huevo de la cáscara se hace más fácilmente cuando se almacena durante dos días a 15°C. En algunos países, antes de cascar el huevo se desinfecta con agua clorada (200mg/L). Los huevos se cascan mecánicamente y el contenido se mezcla, bien de inmediato, o después de separar la yema de la clara. A la homogeneización, le sigue la fase de limpieza mediante centrifugación (separadores) y a continuación una fase de pasteurización.

El método de desecación más importante es la atomización. La yema, por su alto contenido en sólidos se deseca directamente, en cambio la clara y el huevo entero, para ahorrar energía, se concentran de 11 a 18% y de 24 a 32% de sólidos respectivamente, mediante ultrafiltración. El huevo entero también se puede concentrar mediante evaporación.

Desecación de la albúmina o clara en polvo.- Normalmente la clara se deseca tras un calentamiento inicial a 45-50°C, mediante dispersión con alta presión en una corriente de aire a 165°C. En este proceso el producto se calienta hasta los 50-60°C, a continuación para destruir los microorganismos, el producto se almacena en cámaras o salas calientes (post-pasteurización) durante al menos 7 días a 55°C.

El huevo en polvo desazucarado se conserva alrededor de un año a temperatura ambiente. La clara experimenta un ligero descenso de su viscosidad, al congelarla no sufre prácticamente ninguna modificación de sus importantes características industriales (Vollmer *et al.*, 1999).

Albúmina en polvo.- Producto deshidratado compuesto principalmente de clara obtenida de huevo de gallina, y en mínimas proporciones de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* como agente para el proceso de fermentación y de ácido cítrico para el ajuste de pH; sin adición de conservadores (PROAN, 2009).

El huevo en cascarón es lavado, quebrado, separado en yema y clara, esta última es filtrada, enfriada, fermentada, concentrada, deshidratada por aspersion, envasada en el empaque señalado e identificado con la etiqueta con los datos que se señala en “Instrucciones de etiqueta”, pasteurizada y almacenada bajo condiciones señaladas en dicho documento.

Este proceso garantiza un producto libre de patógenos, conservando sus características organolépticas, funcionales y nutritivas. Las características fisicoquímicas se detallan en la Tabla 1.10.

Tabla 1.10. Características fisicoquímicas de albúmina en polvo según proveedor “Huevo San Juan”

Parámetros	Valor mínimo	Valor máximo	Técnica
Humedad %	-	8.00	TLDST-LA-001
Sólidos totales %	92.00	-	TLDST-LA-001
Proteínas %	79.1	-	Externo
Grasa %	-	0.35	TLDGRA-LA-001
pH	6.5	7.5	TLDPH-LA-001

Ficha técnica del proveedor de albúmina en polvo “Huevo San Juan”. PROAN (2009).

Usos.- Este producto conserva los atributos característicos del huevo; por lo cual puede utilizarse en cualquier formulación involucrando clara de huevo en aplicaciones culinarias, de panificación y confitería. Asimismo encuentra aplicaciones en la industria farmacéutica y de cosmetología (PROAN, 2009).

Reconstitución.- Adicionar siete partes de agua (87.5%) a una parte de albúmina (12.5%) en peso. Las proporciones varían de acuerdo a la experiencia y las necesidades.

Se recomienda almacenar en un área fresca, seca y limpia, no requiere refrigeración. Se conserva fuera del alcance de material no alimenticio y alimenticio crudo y fuera del alcance de alimentos que puedan transmitir olores no característicos a huevo (Tabla 1.11) (PROAN, 2009).

Tabla 1.11. Características sensoriales de albúmina en polvo

Atributo	Descripción
Apariencia	Producto en polvo muy fino
Color *	Crema claro con leves tonos amarillos
Olor *	Característico a clara de huevo, leve
Sabor *	Característico a clara de huevo

*Variables en función de la alimentación de la gallina y la temporada. PROAN (2009).

Si el producto de un envase no es totalmente consumido, el sobrante debe ser conservado con la bolsa perfectamente cerrada o anudada. Manejar el producto como ALERGENO. Este producto contiene proteína de huevo y por lo tanto es considerado como ALERGENO por Inova Avibel S.A de C.V.

1.2.10 Jugo de manzana industrializado

Las manzanas se encuentran entre las frutas del 15% de hidratos de carbono, es pobre en vitamina C, en calcio y fósforo.

Los jugos industrializados se obtienen de la técnica general de preparación siguiente:

- Se extrae el jugo de las frutas frescas después de lavarlas. Se calienta a temperaturas adecuadas sin hervir, para evitar que se caramelicen los azúcares y le den sabor desagradable al producto. Después se filtra para separar totalmente todas las porciones duras, como las semillas.
- Se llenan las botellas esterilizadas hasta unos dos centímetros por debajo del borde y se tapan.
- Se esterilizan los envases que contienen los jugos y cuando están fríos se conservan en lugares frescos y oscuros.
- Se conservan bien en botellas o en recipientes de papel parafinados, cerrados herméticamente (Quintín, 1983)

1.2.10.1 Composición y propiedades nutrimentales

Por ser extraídos de las frutas frescas tienen por consiguiente un contenido similar de nutrientes que el de la fruta entera excepto que han perdido la mayor parte de la pectina, poseen un bajo contenido en sodio y alto en potasio (Fox y Cameron, 2006).

En los jugos envasados y esterilizados hay cantidades semejantes de glúcidos y de agua que en las frutas frescas; pero la cantidad de vitamina C está reducida a la cuarta parte y se pierden, por término medio, las tres cuartas partes de esta vitamina por la esterilización y el envejecimiento. El valor nutritivo del jugo de frutas fresca industrializada, en promedio contienen: 86.56% de agua, 14.45% de hidratos de carbono, 0.32% de prótidos, 0.06% de lípidos, 0.01% de caroteno, 9.16% de vitamina C y no contienen celulosa (Quintín, 1983). El contenido nutrimental del jugo de manzana industrializado se muestra en la Tabla 1.12.

Tabla 1.12. Contenido nutrimental de jugo de manzana industrializado en 100g

Nutrimento	Unidad	Cantidad
Energía	Kcal	50
Humedad	g	87.80
Fibra dietética	g	0.10
Hidratos de C	g	13.80
Proteínas	g	1.00
Lípidos totales	g	0.10

Tabla 1.12. Continuación.

Nutrimiento	Unidad	Cantidad
Calcio	mg	6.00
Fósforo	mg	--
Hierro	mg	0.40
Magnesio	mg	3.00
Sodio	mg	3.00
Potasio	mg	119.00
Zinc	mg	0.03
Vitamina A	mcgEqv	0.00
Ácido ascórbico	mg	0.00
Tiamina	mg	0.09
Riboflavina	mg	0.02
Niacina	mg	0.10
Piridoxina	mg	0.03
Ácido fólico	µg	0.10
Cobalamina	µg	0.00

Muñoz *et al.* (2005)

1.2.10.2 Uso en el producto optimizado.

Su uso en la formulación de la granola para las barras, es con la finalidad de darle sabor y aroma a las hojuelas de avena, su humedad queda totalmente evaporada al hornearse la granola.

1.2.11 Lecitina

Es un fosfolípido que se encuentra en la yema de huevo y en la soya que puede ser utilizado como ingrediente alimenticio (Alba *et al.*, 2008).

Químicamente es la fosfatidilcolina, un fosfolípido que contiene colina. La lecitina comercial se prepara a partir de las semillas de soya (durante la elaboración del aceite), de los cacahuates y del maíz, es una mezcla de fosfolípidos en la que predomina la fosfatidilcolina. Se encuentran como emulgentes naturales en la yema de huevo. Es una sustancia surfactante que puede estabilizar emulsiones. Definiéndose surfactante como

compuesto químico que disminuye la tensión superficial entre dos fases diferentes tales como son el aceite y el agua (Alba *et al.*, 2008).

Se usa en tecnología de los alimentos como emulsionante, por ejemplo, en ciertas salsas para ensaladas, en los quesos procesados y en el chocolate y sirve también de antiaglomerante o antipastoso en aceites de fritura. Abunda en la dieta corriente y no es un componente esencial (Bender, 2006).

Tiene el código numérico de E322, dentro de la lista de emulgentes y estabilizantes, debido a su acción tensoactiva, posibilita que sustancias inmiscibles entre sí (por ejemplo, agua y aceite) se puedan estabilizar en una emulsión homogénea (Vollmer *et al.*, 1999).

A la lecitina se le considera dentro de los antioxidantes secundarios: sustancias que actúan quelando cationes metálicos e impiden la oxidación, junto con el ácido cítrico (Kuklinski, 2003).

1.2.12 Nopal

- Con una descripción más amplia y detallada por ser de interés para este trabajo.-

El nopal (*Opuntia spp*) es una cactácea que contiene una elevada cantidad de fibra dietética y debido a ello se ha utilizado como alimento y remedio desde tiempos prehispanicos en las culturas Mesoamericanas (Lobato *et al.*, 2004).

El nombre de *Opuntia*, le fue asignado por Tournefort en 1700, quien llamó así a los nopales “por su semejanza con una planta espinosa que crecía en el poblado de Opus en Grecia”, aunque probablemente en memoria de la clasificación que de esa planta hiciera Teofrasto. Los nahuas lo llamaban *nopalli*, y *nochtli*, a su fruto: la tuna. Sin embargo, los españoles rebautizaron al nopal con el nombre de chumbo o chumbera, y a la tuna con el del “higo de Indias”. El género *Opuntia* ha desarrollado un mecanismo de resistencia a la sequía con base en el mantenimiento de un alto potencial hídrico, durante los períodos de déficit de precipitación (Velázquez, 1998).

La descripción botánica del nopal es también un acto mágico; sus tallos son suculentos, arbóreos, aplanados y articulados. Las espinas son hojas modificadas, reducidas por la

acción del medio seco, cuyos tejidos se atrofian, esclerosándose parte de ellos, si bien persisten los vasos conductores del agua que se condensa en la superficie. Las espinas son también los órganos de protección: forman en la planta su carpacho que la aísla de la acción nociva del medio desértico (de la insolación, la sequía o el viento) y la protegen de la acción destructiva de los animales. El tallo es un cladodio que ha aplanado y ha adquirido forma de raqueta. Lo importante es que es posible encontrar una profusa variedad y diferenciación en plantas de la misma especie, por poseer el nopal una “gran capacidad” de adaptación al medio; esa adaptación la efectúa mediante modificaciones morfológicas como hábitos, diferencias con espinas, etcéteras (Velázquez, 1998).

Los nopales se multiplican naturalmente cuando los cladodios se desprenden durante la época de sequía y caen al suelo. Ésta propagación por brotes o fragmentos del tallo que, por cierto es la forma más rápida y segura de cultivo, aquella que consiste en sembrar parcialmente los cladodios. En la reproducción de los nopales por medio de semilla intervienen los pájaros, las abejas, las tortugas y los murciélagos, quienes las diseminan al comer sus frutos. Las semillas no se digieren debido a la resistencia de sus tegumentos, por lo que son arrojadas con los excrementos y a partir de ahí, renacen. La impresionante variedad de usos del nopal, su contenido de humedad, proteínas, vitaminas, azúcares, minerales, alcaloides y fibra (entre otros ingredientes) hace que su estructura sea realmente mágica. –Un milagro de la naturaleza escribió Pietro Andrea Mattoli (Velázquez, 1998).

El interés del ser humano por los nopales data de miles de años. Su origen e historia están íntimamente relacionados con las antiguas civilizaciones mesoamericanas, en particular con la cultura azteca. Existen evidencias arqueológicas que permiten afirmar que fueron las poblaciones indígenas asentadas en las zonas semiáridas de Mesoamérica las que iniciaron su cultivo de modo formal. Los nopales están ligados de modo particular a la historia de México y Mesoamérica, su centro de origen genético; por ejemplo, en el escudo de México figura un águila posada sobre un nopal, un símbolo que ha llegado hasta nuestros días del jeroglífico de la Gran Tenochtitlan y significa *sitio del nopal que crece sobre la piedra*. Esta era la ciudad de los sacrificios de los náhuatls, capital del Imperio azteca, hoy ciudad de México, para los que tuvo especial relevancia en la vida económica, social y religiosa. La evidencia del conocimiento y uso del nopal por los primeros pobladores mexicanos se

encuentra en las excavaciones de Tamaulipas y Tehuacán, Puebla, México, donde se encontraron fosilizadas semillas y cáscaras de tuna, así como fibras de pencas de nopal, de una antigüedad de siete mil años (Sáenz *et al.*, 2006).

Las plantas del género *Opuntia* son nativas de varios ambientes, desde zonas áridas al nivel del mar hasta territorios de gran altura como los Andes del Perú; desde regiones tropicales de México donde las temperaturas están siempre por sobre los 5°C a áreas de Canadá que en el invierno llegan a -40°C. Por esta razón, estas especies pueden ser un recurso genético de interés para zonas ecológicas muy diversas. Uno de sus mayores atractivos es su anatomía y morfología adaptada a condiciones de fuerte estrés ambiental, por lo que son una alternativa de cultivo para regiones donde difícilmente crecen otras especies (Sáenz *et al.*, 2006).

Sus características las hacen adaptables al medio árido y tienen relación con la conformación de varios de sus órganos, sus raíces superficiales y extendidas captan el agua de las escasas lluvias que caen en esos ambientes. Los tallos son suculentos y articulados, botánicamente llamados cladodios y vulgarmente pencas. En ellos se realiza la fotosíntesis, ya que los tallos modificados reemplazan a las hojas en esta función; se encuentran protegidos por una cutícula gruesa, que en ocasiones está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua, éstos presentan, además, gran capacidad para almacenar agua, ya que poseen abundante parénquima; en este tejido se almacenan considerables cantidades de agua lo que permite a las plantas soportar largos periodos de sequía. Cabe destacar el papel de los mucilagos (hidrocoloides presentes en este tejido) que tienen la capacidad de retener el agua. Los cladodios poseen además espinas, presentan pocos estomas por unidad de superficie con la particularidad de permanecer cerrados durante el día y abiertos en la noche; esto evita la pérdida de agua por transpiración durante el día y permite durante las horas nocturnas la entrada de anhídrido carbónico (CO₂), materia prima indispensable para la fotosíntesis (Sáenz *et al.*, 2006).

Estas cactáceas han jugado un papel ecológico decisivo al frenar la degradación de suelos deforestados. Si se considera la porción de superficie terrestre árida o semiárida apta para

cultivar estas especies que requieren poco o ningún aporte de agua, puede comprenderse su importancia agronómica. En Etiopía, los nopales son considerados como «el puente de la vida», ya que tanto los tallos que acumulan gran cantidad de agua, como los frutos, sirven de alimento para que el ganado subsista en épocas de sequía y los pastores cuenten con alimento, contribuyendo así de manera importante, a la supervivencia de ambos. Si en estos países se difundiera el consumo de los nopales con las variadas formas que se acostumbran por ejemplo en México, sería posible disminuir la desnutrición y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Todas estas características con que la naturaleza ha dotado a esta especie, hacen de ella una promisoriosa planta de alto provecho para la humanidad (Sáenz *et al.*, 2006).

Son numerosos los países en el mundo en los que ocurren estas plantas, ya sean cultivadas o silvestres. La mayor superficie se encuentra en México con cerca de 50,000 hectáreas para producción de fruta (tunas); habría actualmente alrededor de 72,000 hectáreas para producción de fruta y 10,500 hectáreas para producción de nopalitos (verdura), sin considerar las nopaleras silvestres que ocuparían varios millones de hectáreas. Perú contaría con aproximadamente 35,000 hectáreas silvestres dedicadas en su mayoría a la cochinilla (para producción de colorante natural rojo). En Brasil existirían cerca de 40,000 hectáreas destinadas a forraje. Italia contaría con 2,500 hectáreas para producción de fruta, y Chile, cerca de 1,100 hectáreas. Asimismo se encuentran superficies menores en Argentina, Bolivia, España, (Islas Canarias), Estados Unidos de América, Israel, Jordania, Sudáfrica y Venezuela. También es importante en el norte de África (Argelia, Egipto, Libia, Marruecos y Túnez, entre otros); solamente en Túnez habría entre 400,000 y 500,000 hectáreas (Sáenz *et al.*, 2006).

Dada la alta dispersión de estas especies, las estadísticas oficiales son escasas y no está disponible la información sobre la superficie plantada de nopales y sus destinos: tuna, nopalito, forraje o producción de cochinilla. Otros sectores productivos se están beneficiando con las propiedades de la tuna y los nopales, ya que son materia prima para la industria de cosméticos, de bebidas alcohólicas y de suplementos alimenticios, esta última especialmente ligada a la industria farmacéutica. Los nopales se utilizan además como

cercos vivos en huertos y predios y contribuyen por otra parte al control de la desertificación (Sáenz *et al.*, 2006).

Cifras de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) estiman que en México se destinan poco más de 30 mil hectáreas para la producción de nopal verdura y forrajero, principalmente, en los estados de México, Oaxaca, Zacatecas y en el Distrito Federal (ahora Ciudad de México). Es importante generar estudios para la conservación y aprovechamiento de este cultivo que tiene una gran demanda en los mercados nacional e internacional (Agro, 2010).

1.2.12.1 Composición y propiedades nutrimentales

El nopal es rico en calcio, hierro, ácido ascórbico y en fibras dietéticas (3.2g/100g de peso neto, con relación de 30:70 de fibra soluble e insoluble) (Sánchez, 2006).

El contenido de fibra es una de las características del nopal que más ha llamado la atención, esta característica es esperada si se piensa que el “nopalito” es el tallo de la planta, ya que las hojas son las que corresponden a las espinas. El contenido de polisacáridos estructurales o fibra insoluble fluctúa ampliamente entre 13 variantes de *Opuntia spp* identificadas. El contenido informado de pectina varía entre 5.3 y 14.2%, mientras que el mucílago, la hemicelulosa total y la celulosa fluctúa entre 3.8 y 8.6%, 5.2 y 13.8% y 3.5 y 13.2%, respectivamente (Sánchez, 2006).

Las frutas y hortalizas con frecuencia aportan menor cantidad de fibra que los cereales o las leguminosas, por su elevado contenido de agua, algunas frutas con nivel elevado de FD total son la guayaba con cáscara, la tuna y el mamey; de las hortalizas, se pueden mencionar zanahoria, aguacate, *nopal* cocido, o el elote cocido. El incremento en el consumo de 6g diarios de fibra soluble (pectinas, gomas y mucílagos), puede disminuir los niveles de colesterol de las lipoproteínas de baja densidad entre 10 y 20%, lo que reduce la incidencia de enfermedades degenerativas (Mendoza y Calvo, 2010).

El contenido de hemicelulosa tipo B es relativamente constante (cerca del 15%). La cocción modifica la proporción de los polisacáridos, incrementa significativamente el contenido relativo de pectina cruda y total, hemicelulosa total y celulosa en algunas variantes. Este incremento aparente es el resultado de la pérdida al medio de cocción, de diversos componentes solubles. De ahí que resulte más digerible el consumo de nopal cocido que crudo si se desea incrementar la ingestión de pectina y hemicelulosa (Sánchez, 2006).

1.2.12.2 Propiedades fisiológicas

Del nopal hay múltiples referencias entre propiedades medicinales a su uso como laxante, disminución de la glucosa en sangre, aumento de tiempo de vaciamiento gástrico, reducción de lípidos séricos (colesterol-lipoproteínas de baja densidad (LBD) y los triglicéridos), disminución de la absorción de glúcidos, aumento de la excreción fecal de energía, nitrógeno y lípidos (Sánchez, 2006).

Acción hipoglucemiante del nopal.- Sánchez (2006) cita a Frati-Munari y colaboradores (1983, 1984, 1988), que han realizado varios estudios sobre la acción hipoglucemiante del nopal. De acuerdo con sus resultados este efecto se debe a que algunas especies del nopal contienen una isomerasa de la glucosa 6 fosfato. También es probable que se deba a una o varias fibras dietéticas, guardando una relación de 30:70 de fibra soluble e insoluble (Sánchez, 2006).

Muchos estudios han probado que las fibras vegetales producen disminución de la glucosa en suero y al parecer su acción hipoglucemiante tiene relación con el grado de la viscosidad, porque retarda la absorción de la glucosa. La ingestión de fibras dietéticas junto con la glucosa produce en pruebas de tolerancia a la glucosa menor hipoglucemia tardía que cuando no se agregan fibras. De los estudios de Frati *et al.*, (1983; 1984) que tratan de que la disminución en la liberación de insulina puede ser mediada por una menor estimulación del péptido gástrico inhibitorio, lo que se ha comprobado con algunas fibras. Al parecer, el péptido induce liberación de insulina que se produce por estímulo de la glucosa principalmente en el duodeno y en el yeyuno proximal. Sin embargo no es necesario consumir al mismo tiempo fibra dietética y la glucosa ya que se sabe de otros

estudios en los que la glucemia, insulina plasmática o ambas disminuyen después de recibir dietas ricas en fibras por periodos prolongados. Estos hallazgos sugieren un incremento en la sensibilidad a la insulina (Sánchez, 2006).

Se encuentra también el estudio de la influencia en la absorción intestinal de Frati y colaboradores (1988), que explican que, las fibras dietarias pueden influir en la absorción intestinal de los nutrimentos a través de diversos mecanismos:

- a) Aumento del tiempo de vaciamiento gástrico.
- b) Disminución de la disponibilidad de enzimas y sales biliares, ya sea por dilución o por atrapamiento; se ha demostrado que la pectina y la lignina secuestran sales biliares (necesarias para la absorción intestinal de lípidos) y con la consecuente reducción de lípidos séricos.
- c) Ligado de los glúcidos, disminuyendo su disponibilidad para la absorción.
- d) Aumento en la excreción fecal de energía, nitrógeno y lípidos (Sánchez, 2006).

Estos mismos investigadores, encontraron que la administración de 100g de nopal, tres veces al día por 10 días, disminuyó significativamente el colesterol total, el unido a lipoproteínas de baja densidad (Colesterol-LDL) y los triglicéridos en pacientes obesos y en diabéticos (Sánchez, 2006).

Otros estudios realizados por Torres *et al.* (2001), sugieren que la administración de 9g/día de extracto de nopal mejora el perfil de lípidos de pacientes con hipercolesterolemia moderada. Concluyendo que el consumo de nopal contribuye a una alimentación adecuada (Sánchez, 2006).

Las investigaciones sobre fibra se han focalizado en tubérculos, cereales, legumbres, frutas, algas, todas caracterizadas por presentar un contenido de fibra dietaria elevado, baja digestibilidad y reducido valor calórico (Villarroel *et al.*, 2003; Ramírez y Pacheco, 2009)

1.2.12.3 El nopal en polvo o harina de nopal

Sáenz *et al.* (2006), describe que, la harina de nopal se obtiene por deshidratación y molido de los cladodios, previamente desespinaados, lavados y cortados y tiene aplicación en las

industrias panificadora, galletería y pastas o bien en la de fibras dietéticas peletizadas. Esta última aplicación resulta muy importante en virtud de que el consumo de fibras tipo soluble representa una mejoría significativa de los procesos digestivos de las personas afectadas por estreñimiento y el nopal es una fuente importante de este tipo de fibras.

La ficha técnica de Nopal en polvo No.0272, de la “Comercializadora Nopalitoz GERMA, SA de CV”, (utilizada en la elaboración de las “barras”) detalla que, la harina de nopal es cien por ciento nopal deshidratado, de la variedad *Opuntia Ficus Indica*. Sirve como materia prima para hacer tortillas, galletas, pan; mezclado entre un 5% ó 20% a la harina base del producto. También puede adicionarse a cualquier líquido enriqueciéndolo con fibra. En cantidades moderadas no modifica el sabor. Puede adicionarse a cualquier alimento en general (Nopalitoz, 2008).

1.2.12.3.1 Indicadores de calidad

Se seleccionan las pencas de nopal, eliminando las que cuentan con algún tipo de plaga, se quitan el 100% de las espinas, el nopal se deshidrata a baja temperatura, obteniendo un polvo color verde de alto contenido de fibra y calcio principalmente (Tabla 1.13).

Tabla 1.13 Valor nutrimental del nopal en polvo “Nopalitoz”**

Componentes de nopal en polvo (harina)	En 100g
Valor energético, Kilocalorías	118.3*
Cenizas, gramos	18.96
Extracto etéreo, gramos	0.63
Calcio, gramos	6.00
Humedad, gramos	6.26
Proteína, gramos	3.71
Fibra dietética, gramos	46.0
<i>Fibra soluble, gramos</i>	<i>5.6</i>
<i>Fibra insoluble, gramos</i>	<i>40.4</i>
H de C (Chodf)***	24.44***

**Datos declarados en la Ficha técnica de la harina de nopal o nopal en polvo “Nopalitoz”; 5g de nopal en polvo de esta marca equivale a 60g de nopal fresco. (Ficha técnica de Nopal en polvo No.0272, “Comercializadora Nopalitoz GERMA, SA de CV”. Código 601455000272, www.nopalitoz.com). Anexo 10.

*Las Kilocalorías (Kcal) se calcularon en base a la ficha técnica, considerando, 4 Kcal por gramo de proteína, 9 Kcal por gramo de grasa, 4 Kcal por gramo de Hidratos de Carbono (H de C). NOM 051-SCOFI-2010,

***Chodf: Hidratos de carbono obtenidos por diferencia.

Haciendo énfasis en el contenido de fibra dietética, en la Tabla 1.14 se enlistan por orden alfabético el contenido de fibra de los ingredientes de la “barra”, en base a la FD reportada en 100g de peso neto en Tablas de uso práctico de alimentos mexicanos (TUPAM) (Chávez *et al.* 2014). Posteriormente se enlistan según el contenido de FD reportada (de mayor a menor) de verduras típicas de México encabezadas por el nopalito verdura, se incluye el nopal en polvo cuyo valor de FD reportada se basa en la ficha técnica, pues aún no aparece en tablas de valor nutritivo consultadas.

Tabla 1.14. Contenido de fibra de ingredientes de Unibarra y de las verduras típicas de México

Alimentos	Fibra dietética
Ingredientes de Unibarra	g/100g de peso neto
<i>Nopal en polvo*</i>	<i>46.00*</i>
Canela	24.35
Avena en hojuelas	7.60
Amaranto tostado	7.50
Amaranto	6.70
Ajonjolí	6.30
Nuez	2.00
Pasas sin semilla	2.30
Verduras típicas de México:	
Nopalito verdura	3.50
Ibes o flor lima verde	2.80
Hoja santa	2.80
Flor de colorín	2.40
Xoconostle	2.30
Hojas de chaya	2.20
Chepil	2.20
Colinabo	2.10
Hojas de nabo	1.90
Chayote con espinas	1.90
Salsifí	1.80
Guaje verde (semillas)	1.80
Diente de león (hojas)	1.80
Yerba mora	1.40
Nabo	1.40
Hojas de rábano	1.30
Quelite o espinaca china (hoja de amaranto)	1.20
Calabaza	1.20
Quelite cenizo	1.10

Tabla 1.14. Continuación.

Alimentos	Fibra dietética
Hoja o verdura de mostaza china	1.10
Cebollines	1.00
Bledo	1.00
Papaloquelite	0.90
Malva	0.90
Chicoria (hojas)	0.90
Verdolaga	0.80
Lengua de vaca	0.80
Flor de garambullo	0.80
Flor de maguey	0.60

Chávez, *et al.*, 2014. Tablas de uso práctico de los ALIMENTOS de mayor consumo “Miriam Muñoz”. México. McGraw-Hill Interamericana Editores SA de CV. 3era. Edición.

*Dato tomado de la ficha técnica de la Harina de nopal “Nopalitoz” usado en Unibarra (Nopalitoz, 2008). Anexo 10.

La tendencia de la industria y del mercado de estos productos (productos derivados de los nopales) *es al crecimiento*, en la medida en que más consumidores de otros países aprecien la comida mexicana y con ella *los nopalitos*. Además, si se dan a conocer los atributos nutritivos y para la salud de los nopalitos (que son un excelente factor de balance del sabor en ensaladas y alimentos muy condimentados), su mercado podría expandirse (Saézn *et al.*, 2006). -Así como, la aplicación o agregado de sus derivados (nopal en polvo), para el desarrollo de nuevos productos, como es el caso de la “barra”.-

1.2.13 Nuez

Fruto en drupa del norte, árbol yuglandáceo de hasta 15 m de alto. El fruto está compuesto de cuatro gajos.

En relación con el nogal, existen diferentes hipótesis sobre su lugar de origen, que pudo ser Persia, Japón o China; otros lo localizan por toda la cadena montañosa de Asia. Los nogales prefieren los climas del Mediterráneo y muchas veces se relacionan con climas parecidos a lo que requiere la vid (Mendoza, 2010). Aunque se cree que el nogal procede del centro de Asia, se ha adaptado muy bien a los países ribereños del Mediterráneo, de ahí que desde hace milenios, forme parte de la dieta mediterránea.

La pacana o nuez mexicana es originaria del norte de México y sureste de Estados Unidos, y propiamente es el hueso del nogal americano. La razón por la que se colocó la pacana dentro de este grupo de alimentos es que también se le considera una nuez, aun cuando no forma parte de los nogales tradicionales según los términos botánicos.

La nuez de nogal, llama la atención la forma curiosa que tiene su carne, por lo que se emplean para decorar muchos alimentos. En ocasiones, hay nueces que no son aptas para su consumo al estar rancias o duras, lo que puede deberse a la permeabilidad de su cáscara externa, o al elevado contenido de ácidos grasos polinsaturados, que son muy sensibles (Vollmer *et al.*, 1999).

Variedades:

- Española: nombre científico *Juglans regia*.
- Americana: la *Black walnut* es más grande y de sabor fuerte. Nativa de Norteamérica.
- *Butternuts*: también conocida como nuez blanca; mide 5 cm de longitud y 2.5 cm de ancho.
- Nuez de Brasil: es un fruto seco con sabor a coco, originario de Brasil.
- Pacana o nuez mexicana: se parece a la nuez común (la que se utilizó en este trabajo).
- Nuez de macadamia o nuez de Queensland: fruto del árbol originario de Australia de la familia de las proteáceas, extendido por todo el pacífico tropical.

1.2.13.1 Características y propiedades nutrimentales

Las nueces son esféricas con piel o cáscara corrugada de un color cercano al caqui. El fruto es parecido a un cerebro, se encuentra recubierto de una película delgada que conforme avanza la maduración cambia de color café claro, casi transparente, hasta café oscuro. La nuez de california tiene la cáscara oscura y sabor fuerte, mientras que la europea son más claras y el sabor más suave. Las pacanas tienen forma ovalada, solo que con la cáscara lisa, dura y de color café oscuro.

En general las nueces se emplean como botana o aperitivo, tostadas o condimentadas, en la elaboración de postres, panadería, galletas, helados, y en pralinés. Forman parte de diversas preparaciones culinarias, así como en aguardientes y licores como la ratafía. De ellas se obtiene un aceite que se emplea para elaborar aderezos (Mendoza y Calvo, 2010).

Es el fruto seco que más kilocalorías aporta debido a su contenido de grasa, constituyen un alimento muy concentrado en nutrientes.

Proteínas.- Contienen hasta un 14.3% de proteínas de buena calidad biológica, superior al de los cacahuates y similar a las almendras, son algo deficitarias en metionina, lo cual se soluciona combinándolas con cereales, como la avena que es rica en dicho aminoácido y a la vez complementan a los cereales en lisina y treonina (Mendoza y Calvo, 2010).

Lípidos.- Constituyen más de las tres quintas partes del peso de la nuez, están formados en su mayoría por ácidos grasos insaturados, con abundantes polinsaturados, además de lecitina. Destacan el ácido linoléico y el linolénico considerados esenciales. El primero (31.8%), reduce el nivel de colesterol e intervine en la formación de tejido nervioso y en la producción de anticuerpos. El segundo (6.8%), pertenece a la serie omega-3, al igual que los que se encuentran en el pescado, reduce el nivel de colesterol y de triglicéridos en la sangre, evita la formación de trombos dentro de los vasos sanguíneos y frena los procesos inflamatorios (Mendoza y Calvo, 2010). Como se confirma en el inciso de “utilidad fisiológica”, mas adelante.

Hidratos de carbono.- Pobre en este nutriente con un 13.5%, se trata de oligosacáridos (dextrinas) y una pequeña cantidad de azúcares (sacarosa y dextrosa), lo que hace que sean bien toleradas por los diabéticos. En cuanto a FD, contienen un 4.8% (Mendoza y Calvo, 2010).

Minerales y Vitaminas.- Rica en fósforo y potasio, baja en sodio, con buena cantidad de hierro, magnesio y calcio. Se consideran fuente de oligoelementos, cinc, en cantidad superior a las carnes y pescados, cobre, superior a la mayor parte del resto de los alimentos, y manganeso. Buena fuente de vitaminas B₁, B₂, B₃, y muy rica en vitamina B₆, pobres en vitamina A y C (Pamplona, 2006).

Utilidad fisiológica.- Los frutos secos, en particular las *nueces*, suponen un aporte interesante de ácido alfa-linolénico, que el organismo transforma en ácidos grasos omega-3 y contiene también fitosteroles, ambos reconocidos por su papel en la reducción del colesterol (Erozki, 2015).

Además de comer un puñado de nueces a diario (4-6 unidades), hay otras formas apetitosas de incorporar y alternar los frutos secos a la dieta: añadirlos a las ensaladas, a platos de arroz, pasta y cuscús, las cremas de untar de frutos secos (cacahuete, avellana, semillas de sésamo), preparar dulces y postres que los lleven (bizcochos, magdalenas, compotas) (Erozki, 2015).

1.2.14 Uvas Pasas

Se denomina pasa, pasita, uva pasa o pasa de uva a la uva seca, deshidratada parcialmente. Suelen comerse en crudo, cocidas o como condimento en otros platos gastronómicos. Son muy dulces por la alta concentración de azúcares y si se almacenan durante bastante tiempo el azúcar se cristaliza dentro de la fruta (Mendoza y Calvo, 2010).

Las pasas son uvas de tamaño medio y de color dorado, con o sin semillas, que se producen al secarlas a la luz al sol. Una excepción es la variedad de la uva cultivada especialmente en Corinto que da un tipo más oscuro y más pequeño que da origen a otras uvas pasas sin semillas, las pasas corintias (Mendoza y Calvo, 2010).

1.2.14.1 Composición y propiedades nutrimentales

En una porción de 1/4 de taza de pasas de California (unos 40 gramos), hay generalmente bastante azúcar (28-32g), que generan unas aproximadamente 110-140 kilocalorías., cantidades muy pequeñas de proteínas (1 gramo), de sodio (aproximadamente 10mg), de calcio, y de hierro. El valor calórico de las frutas desecadas es elevado, desde las 163 Kilocalorías por cada 100g de las uvas frescas a las 264 Kilocalorías de las uvas pasas, por

su abundancia en hidratos de carbono simples. (Mendoza, 2010). Un contenido en grasa que es casi el mismo que en la uva fresca (0.54%) (Pamplona, 2010).

Fibra dietética.- El contenido en fibra es de 6.8% (Pamplona, 2010). *Constituyen una fuente por excelencia de fibra soluble e insoluble, lo que le confiere propiedades saludables para mejorar el tránsito intestinal.* Su contenido en fibra convierte a las frutas desecadas en alimentos interesantes en distintas situaciones o enfermedades. Abunda en su composición la fibra soluble, que tiene capacidad de formar geles viscosos que fijan la grasa y el colesterol, con lo que disminuye la absorción de dichas sustancias; razón por la cual el consumo moderado de frutas desecadas es positivo en caso de hipercolesterolemia, si ésta no va asociada a exceso de peso. Las uvas y los albaricoques desecados, en particular, por su gran cantidad de fibra insoluble, son alimentos muy eficaces para tratar el estreñimiento (Mendoza y Calvo, 2010).

Minerales y vitaminas.- Son muy ricas en hierro (2.59/100g), 100g de pasas cubren la cuarta parte de las necesidades diarias de este mineral, éste es del tipo *no hem*, para que su absorción mejore requiere de la adición de la vitamina C en la dieta (Pamplona, 2010).

Son fuente excelente de potasio, con 310 miligramos (cerca de 9% del valor diario), calcio, hierro y de provitamina A (beta-caroteno) y niacina o B₃. La vitamina C, en mayor cantidad en la fruta fresca se pierde durante el desecado. Al igual la vitamina A prácticamente desaparece después del secado (Pamplona, 2010).

1.2.15 Vainilla

Extracto de la semilla de vainilla, fruto de la orquídea tropical *Aracus* (Vainilla) *aromaticus* y especies afines. Descubierta en México en 1571, no pudo reproducirse en ninguna otra parte, hasta que en 1820 se introdujo la polinización artificial, debido a que la natural, la lleva a cabo un áfido mejicano (Bender, 2006).

Fruto en forma de vaina, originaria de Centro y Sudamérica. Existen diferentes especies como *planifolia*, *tahitensis* y *pompona* que se reproducen fácilmente en climas tropicales,

actualmente Indonesia y Madagascar son los principales productores (Mendoza y Calvo, 2010).

El sabor de la vainilla se desarrolla a través de un proceso fermentativo donde las vainas cosechadas al inicio de su maduración son expuestas a altas temperaturas para favorecer tanto a la acción enzimática que ayudará a desprender aceites volátiles, como reacciones de oscurecimiento enzimático y no enzimático (Maillard) que generarán nuevos compuestos aromáticos y de color. Este proceso se lleva a cabo en varios meses. Al finalizar, la vainilla consigue un aroma único compuesto por más de 200 moléculas diferentes, donde la predominante es la vainillina (Mendoza y Calvo, 2010). Su principal agente aromatizante es la vainillina (químicamente el aldehído metil protocatecúico), pero también hay otras sustancias que contribuyen al aroma (Bender, 2006).

La dificultad para cultivar las orquídeas, aunado al lento y laborioso proceso de elaboración, han hecho de la vainilla una de las especies más caras del mundo. La demanda excesiva de vainilla y el alto costo de la misma han obligado a la comercialización de saborizantes artificiales de vainilla (Mendoza y Calvo, 2010). La etilvainillina, una sustancia sintética, no se encuentra en la semilla de vainilla; su aroma es 3,5 veces mayor que el de ésta y además es más estable al almacenamiento, pero no tiene el verdadero flavor de la vainilla (Bender, 2006).

Culinariamente se usó por la cultura maya para saborizar las bebidas a base de chocolate. Con la llegada de los españoles se le denominó vainilla, como diminutivo de vaina y posteriormente su uso se extendió por todo el mundo. Actualmente su uso es casi exclusivo para platos dulces, como panadería, repostería, cremas, helados, dulces, etc. Se empieza a extender su uso en platos salados como potenciador de sabor (Mendoza y Calvo, 2010). Aromatiza la tapioca, el helado, los yogures y los puddings. Se usa mucho en repostería, confitería y en la elaboración de chocolates (Fortín, 2000).

El producto desecado o líquido no siempre es puro, y el extracto de vainilla líquida es a menudo una imitación (QA International, 1999).

La “esencia de vainilla”, es esencia muy concentrada que se obtiene de la vaina de vainilla y se emplea para perfumar diversos postres, el chocolate caliente y el café. Resulta cara, por

lo que en el mercado existen sustancias artificiales que la sustituyen aunque dejen un regusto desagradable. Por su alto contenido de concentración, la esencia de vainilla debe de añadirse en cantidades muy pequeñas. No hay que confundirla con el extracto de vainilla, menos concentrado (QA International, 1999).

El principio aromático de la vainilla es un glucósido que no se encuentra en la vainilla sintética. El extracto de vainilla se prepara con alcohol, vainilla y azúcar o glicerina. Cada 100mL de alcohol han de tener las sustancias solubles de 10 gramos de vainilla como mínimo. Se emplea en algunos alimentos como el chocolate, la cocoa, los helados y los flanes (Quintín, 1983).

1.2.15.1 Composición y propiedades nutrimentales

El contenido nutrimental de la vainilla se muestra en la Tabla 1.15.

Tabla 1.15. Contenido nutrimental de vainilla en 100g

Unidades	Vainilla en raja*	Extracto natural de vainilla**
Energía (Kcals)	200	100
Hidratos de Carbono (g)	66.7	20
Proteínas (g)	3.3	0
Lípidos (g)	3.3	0
Na (mg)	0	0

*Pérez *et al.* (2008)

**Valor nutrimental reportado en la etiqueta de Extracto natural de Vainilla de México marca Gaya VAIMEX, SA DE CV, ingredientes: extractivo de vainilla, alcohol etílico 35% azúcar y agua.

1.2.16 Envase (de polipropileno biorientado (BOPP) metalizado)

La NOM-186-SSA1/SCFI-2013 (DOF, 2013), define embalaje, al material que envuelve, contiene y protege los productos preenvasados para efectos de su almacenamiento y transporte; y envase, a cualquier recipiente, o envoltura en el cual está contenido el producto preenvasado para su venta al consumidor.

El Polipropileno (PP), es uno de los polímeros más extendido de empaque en alimentación en general. Sus características son bastante similares a las del polietileno (PE) y se adapta muy bien al termosellado. Se fabrica en modo no orientado y orientado (normal o biorientado (BOPP)). La orientación consiste en alinear la estructura molecular de la

película por estiramiento durante la fabricación: si se produce en el sentido longitudinal se denomina orientado, y si lo hace además en sentido transversal es biorientado. La orientación proporciona rigidez y reduce la permeabilidad a los gases (Artés, 2006).

El polipropileno, puede ser extruido o coextruido con un elemento monómero para proporcionar características de sellado por calor. El polipropileno de tipo orientado, aunque tiene mayores rangos de barrera frente al vapor de agua que el polietileno, también proporciona una mayor barrera a los gases -siete a diez veces-, teniendo además una excelente resistencia a las grasas. (Ospina y Cartagena, 2008).

En principio el BOPP es un material poliolefínico de relativa baja densidad (0,90 - 0,93 g/cm³) que presenta alta impermeabilidad al vapor de agua y una mala barrera contra el oxígeno, por ello, para la protección de alimentos que poseen alto contenido graso y son susceptibles de sobrellevar oxidación, se hace necesario revestirlos o laminarlos con otros materiales que sí tienen la propiedad de barrera contra dicho gas y protege los productos de la degradación por la luz ultravioleta y como barrera al oxígeno. El BOPP metalizado presenta una mayor barrera considerando que las tasas de permeabilidad de este metal es muy baja y prácticamente cero. Es importante cuidar que durante el sellado no quede oxígeno entrampado en el interior porque se pueden producir niveles de oxidación. (Barriga *et al*, 2008).

Propiedades ópticas, tales como opacidad y transparencia, son factores influyentes en la conservación de la calidad de los productos, ya que algunos rayos luminosos estimulan los cambios oxidativos y auto-oxidativos de las grasas, modificaciones de las proteínas y la desintegración de la vitamina C. (Ospina y Cartagena, 2008).

La permeabilidad a los gases y vapor de agua es función de la naturaleza del polímero, del gas y de la interacción gas-polímero, y de factores externos como temperatura, presión, entre otros. La inercia química consiste en que los envases no deben ceder al alimento parte de sus componentes, en cantidades que puedan afectarlo organolépticamente durante su almacenamiento; tampoco debe permitir que el alimento pueda perder algún componente minoritario, como pueden ser aromas. (Ospina y Cartagena, 2008).

Las diferencias en los tratamientos con diferentes envases están directamente relacionadas con la barrera que presentan ante el oxígeno, el vapor de agua y otros agentes gaseosos. (Barriga *et al.*, 2008).

1.3 Importancia dietética del producto de “alto contenido en fibra” (alimentos funcionales, utilidad fisiológica)

1.3.1 Alimentos funcionales y evolución

Respecto al desarrollo de alimentos, en las últimas etapas (desde 1990) se pretende no solo satisfacer el gusto y al apetito, sino además contribuir a la salud, el bienestar y a la disminución del riesgo de padecer enfermedades relacionadas con el consumo frecuente de ciertas sustancias contenidas en los alimentos o por la falta de otras, ya que la investigación ha ido demostrado sus efectos benéficos en la disminución de dichos riesgos de padecimientos (De Alba *et al.*, 2013).

Se busca reducir el riesgo de enfermedades a través de la promoción del consumo de algunos alimentos específicos o la adición o enriquecimiento con productos tales como: *fibra alimentaria*, oligosacáridos, alcoholes, aminoácidos, ácidos grasos polinsaturados, ácido fólico, antioxidantes naturales, elementos minerales y bacterias; con lo que se originan los llamados alimentos funcionales (Quintero, 2002).

A partir de la década de los 80 del siglo XX comienzan a valorarse los micronutrientes y en algunos países desarrollados se empiezan a ver con preocupación el aumento de las enfermedades crónico degenerativas; por citar el ejemplo más representativo de ese momento, en el que Japón fue pionero en tomar acciones para revertir esa tendencia, al promover entre otras muchas acciones el consumo de ciertos alimentos como un medio de mejorar la salud de su población y reducir el costo sanitario. El concepto de *prevención* en la nutrición es el que dió lugar al nacimiento de los *alimentos funcionales* en dicha década

en Japón, los cuales fueron autorizados en 1990 después del informe del Comité de Estudio de los Alimentos Funcionales. En los años 90 del siglo XX aparece el concepto de calidad nutricia de las dietas, pero es hasta los inicios del 2000 cuando surge la relación alimentación y estilo de vida, dando paso a las tendencia actual en nutrición de acentuar la importancia de los hábitos de vida diarios, por lo que la elección racional de los alimentos se basa no sólo en la composición de los mismos, sino también en sus propiedades (De Alba *et al.*, 2013).

En muchos países incluido México, desde esas fechas los profesionales de la salud y nutrición comenzaron las recomendaciones de disminuir el consumo en exceso de ciertos nutrimentos por su relación con la incidencia de algunas enfermedades. En el 2004 la Organización Mundial de la Salud (OMS), presentó la *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud*, que fue adoptada por la 57ª Asamblea Mundial de la Salud. La estrategia aborda dos de los principales factores de riesgo de las enfermedades no transmisibles: el régimen alimentario y las actividades físicas. En el apartado 61 de ese documento se hace una invitación a las industrias de alimentos, a participar con gobiernos y organizaciones no gubernamentales en la aplicación de medidas destinadas a promover la alimentación sana y la actividad física.

Los alimentos funcionales son aquellos que contienen cantidades significativas de compuestos biológicamente activos que confieren beneficios a la salud más allá de satisfacer las necesidades básicas de energía y nutrimentos. Actualmente este tipo de alimentos ha cobrado gran auge y a cada uno de ellos se les atribuyen múltiples propiedades (De la Torre, 2006).

Desde la posición japonesa, su legislación reconoce doce clases diferentes de ingredientes como favorecedores de salud, que pueden entrar en la composición de alimentos saludables entre los cuales se menciona a la **fibra dietética**. Como se ve en la siguiente Tabla 1.16 en la que se señalan algunos ejemplos de alimentos funcionales que contienen algunas de estas sustancias, sus características y la evidencia científica sobre su papel en la salud (Mataix, 2005).

Tabla 1.16. Ejemplos de alimentos funcionales

Clase/componente	Origen	Beneficio potencial
Carotenoides:		
Beta caroteno	Zanahorias, frutas	Neutraliza los radicales libres que podrían dañar las células
Luteína	Vegetales verdes (espinaca, acelga, col), maíz, huevos y cítricos,	Puede contribuir al mantenimiento de una visión saludable
Licopeno	Tomate y productos derivados	Para reducir el riesgo de cáncer de próstata
Fibras dietéticas:		
Fibra insoluble	Cáscara de trigo	Podría reducir el riesgo de cáncer de colon
Betaglucano	Avena	Reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular
Ácidos Grasos		
Omega 3, ácido graso DHA	Aceites de peces	Podría reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular y mejorar funciones mentales y visuales
Ac. Linoléico	Queso, productos cárnicos	Podría mejorar la composición corporal, podría reducir el riesgo de ciertos tipos de cánceres
Flavonoides:		
Catequinas	Té	Neutraliza radicales libres, podría reducir riesgo de cáncer.
Flavonas	Cítricos	Neutraliza radicales libres, podría reducir riesgo de cáncer
Fitoestrógenos		
Isoflavonas	Alimentos con soya	Podrían reducir los síntomas de la menopausia
Esteroles vegetales:		
Ester estanol	Maíz, soja, trigo	Reduce los niveles de colesterol sanguíneo, por lo tanto reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares.
Prebióticos y probióticos:		
Inulina, fructooligosacárido, polidextrosa,	Ajo, miel, achicoria, cebolla, puerro	Puede mejorar la salud gastrointestinal, pueden mejorar la absorción de calcio
Lactobacilos, bifidobacterias	Yogur, productos lácteos	Podría mejorar la salud gastrointestinal y la inmunidad sistémica.

Mataix (2005)

Por otra parte, desde 1993, la FDA (*Food and Drug Administration*, Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos) ha aprobado la posible inclusión en el etiquetado de frases como: “Reduce el riesgo de enfermedad” o la declaración de “alimento saludable” en determinados alimentos, tales como los ricos en calcio, que disminuyen el riesgo de osteoporosis, o los bajos en grasas saturadas y colesterol, por sus relación con la

prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Actualmente la FDA, así como otras autoridades científicas federales, tales como el Instituto Nacional de Salud y el Centro para el Control de Enfermedades, tienen la capacidad de emitir la autorización para este tipo de declaraciones en alimentos, siempre y cuando existan suficientes evidencias científicas y haya unanimidad de opinión entre los expertos altamente cualificados (Mataix, 2005).

Un ejemplo de legislación de alimentos funcionales, es la correspondiente a Suiza, realizada en 1993 y revisada en 1996, que autoriza dar información sobre ocho relaciones dieta-salud:

- Energía y obesidad.
- Calidad de la grasa y colesterol sanguíneo.
- Sodio y presión sanguínea.
- Ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y aterosclerosis.
- Fibra dietética y estreñimiento.
- Calcio y osteoporosis.
- Hidratos de carbono de fácil fermentación y caries dental.
- Hierro y anemia ferropénica.

Por tanto, un alimento funcional, dependiendo del país considerado, puede ser uno de los incluidos a continuación:

- Alimento natural.
- *Alimento procesado, al que se le han adicionado o eliminado ciertos componentes, mediante métodos tecnológicos o biotecnológicos.*
- Alimento en que la composición de uno o más de sus componentes (nutrientes o no nutrientes) se ha modificado, mediante técnicas de ingeniería genética, con el fin de aumentar sus características funcionales.
- Alimento en los que tecnológica o biotecnológicamente se le ha modificado la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes.
- Cualquier combinación de estas propiedades (Mataix, 2005).

Entre algunas de las consideraciones generales que debe cumplir un alimento funcional son:

- a. Debe producir efectos fisiológicos beneficiosos sobre el estado de salud físico o mental, y/o reducción del riesgo de enfermedad.
- b. *Las citadas propiedades sobre la salud deben estar demostradas mediante una sólida y verdadera base científica.*
- c. El compuesto citado tendrá que haber sido evaluado en colectivos humanos en relación con su absorción, distribución, metabolismo, excreción y mecanismos de acción.
- d. *Debe mantener las características propias de un alimento, es decir, no puede presentarse en forma de píldoras, cápsulas, comprimidos, polvos, etc., permitiendo integrarse en la dieta normal (Mataix, 2005).*

Una definición de 2007 es la del European Advisory Services (EAS) dice que, alimento funcional es “un alimento que proporciona un beneficio para la salud, más allá de los estrictamente nutricional y del que se pueden hacer declaraciones acerca de tales efectos” (De Alba *et al.*, 2013).

Con base a ésta revisión, De Alba *et al.*, (2013), propone una definición que considera los aspectos más importantes de cada una de las definiciones importantes que deben considerarse y es la siguiente:

Alimento funcional es aquel que proporciona un beneficio a la salud más allá de la nutrición básica; para lograr tal beneficio, este alimento deberá consumirse con regularidad dentro de una dieta adecuada y en los niveles que generalmente se consumen. Para evitar información que induzca al engaño los beneficios del producto con previa demostración científica ante el sector salud podrán ser ostentados en la etiqueta, prevaleciendo en todo momento la ética profesional del fabricante en su declaración de propiedades.

El estado de salud que guarda una población es un factor determinante para el tipo de alimentos funcionales que se ofrezcan en su mercado, hasta el grado de lograr reflejarse en

las diferentes culturas; por ejemplo, la tendencia japonesa actual es mejorar la salud del tracto gastrointestinal, por lo que la mayoría de sus alimentos funcionales contienen oligosacáridos y bacterias lácticas activas; mientras, la tendencia en Estados Unidos es tratar de reducir la incidencia de cáncer y enfermedades cardiovasculares, por lo que en la mayoría de sus alimentos funcionales están presentes *la fibra* y algunos ingredientes funcionales con características cardioprotectoras; en la Comunidad Europea la tendencia es mejorar la salud integral (De Alba *et al.*, 2013).

Cada país se ha interesado en regular la legislación y disponibilidad de los alimentos funcionales a fin de evitar engaños y fraudes a la población consumidora, de manera que tengan suficiente evidencia científica. En 1990 la FDA emitió la Ley de Etiquetado y Educación Nutricional (NLEA, Nutrition Labeling and Education Act) a través de la cual se establecieron los lineamientos para la información presentada en la etiqueta de los alimentos procesados. Si bien la normatividad de Estados Unidos no reconoció a los alimentos funcionales como tales, por medio de esa ley se propuso el uso de *declaraciones de salud* en ciertas condiciones. La importancia de esta ley radica en que aquellas instituciones o compañías de alimentos (no de suplementos alimenticios) que pretendan declarar en la etiqueta un beneficio a la salud, específicamente la reducción de riesgos de enfermedades, deben presentar la investigación o justificación documentada y validada, y de esta manera obtener lo que se conoce como *health claim* (De Alba *et al.*, 2013).

Un ejemplo de lo anterior aplicado a la *fibra dietética* (-de importancia para este trabajo-), en cuanto a declaraciones de Alimento funcional en la Comunidad Europea, es el Reglamento 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre declaraciones nutricionales y propiedades saludables en los alimentos que entró en vigor el 1 de Julio de 2007 (Diario Oficial de la Unión Europea, 2007), donde se establece que podrá declararse un alimento como “fuente de fibra” solo cuando *aporte un mínimo de 3 gramos de fibra por cada 100 gramos* (o, en otra unidad de medida, 1.5 gramos por cada 100 kilocalorías).

Y podrá decirse que el alimento posee “Alto contenido de fibra” *cuando aporte un mínimo de 6 gramos de fibra por cada 100 gramos, o de 3 gramos por cada 100 kilocalorías*. Y a partir de esa fecha, los alimentos no podrán atribuir propiedades de salud a un alimento

enriquecido con fibra a menos que sus beneficios estén demostrados mediante estudios científicos y sean aceptados por las autoridades pertinentes.

De igual manera, a través de la normatividad mexicana, se establecen los puntos para poder hacer declaraciones respecto a los alimentos y sus propiedades nutrimentales o de beneficio para la salud de los consumidores, incluyendo entre ellos los que hacen referencia a la *fibra dietética*, de importancia para este trabajo, como se expone en el punto 1.4.2.7 Reglamentación en México que hace mención de la de *fibra dietética*.

1.3.2 Fibra Dietética (FD)

Un ejemplo típico de alimento funcional es la fibra dietética (FD) la que ha sido profusamente investigada tanto en el campo de la nutrición como en el de la ciencia y tecnología de alimentos (Hesser, 1994; Zambrano *et al.*, 2001). Existen estudios epidemiológicos que relacionan la deficiencia de fibra dietética con enfermedades que se presentan principalmente en países occidentales como la constipación, diverticulosis, pólipos, cáncer del colon, y trastornos metabólicos como obesidad y enfermedades coronarias (López *et al.*, 1997; Proop, 1998).

Demuestran gran interés en nuevas fuentes de fibra dietética en concentraciones comparables a las que se hallan en concentrados de subproductos de cereales y leguminosas (salvado de trigo, arroz, *avena*, lupino, etc.), las investigaciones de: Barber *et al.*, 1983; González *et al.*, 1987, Bressanim *et al.*, 1989; Pak *et al.*, 1990; Larrauri *et al.*, 1994; Periago *et al.*, 1994).

En cuanto al desarrollo de ingredientes en los nuevos productos, la mayor demanda de nuevos tipos de alimentos conlleva el aumento de la aparición y consumo de nuevos aditivos e ingredientes alimentarios, dirigidos a aportar nuevas utilidades tecnológicas y efectos saludables. Entre los ingredientes que tendrán mayor desarrollo a corto plazo y jugarán un papel importante en el mundo de la formulación de alimentos, se encuentran: los carbohidratos, el sodio y *las fibras*. Referente a *las fibras*: continúan siendo un ingrediente de interés en el desarrollo de nuevos productos, obteniéndose cada vez de más fuentes, y utilizándose no sólo desde el punto de vista tradicional de mejora del tránsito intestinal sino

para reducir los contenidos de grasa en los productos sin cambiar su sabor o textura (Cóccaro, 2010).

Fue durante la década de 1960 cuando se empezó a cuestionar la tendencia a ingerir cantidades crecientes de alimentos refinados. Los doctores T.L. Cleave Denis Burkitt y Hugh Trowell pusieron en tela de juicio los conocimientos convencionales de la época de promover “alimentos integrales”, es decir alimentos que contienen todas las paredes celulares de las plantas de las que provienen. Lo que había sido denigrado como “desechos indigeribles” es ahora aclamado como Fibra dietética”. Se reconoce ahora que el alimento es algo más que los nutrientes que contiene y que la fibra dietética es parte necesaria de una dieta sana (Fox y Cameron, 2006).

En los últimos años se han observado cambios en la elección de los alimentos que consumimos, aumentando de manera gradual la preferencia por productos con alto contenido de azúcares simples, sodio y grasas saturadas, que en la mayoría de los casos conlleva a un bajo consumo de alimentos ricos en fibra. Desafortunadamente es poco difundido que una alimentación a base de productos que contengan fibra provee grandes beneficios a la salud, y que su carencia en la alimentación se relaciona con el riesgo de desarrollar varias enfermedades. Si bien la palabra fibra es conocida por gran parte de la población, únicamente la relacionan para evitar o tratar el estreñimiento, por ello, los profesionales vinculados con la salud y la alimentación deben promover la importancia de un consumo adecuado de fibra. Asimismo, la carencia de fibra en la niñez y en la adolescencia constituye un grave error dietético, ya que va a influir decisivamente en la aparición precoz de enfermedades como la obesidad, diabetes, hipercolesterolemia y otras del sistema digestivo, como estreñimiento crónico, diverticulosis y cáncer de colon; de hecho, muchas de esas enfermedades comienzan en edad pediátrica, aunque clínicamente se expresan en la mayoría de los casos a partir de la cuarta década de vida (Alba *et al.*, 2013).

Es preocupante que los niños y los adolescentes estén perdiendo el hábito de consumir alimentos de origen vegetal ricos en fibra, como cereales de grano entero, frutas y verduras. Lo anterior se debe, en parte, a que los padres han llevado ese patrón alimenticio durante toda su vida y lo transmiten a los hijos, o bien, a uno o varios de los siguientes factores:

- Disminución de tiempos para preparar comida en casa
- Fácil acceso a la comida con bajo aporte nutrimental
- Información confusa para el consumidor, lo cual dificulta su elección de compra
- Crecimiento en la disponibilidad comercial y en la mercadotecnia de los alimentos
- Estrés y desorden en horarios y tiempo para comer.

Una ingesta rica en fibra desde los primeros años de existencia, generalmente va acompañada de un estilo de vida que a largo plazo ayuda a controlar otros factores de riesgo (Alba *et al.*, 2013).

Su consumo habitual se realiza en base a la oferta de numerosos y variados alimentos como barras de granola, galletas, sopas, bebidas, extruidos, productos de pastelería, lácteos, comprimidos, saciadores de hambre, snacks, etc., en los cuales se ha incrementado la cantidad de fibra para prevenir enfermedades crónicas (López *et al.*, 1997; Proop, 1998).

1.3.2.1 Retrospectiva en el conocimiento de la fibra

A principios del siglo XX la tecnología permitió refinar el sabor de los alimentos, eliminando los componentes vegetales fibrosos que, además de ser percibidos como desagradables, se consideraba que no aportaban beneficios al organismo. La tendencia entre las personas que tenían mayor capacidad económica se dirigía a consumir los llamados alimentos refinados, como harina blanca y arroz pulido (De Alba *et al.*, 2013).

A finales de los años veinte, McCance y Laurence introdujeron en la clasificación de los hidratos de carbono el concepto de hidrato de carbono no disponible, para aquellos hidratos de carbono que no eran metabolizados ni utilizables, como la hemicelulosa. Posteriormente, en los cuarenta, Walter y colaboradores, comenzaron a observar la relación entre el consumo de fibra y la baja tasa de enfermedades en Sudáfrica. Cabe señalar que el término *fibra dietética* fue utilizado por primera vez por Hipsley en 1953 para definir los componentes no digeribles de las paredes celulares de los vegetales refiriéndose especialmente a la lignina, la celulosa y la hemicelulosa.

Para 1960 se dio a conocer que pacientes de hospitales africanos, cuya alimentación se basaba en gran medida en cereales enteros, tenían muy poca incidencia de enfermedades

como diabetes, y por el contrario, “una dieta prolongada de almidón sin fibra la promovía” (De Alba *et al.*, 2013).

Puede decirse que hasta finales de los sesenta, la fibra fue un componente de la dieta sin ninguna importancia. La teoría de la fibra tal como la conocemos en la actualidad fue desarrollada en los sesenta, por las investigaciones de Denis Burkitt y Hugh Trowell de Uganda, quienes basados en su experiencia médica quirúrgica de más de 30 años y con estudios realizados en diferentes países, llegaron a la conclusión de que *un bajo consumo de fibra era la causa de muchas de las enfermedades occidentales*; a esta teoría se le conoce como “hipótesis de la fibra dietética”, la cual estimuló la investigación fisiológica, clínica y epidemiológica al respecto (De Alba *et al.*, 2013).

Las observaciones de Burkitt en las poblaciones estudiadas, relacionó los hábitos alimenticios con los cambios en el patrón intestinal y en la prevalencia de enfermedades no infecciosas. Los resultados de tales investigaciones aportaron valiosos avances en este rubro, por ejemplo, se estableció la relación entre ingesta de fibra dietética y su implicación en la función y patología intestinal, debido a que las diferencias en el patrón de enfermedades descritas se debían a la proporción de fibra de la dieta. De igual forma, comenzaron a publicarse trabajos de investigación con propuestas de definiciones, clasificaciones y componentes de la fibra dietética (De Alba *et al.*, 2013).

Para mediados de los ochenta, era aceptada la relación entre la carencia de fibra en la dieta y el aumento del riesgo de enfermedades crónico degenerativas; sin embargo, en 1984 una compañía de cereales y el National Cancer Institute (NCI) en Estados Unidos lanzaron una campaña sin precedentes para un cereal alto en fibra, siendo el primer alimento industrializado que mostraba en su etiqueta la relación entre el consumo de fibra y la disminución de riesgo de cáncer. Ese acontecimiento influyó para que en 1990, la FDA emitiera el concepto “health claim” o atributo a la salud, que comunica a los consumidores a través de reivindicaciones de salud, y tres de ellos relacionan el consumo de fibra con cáncer y enfermedades coronarias. Como se mencionó en el punto **1.4.1**.

Así, la evolución del concepto de fibra gradualmente comenzó a considerar los efectos fisiológicos de su consumo, y posteriormente, el grado de fermentabilidad de la fibra en el colon fue una aportación muy importante en el conocimiento de la fibra. Como lo señala Cummings, la fibra dietética es una sustancia aparentemente inerte que no es desdoblada por las enzimas digestivas, sin embargo, podría ser fermentada por algunas bacterias presentes en el tracto gastrointestinal y dependiendo de la especie y de la variedad vegetal de procedencia, las propiedades serán muy diversas.

En 1995, Gibson y Roberfroid introdujeron el término *prebiótico* para nombrar cierto tipo de fibra, no digerible, presente en los alimentos, que es fermentada selectivamente por algunas bacterias del colon (*bifidobacterias* y *Lactobacillus*) y que aporta beneficios a la salud de la persona que la consume regularmente (De Alba *et al.*, 2013).

En 1998, en el documento “Carbohydrates in human nutrition” (“Los carbohidratos en la nutrición humana”), emitido por la FAO y la OMS, además de dar la definición de “fibra prebiótica”, hace referencia al papel de la fibra y su importancia en la prevención de enfermedades derivadas del estilo de vida.

En el 2002, el Instituto de Medicina de la Academia Nacional (IOM, por sus siglas en inglés) incluyó nuevos términos, como “fibra total”, que es la suma de la fibra dietética y la fibra funcional. Considerando que el término fibra funcional, surgió tras la necesidad de diferenciar el consumo de fibra presente de manera natural en los alimentos con la ingesta de fibra obtenida industrialmente que se añade a los alimentos (De Alba *et al.*, 2013).

1.3.2.2 Definiciones de fibra

Actualmente resulta difícil unificar criterios en la definición de fibra; en lo que va de este siglo se han realizado varias reuniones de trabajo con expertos internacionales auspiciadas por FAO/OMS, en las cuales se debaten aspectos referentes a la fibra (entre otros temas), así como su definición, los componentes y la clasificación. Sin embargo, no se tiene en este momento un consenso internacional al respecto, lo que en parte se debe a que algunas definiciones tienen como base el impacto fisiológico, mientras que otras, por cuestiones de declaración de ingredientes en etiquetado, se basan únicamente en los métodos de análisis

de la fibra dietética, mismos que son aceptados por la Asociación Oficial Internacional de Químicos Analíticos (AOAC, Association of Official Analytical Chemists). Por lo que en base a la revisión de De Alba, *et al.*, (2013), respecto a las diferentes definiciones de fibra con las que se cuenta hasta el momento, se elaboró la siguiente Tabla 1.17.

Tabla 1.17. Definiciones de fibra

Institución o fuente	Definición de Fibra
Programa conjunto FAO/OMS en 2004	Sugiere que los términos usados hasta el momento como “fibra soluble” y “fibra insoluble” deberán desaparecer progresivamente, porque no representan una clasificación útil, ya sea analítica o fisiológica. Los beneficios de la fibra no deben restringirse al colon. Se menciona además el uso de la fibra en los llamados “alimentos funcionales”, reconociendo el concepto “fibra prebiótica” como cierto tipo de fibra con base en oligosacáridos no digeribles, los cuales estimulan el crecimiento de las bifidobacterias en el colon y así protegen al organismo contra la colonización de especies patógenas.
NOM-043-SSA2-2005, “Servicios básicos de salud; promoción y educación para salud en materia alimentaria, criterios para brindar orientación”.	La fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos, que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado humano y que sufren una fermentación total o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y otras sustancias asociadas a la planta y se les divide en solubles e insolubles. Epidemiológicamente, su consumo insuficiente se ha asociado con la aparición de enfermedades crónicas y se encuentra en leguminosas, cereales integrales, frutas y verduras.
Asociación Estadounidense de Química del Cereal (American Association of Cereal Chemist)	“La parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos, que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado, con fermentación parcial o completa en el intestino grueso”. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos benéficos fisiológicos, como laxantes y/o atenuación de los niveles de colesterol en sangre y/o glucosa en sangre.
Dietary Reference Intakes (Ingesta dietética de referencia) (EEUU)	Define el concepto de fibra funcional, como carbohidratos no digeribles aislados o extraídos por medios químicos, enzimáticos o hidrólisis, por tanto, se incluyen en esta definición fibras sintéticas o naturales. Se incluyen polisacáridos u oligosacáridos generalmente extraídos de su fuente original, y que han sido modificados (por ejemplo, a una mayor o menor longitud de cadena, o bien a una disposición molecular diferente), por ende, el almidón resistente a la digestión, la inulina y varios oligosacáridos pertenecen al rubro de fibra funcional. Este documento propone el concepto de fibra total como la suma de fibra dietética más fibra funcional.

Tabla 1.17. Continuación.

Institución o fuente	Definición de Fibra
<p>“Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber” (“Posición de la Asociación Dietética Americana: Implicaciones para la salud de la fibra dietética”, 2008).</p>	<p>Conjunto de polisacáridos intrínsecos de la pared celular vegetal, carbohidratos no digeribles y lignina. Además del concepto de fibra dietética, añade el concepto de “fibra funcional” (que incluye otros hidratos de carbono absorbibles y que aportan un beneficio a la salud), por ende, el concepto de fibra total sería la suma de fibra dietética más fibra funcional, también le confiere un papel primordial a la capacidad de fermentación de la fibra en el intestino grueso.</p>
<p>En la revisión del programa conjunto FAO/OMS, realizada en Roma en 2009.</p>	<p>Se entenderá por fibra dietética a los polímeros de hidratos de carbono con 10 o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado humano y que pertenecen a las categorías siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Polímeros de hidratos de carbono comestibles que se encuentran naturalmente en los alimentos en la forma en que se consumen. ● Polímeros de hidratos de carbono obtenidos de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos, y que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico con beneficios para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas y aportadas a las autoridades competentes. ● Polímeros de hidratos de carbono sintéticos que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico con beneficios para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas y aportadas a las autoridades competentes. <p>Los polímeros de hidratos de carbono que abarcan la definición anterior son: celulosa, hemicelulosa, pectinas, betaglucanos, polisacáridos de algas, gomas, mucílagos, almidón resistente a la digestión, inulina, fructooligosacáridos (FOS), galactooligosacáridos (GOS) y lignina. Todos los resistentes a la digestión ya que el organismo humano no posee la enzima celulasa (capaz de degradar la celulosa)</p> <p>Se menciona que se ha incorporado a la definición de fibra la siguiente aseveración: “estimula la fermentación en el colon” para tomar en cuenta los efectos derivados de la fermentación de la fibra y la producción de ácidos grasos de cadena corta, mencionando que los efectos fisiológicos de la fibra no pueden restringirse al colon, ya que los estudios epidemiológicos e intervencionales demuestran que las propiedades protectoras de la fibra se observan ante todo en relación con enfermedades cardiovasculares.</p> <p>En esta última definición subyace el concepto de prebiótico, de Gibson y Roberfroid. Según la Organización Mundial de Gastroenterología, los prebióticos son fibras que afectan las bacterias intestinales, aumentando el número de bacterias anaerobias benéficas (<i>Lactobacillus</i> y <i>bifidobacterias</i>) y disminuyendo la población de microorganismos potencialmente patógenos.</p>

Tabla 1.17. Continuación.

Institución o fuente	Definición de Fibra
<p>Norma Oficial Mexicana-051-SCFI/SSA-2010, “Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados, información comercial y sanitaria”.</p>	<p>La fibra dietética son: “los polímeros de hidratos de carbono con tres o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado humano y que pertenecen a las categorías siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran naturalmente en los alimentos en la forma en que se consumen. ● Polímeros de carbohidratos obtenidos de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos, y que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas y aportadas a las autoridades competentes. ● Polímeros de carbohidratos sintéticos que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas aportadas a las autoridades competentes (este apartado, es lo que para algunas instancias internacionales llaman fibra funcional).
<p>Comisión del Codex Alimentarius, en el documento “Propuestas para una definición y métodos de análisis del contenido fibra dietética”, en 2004.</p>	<p>Consideró a la fibra dietética como cualquier material comestible de origen vegetal o animal que no es digerida y absorbida en el intestino. Es por ello que varios autores están considerando el concepto de fibra animal (por ejemplo, quitina y quitosan, que son parte del esqueleto de los crustáceos, el colágeno, la condroitina, etc.). Sin embargo, cabe señalar que para la revisión del Codex Alimentarius, en 2009, ya no se mencionó la connotación de fibra animal.</p>

De Alba, *et al.* (2013)

1.3.2.3.2 Propuesta de definición

De Alba, *et al.*, (2013), propone después de esta revisión de conceptos de fibra, retomando los aspectos más importantes de todos ellos, la siguiente definición:

“La fibra dietética es un conjunto de diversos hidratos de carbono y lignina, resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas, pero que puede ser fermentada por la microflora colónica y eliminada en mayor o menor grado a través de las heces. La fibra funcional (o añadida) incluye otros hidratos de carbonos no digeribles como el almidón resistente, la inulina, diversos oligosacáridos que por su efecto fisiológico aporta beneficios al organismo humano, por ende, la fibra total sería la suma de la fibra dietética

y la fibra funcional. En general se acepta que la fibra soluble es viscosa y fermentable. En cambio, la fibra insoluble no es viscosa y escasamente fermentable”.

Señala De Alba *et al.* (2013), que en esta propuesta no se incluye la terminología de fibra terapéutica, que es aquella que está diseñada para ser eficaz en una serie de indicaciones médicas. Esto es, la ingesta de fibra en forma de preparados farmacéuticos.

Moreno (2000), Menciona que, la fibra dietética es un componente habitual de los alimentos de origen vegetal, que ha tomado un gran interés en el mundo de la nutrición desde la promulgación de la hipótesis de Burkitt, en 1973, de la estrecha relación entre la carencia de fibra en la dieta y la incidencia de determinadas enfermedades y trastornos fisiológicos, sobre todo en países industrializados (como habían mencionado, Fox y Cameron, 2006; De Alba, *et al.*, 2013).

Por fibra de la dieta se entiende una mezcla heterogénea de sustancias de propiedades físicas y químicas muy diferentes, que varían según el tipo del alimento. Refiriéndose al total de los polisacáridos de la planta, junto con la lignina, que son resistentes a la hidrólisis por enzimas digestivas del tracto gastrointestinal, aunque por extensión se engloba bajo esta definición la lignina y todo componente polisacárido con enlaces β 1-4 no atacables por enzimas digestivas humanas. Y en cuanto su digestibilidad, los microorganismos del colon pueden digerirla entre un 10 y 80%, pudiéndose absorber parte de los compuestos generados (Moreno, 2000).

1.3.2.3 Componentes

Son numerosos los componentes de la fibra dietética, destacando: lignina, celulosa, hemicelulosa, alginatos, carragenatos, pectinas, xantanos, gomas, xiloglucanos, gomas de exudación, dextranos, inulina y 1,3 β -D-glucanos. Se incluyen tanto los que están presentes en los alimentos como los que están adicionados como aditivos (Moreno, 2000).

Celulosa.- Es un polisacárido estructural componente de las paredes celulares vegetales y constituye la molécula más abundante de la naturaleza. Es un polímero lineal no ramificado de D (+) glucosa que posee enlaces β (1-4) glucosídicos. Por su hidrólisis completa con

ácidos concentrados se obtiene D-glucosa, pero la hidrólisis parcial genera el disacárido celobiosa, formado por un enlace entre las unidades de glucosa tipo $\beta(1-4)$.

El tracto digestivo de los mamíferos no posee enzimas capaces de degradar la celulosa, ya que no es hidrolizada ni por la α -amilasa ni por la β -amilasa. Presenta una elevada afinidad por el agua, aunque es insoluble en ella. Se encuentran fundamentalmente en hortalizas, frutas y cereales.

Hemicelulosa.- No está relacionada estructuralmente con la celulosa. Está formada por polímeros de pentosas, sobre todo D-xilanos, los cuales son derivados de la D-xilosa con enlace $\beta(1-4)$, y poseen cadenas laterales de arabinosa y otros azúcares (ácido glucurónico y galactosa), lo que le confiere distintas propiedades químicas.

Pectinas.- Es un polímero de unidades de metil D-galacturonato unidas por enlaces glicosídicos $\beta(1-4)$.

La cadena principal posee segmentos de L-ramnosa, y en menor cantidad se encuentran también presentes D-galactanos y L-arabinanos, unidos al galacturonato. Los grupos carboxílicos de restos galacturónicos están esterificados de diferentes proporciones con metanol y los grupos OH pueden estar acetilados en pequeña cantidad.

Una propiedad física de las pectinas es la de formar geles termorreversibles a pH 3, que en presencia de calcio y otros cationes divalentes los hace insolubles en agua, siendo su capacidad de formar geles directamente proporcional a su peso molecular e inverso al grado de esterificación.

El contenido de pectinas es mayor en frutas y menor en hortalizas y cereales.

Lignina.- Es una sustancia cementante intracelular propia de los vegetales de estructura y naturaleza amorfa y compleja. Contiene componente fenólicos, polisacáridos, ácidos urónicos y proteínas. Representa la parte hidrofóbica de la fibra dietética. El contenido medio de lignina en cereales, hortalizas crudas y frutas es de 7.3 y 17% respectivamente, siendo especialmente alto en semillas de frutas y vegetales maduros.

Carragenatos.- Son galactanos extraídos de algas rojas, cuyos monómeros son D-galactosa y 3,6-anhidro-D-galactosa. Tienen capacidad de formar geles cuando están asociados a determinados iones, y son solubles en agua.

Alginatos.- Son polisacáridos constituyentes de la pared celular de las algas pardas, cuyos monómeros son el ácido D-manurónico y L-gulurónico unidos por enlaces $\beta(1-4)$. Son solubles en agua en forma de sal con metales alcalinos, magnesio, amonio y aminas; la presencia de cationes polivalentes incrementa la viscosidad de las disoluciones de alginatos.

Gomas.- Son moléculas de alto peso molecular, constituidas por polímeros hidrofílicos de unidades monosacáridas y derivados, unidos por enlaces glucosídicos formando grandes cadenas, pudiendo estar constituidos por un solo tipo de monosacárido o por distintos tipos. Las gomas naturales se encuentran asociadas a las paredes celulares de las plantas y microorganismos y a los exudados de las plantas. En los alimentos pueden aparecer como constituyentes naturales o como aditivos, ya que son utilizados en la industria alimentaria como gelificantes y estabilizantes (Moreno, 2000).

Estos polisacáridos no representan un aporte de nutrientes para el organismo humano, pero si desempeñan una función dietética al servir de soporte semisólido al bolo alimenticio, a la vez que presionando sobre las paredes intestinales favorecen el peristaltismo y, por consiguiente facilitan la defecación (Bello, 2000).

1.3.2.4 Tipos de fibra

Existen numerosas clasificaciones de la fibra dietética, según su relación con las estructuras de la pared celular, según su naturaleza química, etc. La clasificación más interesante desde el punto de vista nutritivo se realiza en función de su solubilidad en agua. Los efectos fisiológicos varían notablemente según su capacidad de disolverse en agua. (Moreno, 2000).

No todos los tipos de fibras son iguales ni sirven para lo mismo. Por sus características, la fibra se puede dividir en dos grupos básicos que tendrán a su vez distintos orígenes y propiedades (Tabla 1.18) (Kuklinski, 2003).

La fibra, está formada por compuestos muy diferentes entre sí y sus capacidades por hinchamiento en el agua permite su división en insolubles (celulosas y algunas hemicelulosas) y solubles (pectinas, betaglucanos, gomas, mucílagos, alginatos, carragenatos, xantanos, etc.) (Bello, 2000).

Tabla 1.18. Clasificación de la fibra dietética y sus funciones asociadas.

FIBRA DIETÉTICA	
↓ No digerible	
Fibra soluble	Fibra insoluble
Gomas Mucílagos Pectinas Inulina Ciertos tipos de hemicelulosa solubles ↓ Fermentable por parte de la flora microbiana intestinal dando ácidos grasos de cadena corta. Facilitan la excreción de sustancias grasas como el colesterol Ayudan a regular la absorción de azúcares simples. En diabéticos ayuda a regular la glucemia.	Celulosas Hemicelulosa Lignina ↓ No digerible No fermentable No absorbible Dan consistencia a heces, facilitan la digestión Promueven la regularidad en la defecación. Previene el estreñimiento

Kuklinski (2003)

Fibra dietética soluble.- Se disuelve en agua para formar una sustancia espesa similar a un gel en el estómago. Se descompone por las bacterias en el intestino grueso y proporciona algunas calorías (FDA, 2016).

Incluye pectinas, gomas, mucílagos, ciertos tipos de hemicelulosa solubles y polisacáridos de reserva de la planta, ésta fracción, aunque variable, suele ser muy abundante en frutas, vegetales foliáceos, *hortalizas* y legumbres (25% ó 40%) respecto al total de fibra dietética (Moreno, 2000). (Tabla 1.14)

Por otra parte, arroz, *avena*, manzanas, cítricos, algas, etc. también contiene polisacáridos no asimilables por las enzimas del tracto intestinal humano, y forman la fibra soluble, como

consecuencia de las suspensiones viscosas que forman en el contenido intestinal. Estos oligosacáridos y polisacáridos solubles sufren a su paso por el colon un proceso fermentativo bacteriano, que además de gases (CH₄, CO₂ y H₂) responsables del flatulencias, producen ácidos grasos de cadena corta, que son absorbidos directamente y pasan al torrente circulatorio donde son metabolizados como fuentes energéticas, con un aporte por gramo de 13 Kilojules ó 3 Kcal (Bello, 2000).

Fibra dietética insoluble.- Incluye la celulosa, lignina y algunas fracciones de la hemicelulosa. Predomina en las hortalizas, *verduras*, leguminosas frescas y en los *granos de cereal*. Este componente de la fibra apenas sufre procesos fermentativos y está más relacionada con la regulación del tránsito intestinal (Moreno, 2000)

El salvado de trigo es el principal producto que proporciona una excelente fibra insoluble. También algunas hortalizas, y de modo particular las legumbres, contienen oligosacáridos con enlaces alfa-galactósidos incapaces de ser hidrolizados por las enzimas intestinales, que continúan su paso hacia el colon (Bello, 2000).

Tabla 1.19. Clasificación de alimentos según el contenido de fibra soluble o insoluble según la FDA

Alimentos con fibra soluble	Alimentos con fibra insoluble
- Frutas	- Frutas
- Leguminosas, ejemplo: las habas	- <i>Nueces y semillas</i>
- Legumbres, ejemplo: los guisantes (chícharos)	- <i>Vegetales</i>
- La <i>avena</i> (como el salvado de avena y harina)	- Salvado de trigo
- <i>Nueces y semillas</i>	- Alimentos integrales (como el arroz integral y panes, cereales y pastas de granos enteros)
- <i>Vegetales</i>	

FDA (2016)

Nota: Los alimentos en letra *cursiva* forman parte de la formulación de la barra.

1.3.2.5 Utilidad fisiológica de la FD

Metabólicamente hablando, la fibra no es necesaria para que se desarrolle la actividad orgánica del individuo. No obstante se ha comprobado que la ingestión regular de

cantidades significativas de fibra resulta beneficiosa para el organismo, y por tanto, es conveniente su ingestión. Como ya se ha hecho mención en este trabajo. Y se describen detalladamente más adelante los efectos beneficiosos. Actualmente es objeto de un considerable interés y de extensos trabajos publicados, pero debido al incremento del consumo de la fibra de la dieta que está asociado a cambios en otros constituyentes dietéticos es difícil establecer la verdadera relación de estos fenómenos con la fibra exclusivamente (Moreno, 2000).

1.3.2.5.1 Efectos beneficiosos

Regulador de la absorción de la glucosa.- La fibra dietética produce un retraso de la absorción de la glucosa de la dieta en el intestino.

Esta propiedad esta fundamentalmente asociada a la fracción soluble, y más concretamente, a su capacidad para formar geles coloidales que disminuye el contacto del quimo gelificado con la mucosa intestinal y por tanto, la tasa de digestión enzimática.

Este efecto resulta de gran interés, ya que los picos de glucemia se atenúan y por tanto, la incidencia insulínica no tiene porqué ser tan brusca, con lo que mejora la eficiencia insulínica en diabéticos (Moreno, 2000).

Efecto hipocolesterémico.- son responsables de este efecto algunos componentes de la fibra soluble, como son las pectinas y gomas fundamentalmente y los carragenatos. Aunque parece clara la relación entre estos componentes y un descenso de la colesterolemia, no está totalmente esclarecido el mecanismo barajándose varias hipótesis:

- ***Reducción de la absorción de colesterol y grasa en el intestino.*** En este sentido se apunta que la gelificación del quimo puede dificultar la absorción de grasa por inhibición de la formación de la micela *per se* o por el secuestro de ácidos biliares. También se apunta como fenómeno coincidente una menor absorción por acelerar el tránsito intestinal.
- ***Cambios endócrinos.-*** Al parecer podría producir un cambio en la relación HDL/LDL, lo cual puede deberse a unos niveles de glucemia más bajos, con lo que

la producción de insulina disminuiría y por lo tanto, la síntesis de colesterol plasmático que deriva de ella.

- ***Efectos de los metabolitos producidos en el colon.***- Los ácidos grasos de cadena corta (fundamentalmente el propionato) producidos en el colon a partir de la fibra dietética soluble, parecen tener un efecto depresor de la síntesis de colesterol hepático.
- ***Incremento de las necesidades de producción biliar.***- La fibra produce un fenómeno de adsorción y posterior excreción de ácidos biliares que al no reabsorberse han de ser de nuevo elaborados a partir del colesterol, por lo que pueden descender los niveles orgánicos.
- ***Efecto de los componentes de la fibra dietética.***- Fundamentalmente en cereales (salvado de arroz y de soja), existen compuestos como el cicloartenol o tocotrienoles que al parecer inhiben la síntesis del colesterol (Moreno, 2000).

Al respecto se menciona que, una dieta de 5-10g/día de fibra soluble puede reducir el colesterol malo en un 5%.

Eroski Consumer, el diario del consumidor (2015), revista española en línea, en uno de sus artículos: “Los diez alimentos más eficaces para bajar el colesterol” escribe: “El colesterol en exceso, definido como hipercolesterolemia, es bien conocido por su problemática para la salud coronaria y por considerarse un factor de riesgo de infarto e ictus, entre otros episodios vasculares. Los mensajes para la prevención de este trastorno se dirigen más a difundir los alimentos contraindicados, cuyo consumo regular aumenta los niveles plasmáticos de colesterol. El mensaje positivo necesario es promocionar los alimentos “aliados”, que por su composición química y en función de un consumo ordinario y en una cantidad específica ayudan a controlarlo”. Una lista elaborada por la “Harvard Medical School” incluye los diez alimentos considerados como los más eficaces para ayudar a bajar el colesterol. En las distintas comidas de cada día deberían estar presentes los alimentos "aliados", combinados con el resto de los que conforman la dieta. Los diez alimentos "anticolesterol": *Avena*, cebada y otros granos integrales, las legumbres, la berenjena y la okra, los *frutos secos* (*nuez, ajonjolí, almendras, etc.*) los aceites vegetales (se podría destacar el aceite de oliva), frutas como manzanas, uvas, fresas y cítricos, la soja, el

pescado graso y, en caso preciso, los alimentos enriquecidos con esteroides y estanoles y los *suplementos de fibra* se incluyen en la lista de los alimentos "anticolesterol" (Erozki,2015).

Efecto preventivo frente al cáncer de colon.- El consumo de dietas ricas en alimentos vegetales (y por ello fibra y carbohidratos complejos) está inversamente relacionado con el cáncer de colon. En cambio, el consumo de altas cantidades de grasas y proteínas parece favorecer la proliferación de dicho cáncer.

Todas las dietas contienen compuestos potencialmente carcinogénicos que al mezclarse con la fibra ya no entran en contacto con las paredes del intestino y no pueden ser absorbidos, por lo que no afectan a las células intestinales.

Entre los posibles causantes de esta enfermedad se incluye algunos derivados de los ácidos biliares y concretamente el ácido litocólico.

Los mecanismos que se especulan por los que la fibra puede tener un efecto protector frente al cáncer de colon son variados (Moreno, 2000):

- *Rápido tránsito de la masa fecal.* Al disminuir el tiempo de contacto de las sustancias carcinogénicas con la mucosa cólica.
- *Efecto diluyente.* El mayor volumen fecal crea un efecto de dilución de las sustancias carcinogénicas.
- *Acidificación del contenido cólico.* La fermentación de la fibra, produce ácidos grasos de cadena corta, y la acidificación producida parece inactivar la enzima microbiana 7- α -dehidrolasa que transforma los ácidos biliares de primarios a secundarios. Al mismo tiempo la acidificación dificulta la absorción de calcio, el cual parece ser otro factor protector al dificultar la absorción de ácidos biliares.
- *Mejor nutrición de las células cólicas.* Los ácidos grasos de cadena corta son nutrientes especialmente adecuados para las células cólicas, y en especial el butirato que parece favorecer el desarrollo de las células cólicas en detrimento de las tumorales, teniendo un efecto protector en la réplica del ADN.

- *Retención de ácidos biliares.* Como se comentó, la fibra produce una inmovilización de los ácidos biliares que no pueden ser utilizados por la flora intestinal para su transformación en secundarios
- *Consumo de alimentos de origen vegetal.* Algunos autores indican que realmente el efecto no lo produce la fibra sino el mero hecho de consumir mayor proporción de alimentos de origen vegetal frente a los de origen animal (Moreno, 2000).

Incremento del volumen fecal y disminución del tiempo de tránsito intestinal.- De estas propiedades la principal responsable es la celulosa, si bien las pectinas y gomas producen un paso por el intestino delgado más rápido, y aunque su capacidad de retención de agua es mayor, ésta se pierde al ser fermentadas, por lo que el volumen fecal no se ve sensiblemente modificado (Moreno, 2000).

Lo que contrasta con lo que menciona Fox y Cameron (2004): la fibra dietética, sobre todo la insoluble, debido a su carácter higroscópico, retiene gran cantidad de agua, por lo que las heces producidas son blandas, de mayor volumen y, por supuesto, mayor contenido hídrico, siendo su tránsito intestinal más rápido, por lo que alivia el estreñimiento. De ahí que se menciona que la FD acelera el tránsito intestinal o paso del alimento a través del conducto digestivo. El tiempo de tránsito de una dieta típica británica puede durar tanto como 100 horas en comparación con tan sólo 35 horas o menos si se consume una dieta con un elevado contenido de fibra.

Efecto de saciedad.- Las dietas ricas en fibra provocan una mayor sensación de saciedad (ideal para dietas hipocalóricas de regímenes adelgazantes) (Moreno, 2000).

Este efecto de saciedad es debido a que los alimentos ricos en fibra presentan un contenido calórico bajo para la actividad masticatoria que requieren y el volumen que ocupan. Además las pectinas y las gomas por su acción osmótica captadora de agua y por su propiedad de formar coloides tipo gel, retrasan el proceso fisiológico de vaciado del estómago (retrasa la sensación de hambre) (Moreno, 2000).

A nivel gástrico la retención hídrica por parte de la fibra produce una distensión del estómago provocando sensación de saciedad gracias a mecanismos vagales y hormonales

que inhiben el centro hipotalámico correspondiente. Este efecto es el buscado por diversos alimentos funcionales, como las barritas “saciantes”, batidos y otros tipos similares, con el objetivo de eliminar o limitar en momentos concretos, y especialmente a la hora de una comida principal, la sensación de hambre y la ansiedad correspondiente.

Por otra parte, la formación de soluciones viscosas tiene como resultado enlentecer el vaciamiento del contenido gástrico al duodeno. Este enlentecimiento en el vaciamiento es lo que justifica para muchos la gradualidad en la absorción de nutrientes y entre ellos la glucosa, impidiendo la elevación aguda de la misma en sangre. Este efecto de aplanamiento de la curva de glucosa, justifica la recomendación de ingesta de la fibra bien en alimentos o como tal fibra en el caso de los diabéticos, aunque parece claro que a través de la fibra como tal, especialmente la soluble (5-10g/día), el efecto es más marcado y evidente que a través de la dieta (Mataix, 2015).

La fibra insoluble no aporta calorías y al hincharse aumenta la sensación de saciedad lo que beneficia a quienes tienen problemas de obesidad o sobrepeso. Permiten que la persona se sienta "llena" por más tiempo, ya que el vaciado gástrico se ralentiza, por lo que se retrasa la sensación de hambre entre comidas (Eroski, 2015).

Disminución del riesgo de formación de cálculos biliares.- También se investiga actualmente una posible acción de disminución del riesgo de formación de cálculos biliares, al poseer el citado efecto de adsorción sobre los ácidos biliares (Moreno, 2000).

Efecto benéfico de la Microflora intestinal y la fibra dietética con la salud del intestino (prebiótico).- El tracto gastrointestinal humano contiene un elevado número y variedad de bacterias, que constituyen un complejo ecosistema metabólicamente muy activo y versátil, con capacidad de adaptación a los sustratos disponibles.

Se estima que la microbiota intestinal humana comprende más de 400 especies distintas de bacterias estando constituido el 99% del total por las especies dominantes, *Bacteroides*, *Eubacterium*, *Bifidobacterium*, *Peptostreptococcus* y *Clostridium*. La mayor parte de ellas son anaerobios estrictos y se caracterizan por llevar a cabo reacciones enzimáticas,

principalmente hidrolíticas y reductoras. En el colon ascendente, dado que es la primera zona a la que llegan los contenidos indigestibles procedentes del intestino delgado, se alcanzan concentraciones de 10^{11} - 10^{12} unidades formadoras de colonias por gramo de contenido intestinal, lo que supone entre el 35 y 50% de dicho contenido.

Aunque existen marcadas diferencias entre individuos, la composición cualitativa y la cuantitativa permanecen relativamente estables en los adultos. No obstante, la microbiota puede modificarse debido a factores endógenos dependientes del huésped (edad, por ejemplo) y de la propia población bacteriana, y a factores exógenos tales como la dieta o la administración de antibióticos.

El conjunto de microorganismos colónicos constituyen el mayor potencial metabólico del organismo, siendo su actividad enzimática incluso superior a la del hígado. Las principales actividades desarrolladas por las bacterias son: glucosidasa (mayoritarias), ureasa, decarboxilasa, azorreaductasa, nitrorreductasa y desaminasa. Muchas de estas actividades enzimáticas están implicadas en la generación de toxinas, mutágenos, carcinógenos y promotores tumorales. La actividad glucolítica es la más ampliamente desarrollada entre las bacterias dominantes, puesto que son los polisacáridos contenidos en la fibra dietética.

La mayoría de las bacterias sacarolíticas metabolizan hidratos de carbono por la vía Embden-Meyerhoff, originando como principales productos finales ácidos grasos de cadena corta (AGCC), gases e incremento de la masa bacteriana por los fenómenos proliferativos obvios. Una situación especial la presenta el género *Bifidobacterium*, que constituye el 25% de la población microbiana total del adulto y el 95% en el recién nacido. Estas bacterias se caracterizan por ser anaerobios estrictos que metabolizan glucosa por la vía fructosa-6-fosfato (ruta bífida). Los sustratos de elección de este género bacteriano son los fructooligosacáridos (FOS) que no son digestibles y son completamente solubles en agua, por lo que se pueden considerar como parte de la fracción soluble de la fibra dietética. Actualmente ha aumentado muy significativamente la cantidad de alimentos funcionales que incluyen estos compuestos como ingredientes en su formulación. Son los alimentos con efecto prebiótico que *es aquel ingrediente alimentario no digestible que afecta beneficiosamente al huésped, estimulando el crecimiento y/o actividad de un número limitado de bacterias en el colon, que puede hacer mejorar la salud del huésped.*

El término prebiótico fue introducido por Gibson y Roberfroid quienes lo definieron como se expresó en el párrafo anterior. Esta selectividad fue demostrada para bifidobacterias, las cuales pueden ser promovidas por la ingestión de sustancias tales como fructooligosacáridos e inulina.

Se considera saludable o equilibrada la microbiota intestinal cuando contiene predominancia de bacterias sacarolíticas y consta de un número significativo de bifidobacterias y lactobacilos. La inulina y la oligofruktosa son carbohidratos prebióticos que resisten la digestión por enzimas intestinales y pancreáticas en el ecosistema intestinal. Cuando se administran en cantidad adecuada estos prebióticos incrementan la actividad sacarolítica dentro del intestino y promueven selectivamente el crecimiento de bifidobacterias. Se ha encontrado en numerosos estudios un incremento en el recuento de bifidobacterias en heces de sujetos que consumen inulina u oligofruktosa. Además, la ingesta oral de inulina y oligofruktosa incrementa el número de bifidobacterias y lactobacilos en el colon humano (Mataix, 2015).

Efecto de los prebióticos

Los prebióticos son generalmente hidratos de carbono de cadena corta, que pueden ser fermentados a lo largo del tracto gastrointestinal y estimular el crecimiento de bifidobacterias potencialmente beneficiosas. Entre ellos podemos citar la fibra dietética apreciada en el mercado, debido a que cada vez nos alejamos más de la ingesta recomendada. La fibra tiene un papel importante en el mantenimiento y desarrollo de la microbiota bacteriana intestinal, factores importantes en los mecanismos de defensa del individuo. Su inclinación en la ingesta puede prevenir o incluso evitar la translocación bacteriana, ya que los productos finales de la fibra son tróficos para las células epiteliales intestinales; de este modo se mantiene el equilibrio de la microbiota intestinal, mediante la fermentación y la producción bacteriana de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). La translocación bacteriana se define como el paso de gérmenes de origen gastrointestinal hacia tejidos normalmente estériles como los ganglios mesentéricos, hígado, bazo y pulmón. Este movimiento de las bacterias fuera de su lugar habitual puede comprometer seriamente el sistema inmune del individuo. Se ha visto una mejora de la microbiota intestinal al aumentar el número de bacterias anaerobias como *Bifidobacteria* y

Lactobacillus y disminuir los *Clostridium*, aumentando así la producción de AGCC se absorben rápidamente, estimulan la absorción de agua y sal, y proporcionan una fuente de energía para el colon.

Es interesante señalar que las modificaciones de la microbiota intestinal a partir de estas bacterias ácido-lácticas parecen ser beneficiosas para la salud local colónica y la sistémica. Todos los compuestos no digeridos (fibra dietética) que llegan al colon son sustratos potenciales de fermentación aunque la fibra soluble y el almidón resistente lo son en una gran proporción, ocurriendo lo contrario con la insoluble la cual es mayoritariamente no fermentable. Por lo que la dieta y más concretamente los componentes no digeribles de los alimentos pueden modificar la composición de la microbiota, afectando no solo el recuento total de las bacterias sino también a los géneros y las especies predominantes.

La dieta puede afectar a la microbiota bacteriana de 3 formas diferentes:

-Modificación del número total de bacterias. Una dieta rica en fibra fermentable aumenta la proliferación bacteriana.

-Variación de las especies predominantes. Algunos compuestos no digeribles son sustratos específicos de géneros bacterianos concretos, por ejemplo los fructooligosacáridos son los de elección para las bifidobacterias, por lo que la incorporación de estos hidratos de carbono en la dieta favorece el desarrollo de especies beneficiosas en detrimento de otras perjudiciales.

Modificación de la actividad enzimática. Esta acción puede afectar a la formación de carcinógenos y la concentración de sustancias promotoras de tumores, con repercusión en la salud del huésped. Dietas ricas en grasas se asocian con una mayor incidencia de cáncer de colon, hecho posiblemente asociado al incremento de actividades β glucuronidasa, nitroreductasa, nitratorreductasa y azorreductasa, que a su vez se relacionan con la generación de cancerígenos. Sin embargo, dietas ricas en lactulosa y oligosacáridos disminuyen dichas actividades enzimáticas y se asocian con una menor incidencia de cáncer de colon. Este tipo de ingredientes figura como fibra en el etiquetado y publicidad de alimentos, como por ejemplo fórmulas lácteas de inicio, leche, preparados lácteos, zumos, galletas, entre otros (Mataix, 2015).

1.3.2.5.2 Efectos adversos

Disminución de la biodisponibilidad mineral.- El consumo excesivo de fibra puede llegar a perjudicar nuestra salud, y es por eso que se aconseja no abusar de alimentos integrales o enriquecidos en fibra, ya que un exceso puede causar molestias intestinales (gases, flatulencia, hinchazón...), dolor abdominal y diarrea. Además, la fibra insoluble suele ir unida a un compuesto, el ácido fítico, capaz de fijar minerales como calcio, hierro y cinc, impidiendo su absorción por parte de nuestro organismo (Eroski, 2015).

Este efecto adverso, ha sido una de las principales limitaciones que se ha esgrimido contra la fibra dietética a la cual se achacaba un grado de retención mineral muy elevado (sobre todo cationes divalentes Fe, Cu, Zn, Ca y Mg). Sin embargo, hoy en día se sabe que realmente no es así, y que dicho efecto es variable dependiendo del componente de la fibra de que se trate (Moreno, 2000).

La fibra soluble parece tener un mayor efecto en la retención mineral, pero al ser fermentada en el colon libera los minerales que pueden ser absorbidos.

Estudios realizados *in vivo* demuestran que la celulosa no afecta la absorción de Fe, Cu, Zn, Ca o Mg. La hemicelulosa sólo afecta ligeramente a la absorción de Fe, pero no a los demás. Las pectinas parecen variar su grado de quelación con el pH final del quimo, aunque al ser fermentadas el efecto total *in vivo* es de una modificación inapreciable de la biodisponibilidad mineral. La lignina parece ser la que más afectaría a la biodisponibilidad de Fe, Cu y Zn, aunque en presencia de Ca y/o Mg, esa acción disminuye, si bien no se conocen resultados de estudios *in vivo* (Moreno, 2000).

Las sustancias que parecen tener un mayor efecto sobre la biodisponibilidad mineral son los fitatos y oxalatos, los cuales están habitualmente presentes (aunque no en grandes cantidades) en los alimentos de origen vegetal y se relacionan con la fibra dietética. De ahí que se puede indicar que el consumo de fibra dietética en las cantidades que habitualmente se consumen en las sociedades desarrolladas no supone un factor decisivo sobre la biodisponibilidad mineral, acostumbrándose el organismo en unas seis semanas (Moreno, 2000).

1.3.2.6 Recomendaciones de consumo e Ingesta diaria recomendada

La ingesta media de fibra varía mucho de un país a otro e incluso entre individuos, aunque en líneas generales se suelen considerar baja. En Europa el consumo medio de fibra oscila entre 10 y 15g/día, siendo en España el consumo medio ligeramente superior (18g/día).

Las organizaciones internacionales han recomendado un incremento del consumo de fibra por encima de 20g/día, concretamente la sociedad dietética americana recomienda entre 20 y 30g/día procedente de alimentos de origen vegetales. El Instituto Nacional para el Cáncer (EE UU) recomienda entre 20 y 40g/día, para individuos adultos sanos, pudiendo ser menores para niños y ancianos.

Se recomienda que este consumo no se aumente con la adición de concentrados de fibra a la dieta, sino por un mayor consumo de frutas, vegetales, legumbres y cereales integrales, los cuales, además, aportan minerales y proteínas (Moreno, 2000)

La FDA, declara que el valor diario de fibra es de 25g por día. Esto se basa en una dieta de 2000 Kilocalorías -su valor diario puede ser mayor o menor dependiendo de las necesidades de Kilocalorías. Y recomienda que al comparar los alimentos, elegir los alimentos con un alto % “Valor Diario de fibra” (%VD) dietética. El objetivo es conseguir el 100%VD de fibra dietética en la mayoría de los días. Señala que 5% VD o menos de fibra dietética por porción es “baja” y 20%VD o más de fibra dietética por porción es “alta”. Las Guías Alimentarias para los Estadounidenses recomiendan consumir una variedad de alimentos ricos en nutrientes que son buenas fuentes de fibra dietética, como los frijoles y guisantes secos (chícharos secos), frutas, frutos secos sin sal y semillas, vegetales y granos enteros. Las directrices también recomiendan consumir al menos la mitad del total de granos como cereales integrales y limitar la ingesta de granos refinados y productos hechos con granos refinados (FDA, 2016).

Para la población mexicana la Ingesta o ingestión Diaria Recomendada (IDR) de fibra Dietética de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 la establece como 30g dentro del Valor Nutricional Recomendado (VNR) (DOF, 2010), ver anexo 9. También hay Recomendaciones de consumo dietético diario de fibra en México por grupos de edad,

como se muestra en la Tabla 1.20 basadas en referencias del Institute of Medicine, National Academy of Sciences.

Tabla 1.20. Referencia de consumo dietético diario de fibra en México

Edad	Fibra		
	Ingestión Adecuada (AI)		
	Años	g/1000Kcal	g/día
Niños	1-3	14	19
	4-8	14	25
Niños	9-13	14	31
Niñas	9-13	14	26
Adolescentes:			
Hombres	14-18	14	38
Mujeres	14-18	14	26
Adultos:			
Hombres	19-30	14	38
	31-50	14	38
	51-71	14	30
	<70	14	30
Mujeres	19-30	14	25
	31-50	14	25
	51-71	14	21
	<70	14	21
Embarazo	14-18	14	28
	19-30	14	28
	31-50	14	28
Lactancia	14-18	14	29
	19-30	14	29
	31-50	14	29

Chávez *et al.*, (2014)

La dieta, por su contenido de fibra se puede calificar como recomendable en fibra, alta o baja

Para que una dieta con aporte normal o alto de fibra no cause trastornos digestivos, es indispensable en consumo adecuado de líquidos.

La Tabla 1.21, resume la terminología correcta con respecto a la calificación tanto de dietas como de platillos con respecto a su aporte de fibra.

Tabla 1.21. Terminología correcta para la calificación de dietas y platillos con respecto a su aporte de fibra

Calificación Término correcto	Dietas Cuando contiene	Platillos Cuando contiene
Alta en fibra	15 a 17 g/1000kcal	5 o más gramos por ración
Buena fuente	10g/1000kcal	2.5 – 4.9g por ración
Bajo en fibra	<10g/1000kcal	<2.5g por ración
Excesiva fibra	>25g/1000kcal	

Marván (1998)

1.3.2.6.1 Resumen de efectos fisiológicos de la FD

Por lo que se puede resumir que los efectos fisiológicos de la fibra dietética son el resultado de complejos mecanismos de interacción entre los componentes del alimento no digeridos por las enzimas digestivas y las condiciones del medio ambiente gastrointestinal, como pH, fuerza iónica así como la presencia de otras sustancias inherentes al alimento.

La naturaleza química y la estructura de la fibra dietética son las características principales que determinan su comportamiento en el lumen intestinal.

Las propiedades funcionales de la fibra dietética son las principales responsables de los aspectos fisiológicos desarrollados por la fibra en el tracto gastrointestinal. Entre éstas podemos citar las siguientes: regulación de la función intestinal, disminución de la absorción de la glucosa, menor demanda de insulina, prevención del cáncer del colon, regulación del nivel de colesterol y reducción de ingesta calórica entre otras (López *et al.*, 1997; Proop, 1998). Como ya se detalló en páginas anteriores y como se esquematiza en la Figura 1.4 (Mataix, 2015)

1.3.2.7 Reglamentación en México que hace mención de la de fibra dietética

Existen 3 normas mexicanas que hacen referencia a la fibra dietética:

- *Norma Oficial Mexicana 051-SCFI/SSA1-2010, (DOF, 2010) Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados -información comercial y sanitaria (que sustituyó a la NOM-051-SCFI-1994).*
- *Norma Oficial Mexicana-086-SSA1-1994, (DOF, 1994) Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.*
- *Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, (DOF, 2012) Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación.*

En ellas se exponen los puntos detalladamente en cuanto a su definición, ingesta diaria, declaraciones, disposiciones, valores nutrimentales de referencia, especificaciones nutrimentales, etiquetado, declaraciones nutrimentales y saludables, tamaño de porciones, promoción para su consumo en los diferentes grupos de edad, fuentes de fibra dietética, etc. Los incisos y puntos específicos en relación a la fibra dietética se detallan y exponen en el Anexo 9, se incluye el cuadro con los Valores nutrimentales de referencia que incluye a la fibra dietética.

Las declaraciones en estas normas mexicanas respecto a la *fibra*, manifiestan la importancia a nivel reglamentario nacional respecto a este componente de la dieta del mexicano.

Todo lo expuesto desde el punto 1.3.2.5 sustenta la importancia de la característica de “alto contenido en fibra” de la barra optimizada a base de nopal.

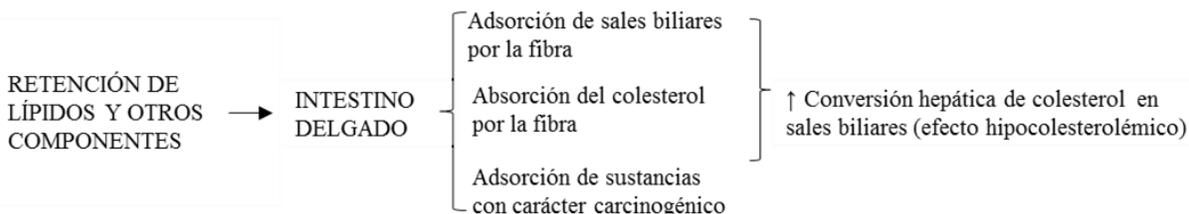
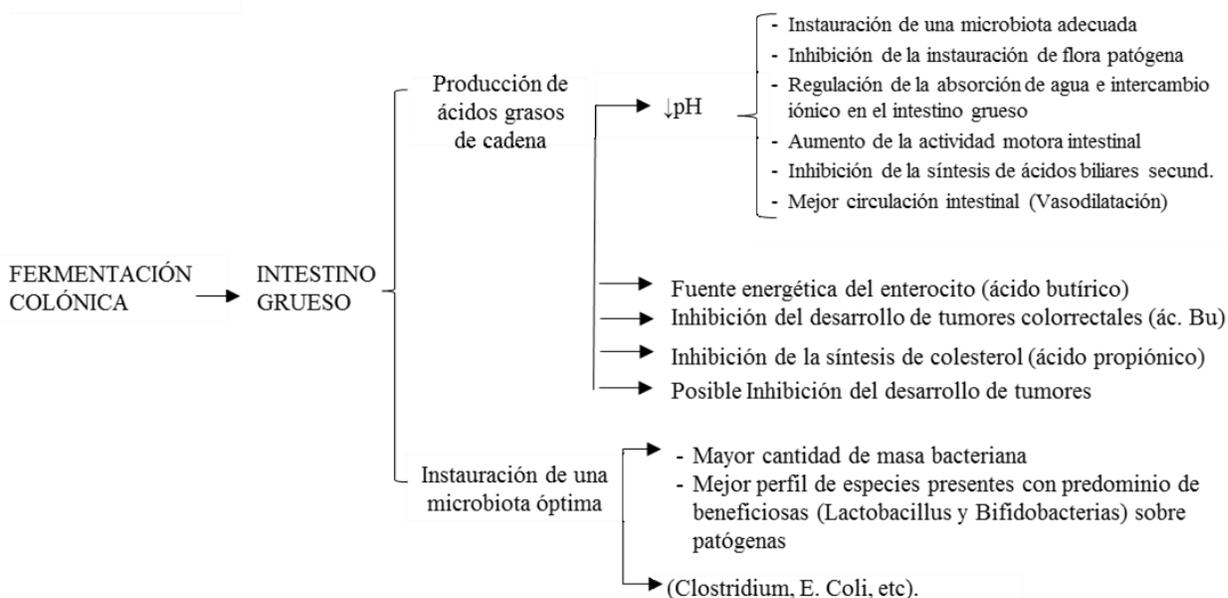
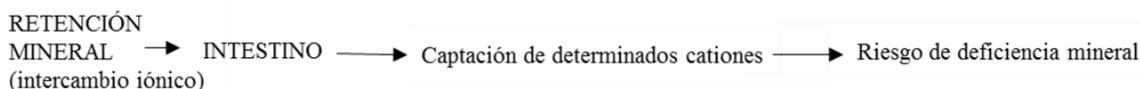
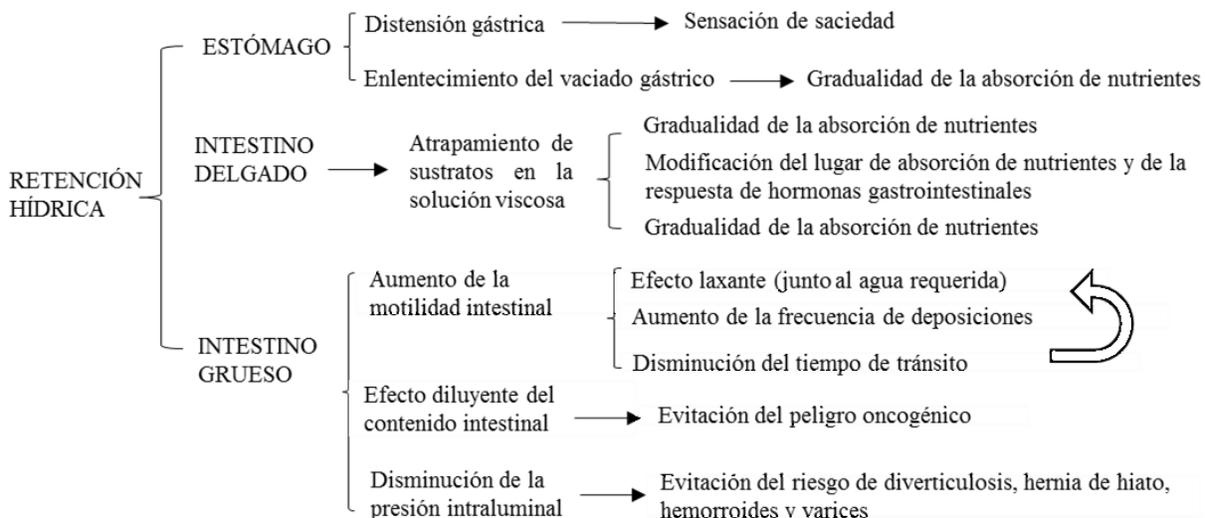


Figura 1.4. Resumen de los efectos fisiológicos atribuidos a la fibra alimentaria. Tomado de Mataix (2015)

1.4 La textura como atributo sensorial importante de los alimentos desarrollados

La textura puede ser definida como una manifestación de las propiedades reológicas de un alimento. Es un atributo muy importante que afecta el proceso de producción, manejo, influye en los hábitos alimenticios y por tanto en la elección final del consumidor del alimento. El término *textura* se deriva del latín *textura*, que significa tejido, y originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos (Alba, 2008).

La textura responde a un concepto muy ambiguo. Para algunos autores es el conjunto de propiedades que se derivan de la especial disposición que tienen entre si las partículas que integran los alimentos; para otros, es el conjunto de propiedades de un alimento capaces de ser percibidas por los ojos, el tacto, los músculos de la boca incluyendo sensaciones como aspereza, suavidad, granulosidad, o también percepciones que tienden a construir una valoración de las características físicas del alimento que se perciben a través de la masticación y una valoración de las características químicas que se perciben a través del gusto (Alba, 2008).

El sabor y la textura son dos criterios que se usan para caracterizar y aceptar o rechazar los alimentos. El concepto de sabor que resume una experiencia olfativa y de gusto parece claro, aunque no todos están en acuerdo con el término utilizado. En el idioma inglés se acepta que la conjunción del gusto (*taste*) y el olor (*smell*) se denomine *flavour*. En el idioma castellano, la Asociación Española de Normalización y Certificación ha puesto el poco agraciado anglicismo *flavor*, palabra próxima a flavo (de color entre amarillo y rojo, como el de la miel).

En los alimentos la palabra *textura* se utiliza cuando se pretende destacar la sensación que nos produce su estructura o la disposición de sus componentes, y se han hecho algunos intentos para normalizar su medida (norma ISO 5492) (Alba, 2008).

La ciencia de los materiales puede ayudarnos a buscar procedimientos objetivos para medir la textura de los alimentos, ya que, con toda seguridad, sus propiedades mecánicas, su estructura y condiciones de procesado en la boca, están directamente relacionados con la textura percibida durante la ingestión. La *textura de un alimento* trata de la percepción, haciéndola por encima de todas las cosas una experiencia humana. Trata de nuestra percepción de un producto alimenticio que se origina en la estructura del producto y cómo el producto se comporta cuando es manipulado. Pero queda mucho camino por recorrer: el

proceso de la masticación y deglución es complejo y todavía no ha sido analizado detalladamente para aplicar las técnicas de la ciencia de los materiales. Por otro lado, los expertos en materiales le han dedicado poca atención a los alimentos, que son materiales complejos, muy jerarquizados, anisótropos y con un comportamiento reológico que no se puede ignorar (Alba, 2008).

Cuando una persona come un producto alimenticio, la muestra es masticada más allá de la rotura inicial, y los estímulos que resultan forman parte de la sensación global de textura. Mientras que el mordisco inicial es importante, también lo son los siguientes mordiscos, la viscosidad, la adhesividad y la consistencia del alimento mezclado con la saliva. La reología no es suficiente para explicar todos los aspectos ricos y abundantes de la textura que han sido experimentados por los seres humanos (Alba, 2008).

Medir la textura de los alimentos no es tarea fácil. Nuestra percepción de la textura del alimento, a menudo constituye un criterio por el cual juzgamos su calidad y con frecuencia es un factor importante en la selección de un producto. El procedimiento clásico consiste en invitar a alguien a degustar el alimento en cuestión y pedirle, después, que dé su opinión.

La sensación crujiente de algunos alimentos como vegetales y frutas depende, en gran medida, de la disposición de las células, de la adherencia entre ellas y su turgencia. La textura característica de la carne se debe a la estructura fibrosa del tejido muscular y a la forma de separar las fibras cuando la masticamos. Quizás, una propiedad de los materiales como la energía de fractura y sus distintos valores para las direcciones longitudinal y transversal a las fibras podría darnos una idea de la textura de los alimentos (Alba, 2008).

1.4.1 Percepción de la textura de los alimentos

La calidad sensorial de los alimentos está conformada por el aspecto, sabor, olor y textura de los mismos. Cuando queremos evaluar el resultado de las sensaciones que las personas experimentan al tomar el alimento, el único camino es preguntándonos a nosotros mismos, ya que la calidad sensorial no es una propiedad intrínseca del alimento, sino el resultado de la interacción entre éste y nuestros sentidos. *El análisis de la composición química y de las propiedades físicas de un producto aporta información sobre la naturaleza del estímulo*

que percibe el consumidor, pero no sobre la sensación que éste experimenta al ingerirlo (Alba, 2008).

Los cambios que se perciben visualmente en el alimento cuando este es manipulado, nos agregan impresiones de la textura del alimento. Incluso antes de que esté en la boca, recogemos gran cantidad sustancial de conocimientos acerca de la textura del alimento a partir de los estímulos visuales, táctiles e incluso auditivos. La percepción que tenemos en la boca se realiza a velocidad de deformación relativamente baja.

El atributo de la textura en los alimentos es resultado de la percepción de estímulos de diferente naturaleza, ya que su evaluación por el hombre no es instantánea, sino que comprende distintos aspectos de un proceso dinámico, que se integran en el cerebro para dar una sensación única. Basados en la definición que aparece en la Norma Española (UNE 87991, 1994) que la *textura es el: “conjunto de propiedades reológicas y de estructura (geométricas y de superficie) de un producto perceptibles por los mecano-receptores, los receptores táctiles y en ciertos casos, por los visuales y los auditivos”, el lugar que ocupan en esta definición las propiedades reológicas, la coincidencia en el tiempo, el desarrollo de los estudios sobre reología de alimentos y sobre su textura, y las conexiones que existen entre ambos temas, pueden dar lugar a la idea de que estas conexiones son más importantes de lo que realmente se puede llegar a establecer* (Alba, 2008).

Lillford y Hutchings, desarrollaron un modelo para explicar el camino de rotura por el cual un alimento está sometido antes de estar listo para ser tragado. Reforzaron la idea de que el camino de rotura es un proceso dinámico que tiene lugar durante un periodo de tiempo y postularon que los atributos clave que afectan el proceso son el grado de lubricación y la estructura que posee el alimento. La lubricación está debida en parte a la liberación de saliva durante la etapa de masticación pero también surge de la composición del alimento en términos de humedad y grasa, que actúan como lubricantes. Después de la ingestión, se percibe una presión masticatoria residual que surge de los restos del alimento que se ha desintegrado y de cualquier material que envuelve la boca (Alba, 2008).

La textura es una mezcla de los elementos relativos a la estructura de alimento y a la manera por la cual están relacionados con los sentidos fisiológicos, no tiene una definición exacta, precisa y satisfactoria, sin embargo, se puede decir que posee ciertas características:

- Se trata de un grupo de propiedades físicas que derivan de la estructura del alimento.
- Están relacionadas con la mecánica y la reología
- No se trata de una propiedad sino de un conjunto de propiedades

No está directamente relacionada con el olor o el gusto (Roudot, 2004).

Es importante señalar que no se trata de la propiedad de un producto, sino un conjunto de propiedades (Roudot, 2004).

La terminología esta poco desarrollada, en particular en francés: dureza, cohesión, viscosidad, elasticidad, adhesión. Pero, igualmente, es necesario hablar de sensaciones de desmigado, de crujiente, de duro, de tierno, de blandura, de pegajoso, de gomoso, de harinoso, etc. De este modo, el problema terminológico no se plantea tanto al nivel de existencia de palabras aptas para describir tal o cual característica de la textura, sino más bien al nivel de su definición precisa: se trata en efecto de palabras usuales que, por ello mismo, no cubren estrictamente las mismas características de un individuo a otro. (Roudot, 2004).

De estas consideraciones preliminares, se puede concluir inmediatamente que la textura de un alimento, y por tanto el análisis de textura de los alimentos, corre riesgo, si no se tiene cuidado, de convertirse en un empirismo capaz de convenir a todo usuario, pero que haga imposible todo análisis científico real de los fenómenos subyacentes (Roudot, 2004).

Desde el momento que se habla de alimento y textura, es necesario recordar que todo esto afecta ante todo al ser humano, y que todas las medidas de textura existen con el fin de obtener modelos y de evaluar la impresión final que retendrá el consumidor (Roudot, 2004).

La relación primordial afecta, desde luego, a la masticación y, en consecuencia, a la dentición. La masticación permite reducir el tamaño de los alimentos. Las partículas

resultantes tienen un tamaño de dos a tres órdenes de magnitud más pequeño que los alimentos de partida. En el curso de la masticación, los alimentos se mezclan con la saliva, lo que inicia el proceso de digestión, y son llevados progresivamente a la temperatura del cuerpo. La lengua es, junto con los dientes, el elemento principal implicado en el curso de la masticación. Además, la lengua posee una sensibilidad táctil y térmica muy importante, siendo por añadidura, el órgano principal del gusto (Roudot, 2004).

El proceso de masticación está relacionado con numerosos elementos tales como el oído, la visión o la musculación.

También se han fabricado máquinas de masticar para intentar aproximarse lo más cerca posible de la realidad durante la realización de los ensayos reológicos a los caracteres organolépticos. Se ha demostrado, por ejemplo, que el elemento determinante en la masticación es la deformación aportada a los alimentos y no la fuerza ejercida por los dientes: el hecho de poseer un conocimiento previo del alimento (por vista o el tacto principalmente) implicara más variaciones sobre la tasa de deformación aplicada que sobre la fuerza ejercida, respecto a individuos que no tengan ningún conocimiento de alimento.

Las fuerzas ejercidas por los dientes son relativamente elevadas puesto que alcanzan, en promedio, de 50 a 80 kg a nivel de los molares (de dos a tres veces menos con una dentadura postiza) (Roudot, 2004).

El modelado de tales procesos es algo más que complejo, ahora bien, es precisamente lo que se intenta hacer cuando se analiza la textura de los alimentos. Y no es asombroso no encontrar más que relaciones muy vagas entre los ensayos organolépticos y los reológicos. Solo las medidas múltiples, que hacen intervenir varios parámetros físicos químicos diferentes, pueden permitir aproximarse a los resultados sensoriales. Así, se puede tratar de hacer análisis estadísticos multidimensionales sobre los resultados obtenidos por métodos mecánicos (compresión), sónicos (frecuencia de resonancia), medidas de aspecto y de color, químicos (caracterización de ciertos componentes que entran en el gusto) etc., para intentar aproximarse a la caracterización humana. Se observa que este tipo de análisis, aunque se haga a veces en investigación, es rarísimo en el ámbito industrial o, incluso, en el ámbito de los centros técnicos (Roudot, 2004).

En cuanto a la medición de textura con diferentes aparatos, es necesario tener siempre en cuenta que un producto alimentario sólido es casi siempre *heterogéneo*. Cuando se efectúa una medida de textura local sobre una muestra, no se puede dar más que una apreciación bastante grosera del estado físico del producto. En efecto, no es raro ver parte de los parámetros físicos de sencillo a doble, incluso más, en un mismo producto. Por otra parte, este aspecto es el que promueve la investigación de medidas de textura globales, tales como los métodos sonoros, por ejemplo (Roudot, 2004).

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Optimizar la barra de nopal de “alto contenido de fibra”.

2.2 Objetivos Específicos:

1. Mejorar las cualidades organolépticas especialmente relacionadas con cambios de textura.
2. Mejorar sus cualidades nutritivas al agregar pre-mezcla de vitaminas y/zinc.
3. Obtener la caracterización física, química y microbiológica de barra optimizada.
4. Realizar pruebas en planta piloto del prototipo.
5. Evaluar el incremento en la preferencia y nivel de agrado por barra optimizada.
6. Evaluar vida de anaquel sin y con empaque para conservar sus características nutritivas, sensoriales y sanitarias de barra optimizada.

CAPÍTULO 3
PLAN DE TRABAJO

CAPÍTULO 3

PLAN DE TRABAJO

Cada alimento por naturaleza está dotado de sus características propias que lo distinguen, desde su origen, sus propiedades, componentes y nutrientes (predominantes, pobres o carentes), relacionados con sus características físicas, químicas y organolépticas, su utilidad fisiológica, su susceptibilidad a la conservación, deterioro y/o contaminación, etc. Estas características a su vez se ven modificadas o no, en sus derivados o sus presentaciones diversas para el consumo, o cuando se le somete a algún proceso, así como, cuando se les integra al desarrollo de un nuevo producto o a su optimización, para dar lugar a un nuevo alimento, como es el caso de la barra a base de nopal de “alto contenido en fibra”. El “nuevo alimento” a su vez quedará dotado de sus características propias, derivadas de los distintos alimentos que lo conformen y condición de los mismos, de la proporción en su composición y procesos a los que se le someta. Éste se caracteriza y se evalúa sensorialmente, y a través de los resultados el consumidor potencial expone su probable éxito en el mercado o sugiere los cambios para aumentar la preferencia. La investigación en la ciencia de los alimentos y la ciencia de la nutrición sustentan las cualidades fisiológicas que se pueden obtener a través de su consumo habitual como efectos beneficios o no, y su contribución a la alimentación adecuada.

Buscando la optimización de la barra de nopal de “alto contenido en fibra”, desarrollada, se estableció el siguiente Plan de trabajo (Figura 3.1).



Figura 3.1. Plan de trabajo

CAPÍTULO 4
MATERIAL Y MÉTODOS

CAPÍTULO 4

MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Proceso experimental del producto desarrollado para optimización

4.1.1 Desarrollo de las barras de nopal con “alto contenido en fibra”.

Para este trabajo se partió del desarrolló de una barra (Unibarra) a base de nopal de “alto contenido en fibra” cuyos ingredientes se mencionan en la Tabla 4.1.

Esta formulación desarrollada implicó la preparación previa de granola como parte de los ingredientes de la barra para luego agregársele a la mezcla de los demás ingredientes para moldear y hornear, como se describe en el siguiente punto y se detalla el proceso, para continuar describiendo la metodología de la optimización de la barra.

Tabla 4.1. Ingredientes* de la formulación definitiva de la Unibarra, producto desarrollado con nopal en polvo.

• Aceite	• Avena en hojuelas**	• Chocolate semiamargo (granillo y chipas)	• Nopal en polvo
• Aceite en aerosol	• Azúcar glass***	• Huevos	• Nueces**
• Ajonjolí**	• Canela en polvo	• Jugo de manzana**	• Uvas Pasas**
• Amaranto tostado**			• Vainilla

*Mencionados en orden alfabético. ** Componentes de la granola. ***Componente de granola y mezcla de Unibarra.

4.1.1.1 Proceso de las barras desarrolladas.

4.1.1.1.1 Preparación de formulación de granola

Para la preparación de la granola se incluyó una mezcla de ajonjolí, amaranto, avena, azúcar glas, jugo de manzana, nuez picada y pasas, los cuales fueron pesados previamente. Dicha mezcla se fue agregando en diferentes secuencias cuya duración total de horneado fue de 1 hora a una temperatura de 140°C, moviendo cada 15 minutos la mezcla; la nuez se agregó a los 30 minutos de horneado, mezclado uniformemente. El amaranto y las pasas se agregaron al final de este horneado una vez apagado el horno con un reposo en el interior hasta llegar al enfriamiento. Cuando se ha enfriado, se mezcló uniformemente para que quedara esparcida y distribuida tanto la mezcla de avena con el amaranto como con las pasas (si la pasa estaba grande se cortaba hasta en cuatro partes para que se distribuyera mejor). Se cuidó que la mezcla en la charola mientras se horneaba no quedara en las orillas o esquinas de la charola para que no se quemara. Una vez enfriada, se obtuvo el peso de la preparación previa terminada, comparando el peso de la preparación cruda y el peso de la preparación de granola terminada, siendo la pérdida justo el peso del jugo de manzana que se había agregado, el cual se ha evaporado con el horneado.

4.1.1.1.2 Mezcla de granola con el resto de ingredientes para formulación de barras

Previo pesaje y medida del resto de los ingredientes de la formulación (así como limpieza de recipientes y utensilios requeridos), se apartó la cantidad requerida de granola para la elaboración de las barras; a la granola pesada se le agregó el resto de los ingredientes secos (excepto el azúcar glas) de manera que quedaron bien distribuidos entre la granola, lo cual es notorio cuando tiene un color uniforme cafetoso. En otro recipiente se mezcló muy bien el aceite y el azúcar glas para que este sabor dulce se conserve por más tiempo en la barra, posteriormente se le incorpora la mitad de la vainilla líquida.

Por separado, se mezclaron los huevos uno por uno luego el resto de la vainilla y posteriormente se combinaron con batidor manual con la mezcla de grasa y azúcar, quedando una formulación líquida espesa café oscurecida por el color de la vainilla, siendo toda esta mezcla la sustancia cementante con los ingredientes secos. Por último de manera uniforme se mezcló por 7 minutos aproximadamente con los ingredientes secos

mencionados de manera que no quedaran ingredientes sin mezclar con la formulación espesa para que ligara muy bien la mezcla total y pudiera moldearse adecuadamente, lo cual es notorio al humedecerse todos los ingredientes secos.

4.1.1.1.3 Moldeado de barras

Se procedió al vaciado en la charola; dicha mezcla una vez hecha, requiere del extendido uniforme en charola o mesa de trabajo y moldeado inmediato, pues de lo contrario el dejar pasar tiempo de reposo dificulta ambos procedimientos, debido a que los ingredientes secos, especialmente la harina de nopal comienza a absorber la humedad de los ingredientes que la contienen, como se experimentó al probar el reposo en unas de las reformulaciones. El moldeado manual se facilitó al llevarlo a cabo con barras metálicas hechas de acero inoxidable a la medida para el corte vertical y horizontal las cuales previamente se engrasaron, se hizo presión con ellas sobre la masa extendida de manera vertical y horizontal y de ahí con pala se levantó cada “Unibarra”, se pusieron en la charola engrasada. Cada barra mide aproximadamente, 6cm de largo por 3cm. de ancho por 2cm. de alto (Figuras 4.1, 4.2 y 4.3.).

4.1.1.1.4 Horneado de barras

En horno precalentado a 175°C, se metieron las charolas con las barras por 30 minutos, al término de este tiempo se voltearon y se mantuvieron 5 minutos más dentro del horno a la misma temperatura para que tome un color más dorado en la superficie.

4.1.1.1.5 Enfriado de barras

Terminado el tiempo de horneado se sacaron las charolas del horno y se pusieron sobre rejillas para que enfriaran, posteriormente se pesaron.

4.1.1.1.6 Producto desarrollado terminado

Terminado el proceso, se obtiene una barra con olor dominante a chocolate con vainilla y canela, de color marmoleado o mosaico de tonos que van del beige al café oscuro proveniente de sus ingredientes originales dominantes en proporción del volumen, como son el beige claro del amaranto, la avena, el ajonjolí y el interior de la nuez a el café oscuro del exterior de la misma, intensificándose en el chocolate hasta el casi negro de las pasas, cada uno de estos ingredientes conservan su forma y su consistencia aun después del horneado dominando en la superficie una mayor porción de las esferitas de amaranto entre las que sobresalen en mucho menor proporción las hojuelas de avena en diferentes posiciones y alguno de los chips de chocolate y la oscuridad de algunos trocitos de pasa todos ellos unidos por un color café canela entre todas estas partículas de alimentos definidas, debido al color de la vainilla dominante en la mezcla de huevo que mantienen esta unidad. Se muestra una superficie lisa en la parte superior dado el proceso del extendido de la masa, con lados de mismos colores pero de superficies ya no tan lisas y con algunos espacios huecos debidos a la división con los moldes para la obtención de la forma de barra, siendo la parte inferior de superficie lisa y más oscura que todas las demás superficies debida a su contacto directo con la charola y más próximo a la fuente de calor, perdiéndose o cubriéndose por completo el color verde de la harina de nopal la cual ya no se distingue (Figuras 4.4 y 4.5).

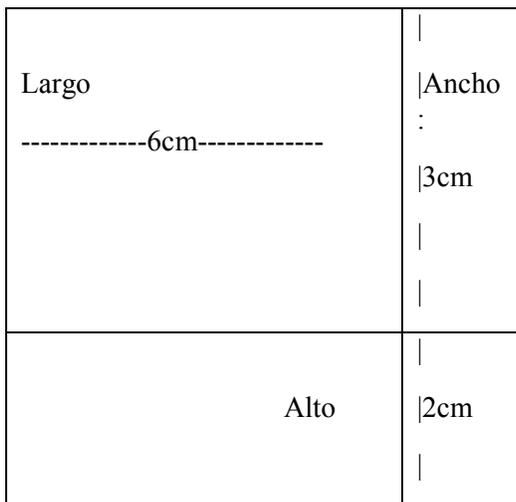


Figura 4.1. Tamaño de Unibarra

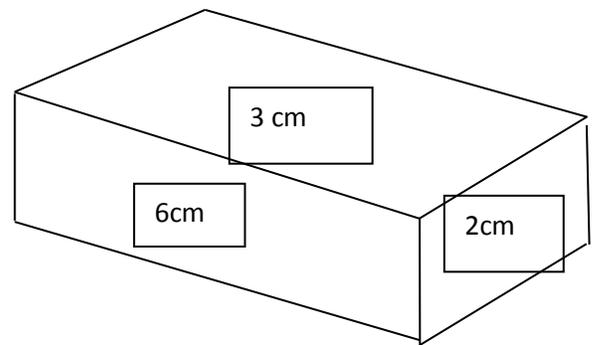


Figura 4.2. Medidas de Unibarra



Figura 4.3. Vista lateral de Unibarra

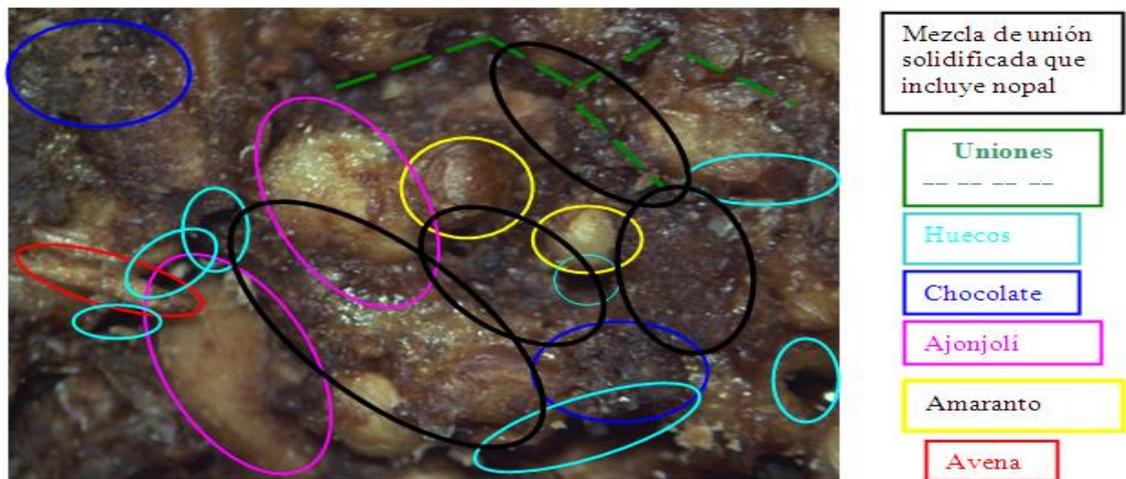


Figura 4.4. Fotografía de superficie superior de Unibarra (muestra 1). Aumento de 20X con esteroscopio binocular. Laboratorio de Biología, Facultad de Agronomía, UANL. Tomada de Escobar (2009).

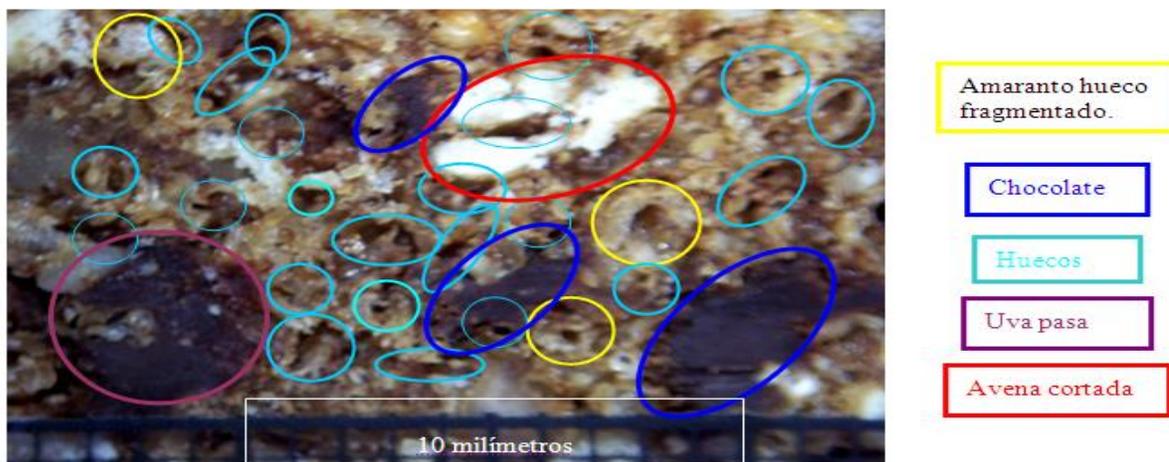


Figura 4.5. Fotografía de corte transversal de Unibarra muestra 2. Aumento de 10 X con esteroscopio binocular. Laboratorio de Biología, Facultad de Agronomía, UANL. Tomado de Escobar (2009).

Ésta es una descripción general, pero al comparar unas barras con otras de la misma formulación, dado la mezcla de tantos ingredientes sólidos de diversos tamaños y consistencias o texturas hace que se obtengan barras *heterogéneas* entre sí, pues las chispas, granillo de chocolate y las pasas que son más sobresalientes a simple vista por sus colores oscuros, quedan repartidas al mezclarse y moldearse en diversos lugares, dando una apariencia diferente entre todas las barras obtenidas, agrupándose así también el resto de los ingredientes sólidos de manera diversa en cada una de ellas, siendo parecidas pero no iguales las barras desarrolladas de nombre: Unibarra.

4.2 Proceso experimental para optimización

4.2.1 Diagrama de flujo para desarrollo de productos alimentarios como parte de la secuencia metodológica

4.2.1.1 Descripción

Tanto en el desarrollo de la barra como en su optimización, se apoyó en el “Diagrama de flujo para desarrollo de productos alimentarios” (Figura 4.6), el cual fue mejor detallado para este trabajo. El diagrama indica un ciclo de afinación con decisiones de aceptación o rechazo de las pruebas aplicadas a reformulaciones obtenidas para el logro de los objetivos

y las condiciones planteadas, en las que también se consideran las evaluaciones sensoriales, para la toma de decisiones a fin de caracterizar el producto desarrollado y/u optimizado.

La Figura 4.6 muestra el Diagrama de flujo de metodología para el logro de los objetivos planteados.

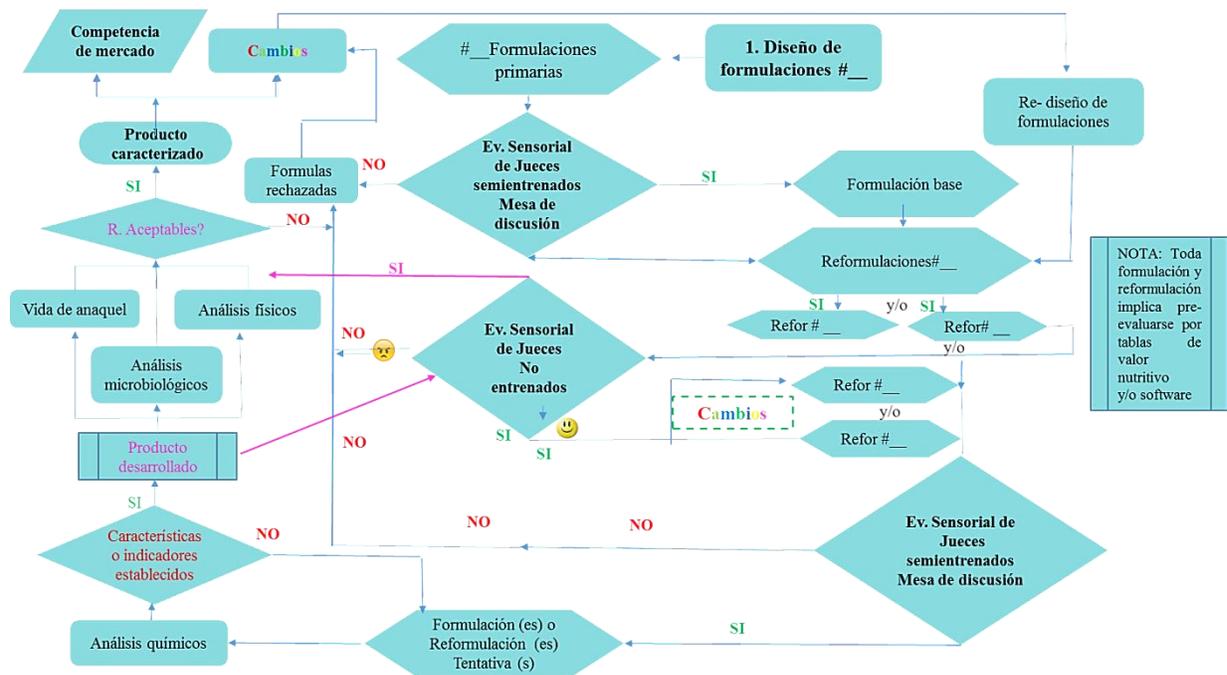


Figura 4.6. Diagrama de flujo para desarrollo de productos alimentarios. Tomado de Escobar (2009).

En el cuadro de “Características o indicaciones establecidas” se debe indicar la condición establecida para el producto a desarrollar y/u optimizar, la cual en este trabajo corresponde a la *cantidad de fibra que se requiere para poder caracterizar al producto como de “alto contenido en fibra”, la cual es de 6 gramos de fibra por 100 gramos de alimento ó 3 gramos por cada 100 Kilocalorías, como establece, el Reglamento 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre declaraciones nutricionales y propiedades saludables en los alimentos* (Diario Oficial de la Unión Europea, 2006), que ya se ha mencionado en el punto 2.1. Así, las formulaciones y reformulaciones se van estableciendo bajo una condición cuantitativa basada en la normatividad o en el conocimiento científico, como un indicador para el logro planteado en el producto desarrollado o a desarrollar, o se

vuelven a plantear como lo indica el ciclo del diagrama; el aplicar esta secuencia favoreció el logro de algunos de los objetivos planteados en estos trabajos.

Con el cálculo del valor nutritivo de los ingredientes de los productos a desarrollar con método aritmético con el uso de las Tablas de Valor Nutritivo (Muñoz *et al.*, 2005 las cuales pueden variar en base a la consulta bibliográfica más actualizada o disponible), o con software de cálculo, da una aproximación a los resultados esperados de las pruebas analíticas y aumenta la probabilidad de acercarse a la característica pretendida respecto a algún componente del producto a desarrollar.

4.2.2 Secuencia metodológica del diseño experimental para optimización del producto

4.2.2.1 Cambios en grosor

Basados en los puntos 3.1 y 3.2 en los laboratorios de Dietología y/o Alimentos de UANL, se aplicaron “cambios” al grosor y medidas de Unibarra conservando misma formulación, para intentar mejoría en textura, planteándose 3 grosores para su comparación y evaluación de textura y sensorial, siendo de 0.635cm (1/4 de pulgada), 1cm y 1.5cm. Éstas se prepararon siguiendo el mismo proceso desarrollado ya mencionado, con las modificaciones en las condiciones que se detallan enseguida incluyendo las pre-mezclas de la fortificación.

4.2.2.2 Modificación en las condiciones de los ingredientes

Se generaron modificaciones en las condiciones de sus ingredientes (hidratación (se estableció el tiempo de remojo) y corte de pasas, selección de un solo tipo de aceite (por consulta bibliográfica), y solo tipo de harina de nopal (por análisis químico y características organolépticas e información nutrimental), y solo la variedad de chocolate en gragea y eliminación de las chispas de chocolate (mejorar distribución en mezcla). Modificaciones para aceptación sensorial y optimización, éstos se evaluaron en mesa de discusión.

Cambios de peso y volumen durante las pruebas de formulaciones. Se consideró información sobre cambios de peso, volumen y de condiciones de los ingredientes, que influyen en modificaciones físico-químicas del producto para considerar en pruebas en planta piloto.

4.2.2.3 Diseño de formulaciones de pre-mezcla para enriquecer y fortificar la barra

La NOM 086-SSA-1994 (DOF, 1994) describe en el punto de definiciones que, “enriquecer” es adicionar una o varias vitaminas, minerales o proteínas (aminoácidos) en concentraciones superiores a los que normalmente contiene el producto; y define “fortificar” como adicionar una o varias vitaminas, minerales o proteínas (aminoácidos) que normalmente no contiene el producto. Dado que la barra desarrollada contiene vitaminas de complejo B, vitamina A y zinc aunque en pequeñas proporciones, se le *enriqueció* con éstas, y ya que no contiene vitamina C se le *fortificó* con ella a fin de que fuera una barra enriquecida y fortificada.

Se planteó para enriquecer y fortificar, con una pre-mezcla que cubriera de 15 a 20% de Ingesta diaria recomendada (IDR) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI-1994, (DOF, 1994), para considerarlos buena fuente de dichos nutrientes (Tabla 4.2), para obtener reformulación de Unibarra enriquecida y fortificada como parte de la optimización; se aplicaron las pre-mezclas en la formulación de las barras para evaluación química y sensorial. Las pre-mezclas fueron elaboradas por la empresa “Frutibases” de Escobedo, Nuevo León, México.

Cabe mencionar que al inicio de este trabajo se consideró la NOM-051-SCFI-1994(DOF, 1994), como se ha mencionado, pero ésta se actualizó en el transcurso, cuando ya se habían elaborado las pre-mezclas, actualmente está en vigencia la NOM-051-SCFI-2010 (DOF, 2010), por lo que en los resultados también se consideró la actualización de esta norma, para su discusión.

Tabla 4.2. Aporte de nutrientes en cantidad y % de IDR, por medio de pre-mezcla agregados para enriquecer y fortificar la Unibarra para cubrir las cantidades establecidas.

Nutrientes y unidades	Aporte de premezcla*** por porción 20% de IDR	Aporte de premezcla*** por porción 15% de IDR	Unibarra porción (40g) sin fortificar	Ingestión diaria recomendada (IDR)****
Zinc, mg	3	2.25	0.6*	15
Vitamina B ₁ mg	0.300	0.23	0.110**	1.5
Vitamina B ₂ mg	0.340	0.26	0.080**	1.7
Vitamina B ₆ mg	0.40	0.30	0.05**	2.0
Niacina mg	4.0	3.0	0.3**	20
Ácido fólico µg	40.0	30.0	10.4**	200
Vitamina B ₁₂ µg	0.400	0.300	0.155**	2
Vitamina C mg	12.0	9.0	1.0**	60
Vitamina A µEq	200.0	150.0	15.8**	1000

* Datos de los resultados de análisis químicos en Unibarra. (Escobar, 2009)

** Datos obtenidos por el cálculo aritmético en Excel de Tablas de Valor Nutritivo (Muñoz *et al.*, 2005), no se hicieron análisis químicos de estos nutrientes. (Escobar, 2009)

***Para agregar a la mezcla de la Unibarra a optimizar

****IDR de la NOM-051-SCFI 1994 (DOF, 1994).

“Empresa Frutibase” participante en la elaboración de las pre-mezclas.

4.2.3 Mesa de discusión para toma de decisiones

En el transcurso de este trabajo parte de la metodología consistió en la toma de decisiones en “mesa de discusión” conformada por directores de proyecto y autor, en cuanto a evaluación de cambios generados para optimización de barra, propuesta de sugerencias, reportes de resultados y ajustes en la optimización.

Cambios y modificaciones primarios en barra desarrollada, para optimización

Se realizaron los primeros cambios relacionados con: el fraccionamiento de las pasas y previo remojo, para mejorar distribución en la mezcla y cambiar la secuencia de su agregado, para evitar que se resequen y quemem (resultado en pruebas anteriores); selección de un solo tipo de chocolate, para mejor distribución; definir el tipo de aceite y el tipo de

nopal en polvo (marca comercial) para mejor presentación y percepción sensorial del producto a través de la valoración del aporte de fibra y de las características organolépticas de su aplicación en barras de cada tipo. Se evaluaron y justificaron los cambios en los componentes según los resultados.

4.2.4 Materiales para moldeo de barras

A nivel de laboratorio, moldear las barras a medida es laborioso y tardado, se solicitó prototipo, diseño y elaboración de molde para los grosores y un molinillo con discos afilados y se adquirió “bicicleta con discos con ajustes de medida, a manera de facilitar su elaboración en cada prueba de elaboración para las diferentes evaluaciones requeridas para la optimización (Figura 4.7.).



Figura 4.7. Materiales para moldeo de barras en laboratorios



Figura 4.8. La barra delgada

4.2.5 Ensayos en Planta Piloto

En base a: las formulaciones, el proceso desarrollado en laboratorio (Figura 4.9.), la aplicación de cambios, pruebas y resultados, la investigación bibliográfica y de materias primas, el equipo y las condiciones del proceso, se llevaron a cabo ensayos para la optimización de barra y producción en serie en la Planta piloto de desarrollo de productos “Lloveras” y Estancia en Facultad de Veterinaria de la UAB, Barcelona, España (Tabla 4.3.).

Se adquirieron las materias primas para las formulaciones, previo envío autorizados del nopal en polvo de México a Barcelona.



Figura 4.9. Descripción del proceso de elaboración de la Unibarra desarrollada en trabajo de investigación anterior. Tomada de Escobar (2009).

Utilizando la maquinaria de la planta piloto de desarrollo de productos “Lloveras”, para las pruebas de producción en serie, se realizaron los ensayos con la formulación original, para su aplicación en el vaciado y desplazamiento de la mezcla en crudo de manera adecuada y su corte en tamaño específico, así como también se llevaron a cabo modificaciones de sustitución en formulación original.

Se plantearon modificaciones y reformulaciones en cuando a: sustitución de huevo por albúmina en polvo, agregado de agua para suplir la humedad del huevo y agregado de aceite que supliera el efecto de la yema y del contenido de grasa, pruebas con uso de glucosa y fructuosa, o solo glucosa en sustitución de azúcar, uso de lecitina y de la premezcla de nutrientes, así como, los ajustes en el equipo y materiales de la planta para la obtención del producto terminado en crudo, para luego ser horneados en la planta de alimentos del Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la UAB o en la misma planta “Lloveras”.

En mesa de discusión se revisaban los resultados de cada ensayo y se establecían los ajustes para siguientes ensayos y pruebas, se diseñaban las reformulaciones y se sacaban las conclusiones. Con todos estos ensayos se determinó la barra optimizada para su evaluación sensorial y pruebas químicas.

Tabla 4.3. Descripción de ensayos en planta piloto de desarrollo de productos “Lloveras”

Ensayo	Características del procedimiento
1. Formulación original. Con 1Kg. de masa	Elaboración de la formulación original en poca cantidad para prueba con el equipo y ajustes de las características. Horneado de pruebas
2. Formulación original. Con 4Kg. de masa	Trabajar con mayor cantidad de masa y con los ajustes en temperatura y distancia del cilindro #1.
3. Formulación con sustitución del huevo por albúmina y azúcares por glucosa y fructuosa. Con 2Kg. de masa	Elaborar masa con albúmina, glucosa y fructuosa, en sustitución del huevo y el azúcar, las cuales serán parte de la fase líquida que une los ingredientes secos.

Tabla 4.3. Continuación.

Ensayo	Características del procedimiento
4. Formulación de sustitución con albúmina y azúcares por solo glucosa, agregado de lecitina. Con 2Kg. de masa	Elaborar masa con albúmina y sustituyendo la fructuosa por glucosa, para solo usar glucosa, además agregar lecitina, y poner un 10% más de agua a la mezcla, obteniendo una mezcla líquida con más parecido a la mezcla de huevo original.
5. Formulaciones fortificadas, con 3Kg de masa cada una	Se hicieron las 2 masas de receta original y con sustituto de albúmina y glucosa y lecitina, pero se fortificaron con la pre-mezcla de 20% IDR, agregando 35% más, para suplir las pérdidas por horneado.

Planta piloto de desarrollo de productos “Lloveras”, en Rubí, Barcelona, España.

4.2.6 Análisis en formulaciones de prueba para optimizar y caracterizar el producto

4.2.6.1 Análisis físicos

4.2.6.1.1 Textura

La textura fue evaluada a través de la medición de la fuerza de corte en muestras de 3 barras con diferente grosor, de 0.635cm (“delgada”, 1/4 de pulgada), 1cm (“gruesa”) y 1.5cm (“muy gruesa”), con el Texturómetro: “TA2-XT plus”, en Laboratorio de Análisis Sensorial de la UANL. De una muestra de 20 barras de la Unibarra de 0,635cm de grosor, otra muestra de 20 barras de 1,5cm y otra muestra de 12 barras 1,0cm, cada muestra fueron tomadas al azar de una bolsa de 36 piezas. El Texturómetro modelo “TA2-XT plus” de los más usuales en la industria alimentaria, es un instrumento conectado a una computadora, un monitor y un teclado de control (Figura 4.10 y Anexo 6).



Figura 4.10. Texturómetro modelo “TA2-XT plus”
Laboratorio de Facultad de Agronomía, UANL

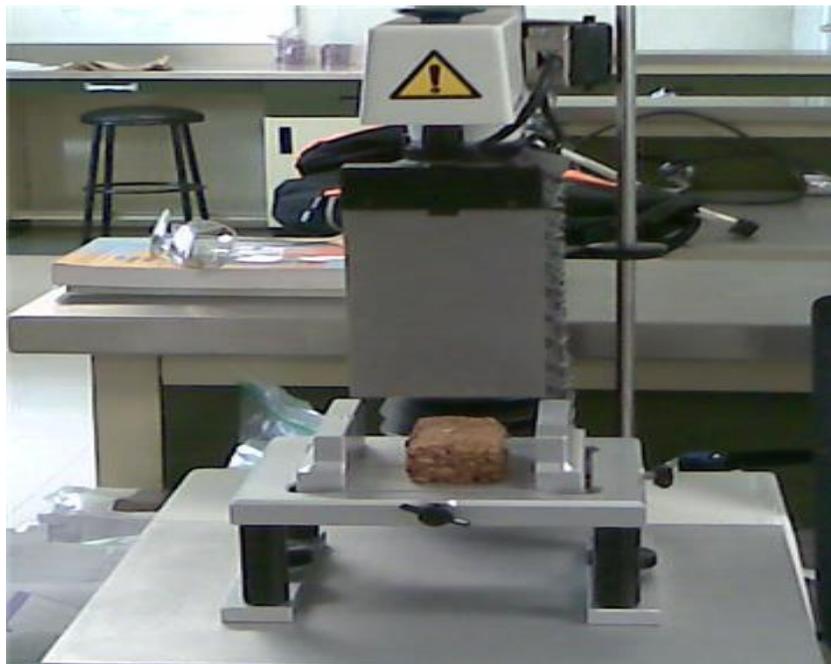


Figura 4.11. Texturómetro modelo “TA2-XT plus”, listo para evaluar barra.
Laboratorio de Facultad de Agronomía, UANL.

Cada pieza se colocó en el centro de la plataforma destinada para ello, luego el dispositivo medidor (cuchilla de un solo filo o “Warner bratzeler”) se bajó para cortar cada barra (Figura 4.11). El analizador de textura se programó para mantener una velocidad de la cuchilla que bajara a 2mm/segundo y un descenso de hasta 50mm, lo que permitió avanzar hasta 5cm, después de que sintió la primera fuerza al contacto con la superficie, se midió “la fuerza de corte mayor” en cada barra (Figura 1 en Anexo 6) expresada en Newtons (N). Esta fuerza, se graficó en el monitor marcando el punto en el pico más alto que indica el valor máximo de la fuerza de corte aplicada a cada pieza barra de diferente grosor (ver Figura 2 y 3 en Anexo 6), cada dato se pasó en Excel determinando el promedio de la fuerza de corte y la desviación estándar, obteniendo los resultados se aplicaron los estadísticos de prueba y se obtuvieron las tablas de salida.

4.2.6.1.2 Estadísticos de prueba de Textura

Para los estadísticos de prueba de evaluación de la comparación de la diferencias de fuerza de corte de las 3 muestras de barras con diferente grosor, se aplicó el Método estadístico de Diferencia de medias X_1-X_2 , X_1-X_3 , y X_3-X_2 , para prueba de t de Student con $(n_1+n_2)-2$ grados de libertad, $(n_1+n_3)-2$ y $(n_3+n_2)-2$, respectivamente (Daniel, 1996).

El estadístico de prueba que permite contrastar $H_0: X_1=X_2$ frente a $H_1: X_1 \neq X_2$ a partir de dos muestras aleatorias e independientes es $t = (X_1-X_2) \div (sp\sqrt{(1/n_1) - (1/n_2)})$, siendo X_1 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barra “delgada” de 0.635cm de grosor (delgada, Barra 1) y X_2 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de 1.5cm de grosor (muy gruesa, Barra 2).

Siendo sp la estandarización de la desviación estándar, $sp = \sqrt{\frac{(n_1-1)(dv_1^2) + (n_2-1)(dv_2^2)}{(n_1+n_2)-2}}$

Este planteamiento se conoce como de 2 colas, ya que no declara sentido alguno de diferencia, con un 95% de confianza o una $p=0.025$. (Wayne, 1996).

La hipótesis nula de contraste es $H_0: X_1=X_2$; siendo X_1 la media obtenida del total de observaciones de la muestras de la barras “delgadas” o Barra 1 y X_2 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras “gruesas” o Barra 2.

Asimismo se compararon la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de grosor de 0.635cm o X_1 y X_3 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de 1.0cm de grosor o Barra 3.

Y se contrastaron la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de grosor de 1.5cm (Barra 2) o X_2 y X_3 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de 1.0cm de grosor (Barra 3).

Por lo que el segundo estadístico de prueba que permitió contrastar $H_0: X_1=X_3$ frente a $H_1: X_1 \neq X_3$ a partir de dos muestras aleatorias e independientes es $t = (X_1 - X_3) \div (sp \sqrt{(1/n_1) + (1/n_3)})$, siendo X_1 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de grosor de 0.635cm (Barra 1) y X_3 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de 1.0cm de grosor (Barra 3).

El tercer estadístico de prueba permitió contrastar $H_0: X_2=X_3$ frente a $H_1: X_2 \neq X_3$ a partir de dos muestras aleatorias e independientes es $t = (X_2 - X_3) \div (sp \sqrt{(1/n_2) + (1/n_3)})$, siendo X_2 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de grosor de 1.5cm (Barra 2) y X_3 la media obtenida del total de observaciones de la muestra de barras de 1.0cm de grosor (Barra 3).

Enseguida se hizo la tabla comparativa para conocer si existe entre ellas diferencia estadística significativa y para su discusión.

4.2.6.1.3 Actividad del agua

Tanto en el Laboratorio de Biotecnología de Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, como en el laboratorio de la Facultad de Veterinaria de la UAB, se determinó la actividad del agua (a_w) con el instrumento “Aqualab” midiendo la caída de voltaje cuando se pasa la corriente eléctrica en el alimento, obteniendo el resultado directo de la a_w de barras optimizadas (tomadas al azar) y con los datos se calculó el resultado promedio.



Figura 4.12. Instrumento AQUALAB para obtención de actividad del agua (a_w)

4.2.6.2 Análisis microbiológicos

Para determinar la calidad sanitaria, en el Laboratorio de Análisis microbiológico de los alimentos de la Facultad de Química de UANL, se aplicaron las pruebas microbiológicas en base a la normatividad mexicana las cuales se muestran en la siguiente Tabla 4.4, se hicieron para la determinación de Mesófilos aeróbicos, Coliformes totales, Mohos y Levaduras. Éstas se basan tanto en la Normatividad mexicana existente relacionada con procedimientos de microbiológicas y métodos oficiales de análisis (AOAC, 2000). Tabla 4.4. Se seleccionaron estas pruebas dado el contenido de cereales de la Unibarra y en con fundamento en la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 (DOF, 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. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba, considerando los valores para “la galleta”, seleccionado este alimento pues es el más parecido a las características de la barra, ya que la barra no es mencionada en esta norma que hace referencia a los cereales, que son los componentes en mayor proporción de este producto (avena y amaranto).

Tabla 4.4. Métodos y Normas de referencia utilizados para calidad microbiológica de la barra

Determinación	Método y Norma
Mesofílicos aeróbicos	En agar para cuenta estándar incubada 48 hrs. a $35 \pm 2^\circ\text{C}$. NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa (DOF, 1994)
Coliformes totales	NOM-112-SSA1-1994 (DOF, 1994). Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
Mohos	En agar patata dextrosa acidificado incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ por 5 días. NOM-111-SSA1-1994 (DOF, 1994). Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
Levaduras	En agar patata dextrosa acidificado incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ por 5 días. NOM-111-SSA1-1994 (DOF, 1994). Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

Al igual que en la analítica física y química las muestras para este estudio fueron seleccionadas al azar. Se obtuvieron los resultados de las pruebas para su discusión.

4.2.6.3 Análisis químicos

En el Laboratorio de Análisis Químico de los Alimentos de la Facultad de Química de UANL, se llevaron a cabo los análisis químicos específicos de la formulaciones de prueba para optimizar, evaluando los contenidos de humedad, proteína, grasas (extracto etéreo), **fibra dietética, fibra soluble e insoluble**, ceniza, sodio, hierro, calcio, fósforo y zinc, y vitaminas específicas (Retinol, Ácido Ascórbico, Ácido Fólico, Riboflavina y Tiamina). Los hidratos de carbono se obtuvieron y calcularon por diferencia (Chodf).

En el Laboratorio de Análisis Químico de los Alimentos de la Facultad de Salud Pública y Nutrición de UANL, se llevaron a cabo los análisis químicos específicos de dos variedades de nopal en polvo, evaluando los contenidos de humedad, proteína, grasas (extracto etéreo), **fibra insoluble**, y los hidratos de carbono ((extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles), se obtuvieron y calcularon por diferencia (Chodf).

4.2.6.3.1 Selección de muestras

Para la selección al azar de la muestra para los análisis químicos, una persona ajena al estudio sacó con guantes varias barras de una bolsa que las contenía sin selección específica, hasta completar 250g que es la cantidad de muestra requerida para hacer las evaluaciones de contenido de fibra y los nutrientes señalados por duplicado. Para el nopal en polvo solo se seleccionó la cantidad necesaria para cada tipo de harina de nopal de sus respectivos recipientes.

4.2.6.3.2 Reporte de resultados

Se reportaron los resultados de cada sustancia en términos de porcentaje y luego se interpretaron en 100 gramos (Tabla 4.5.) y con estos datos se estandarizaron para 40 gramos, que es el tamaño de la porción adecuada según NOM-247-SSA-2008 para “la galleta”, seleccionado este alimento pues es el más parecido a las características de la barra, ya que la barra no es mencionada en esta norma que hace referencia a los cereales, que son los componentes en mayor proporción de este producto (avena y amaranto) (DOF, 2008).

4.2.6.3.3 Métodos de referencia utilizados

Se aplicaron los métodos según referencia que se desglosa en la tabla siguiente.

Tabla 4.5. Métodos de referencia utilizados para características químicas de la barra

Determinación de:	Método y referencia utilizado:
Proteína (%)	Por determinación de Nitrógeno o de Kjeldahl. AOAC 928.08
Grasa (%)	NOM-086-SSA1-1994
Fibra dietética total (%)	Método enzimático-gravimétrico con buffer de fosfatos. AOAC 985.29
Fibra dietética soluble (%)	AOAC 991.42
Fibra dietética insoluble (%)	AOAC 991.42
Humedad (%)	AOAC 950.46B
Ceniza (%)	AOAC 938.08

Tabla 4.5. Continuación.

Determinación de:	Método y referencia utilizado:
Sodio(mg/100g)	AOAC 945.04
Hierro(mg/100g)	AOAC 945.04
Calcio (mg/100g)	AOAC 945.04
Fósforo (mg/100g)	AOAC 965.17

AOAC: Association of Official Analytical Chemists (2000).

4.2.6.4 Evaluación sensorial

De las barras por optimizar, para medir la preferencia de “formulaciones modificadas” de barra a optimizar, se compararon las barras enriquecidas y fortificadas y las barras sin enriquecer ni fortificar. Para comparar el nivel de agrado y su calificación, se comparó el nivel de agrado y la calificación por la barra “delgada” y con formulación de albumina, enriquecida y fortificada con respecto a la “muy gruesa” y con huevo entero. (Pedrero y Pangborn, 1997)

4.2.6.4.1 Evaluación sensorial de barras “enriquecidas y fortificadas” y barras sin enriquecer ni fortificar

Se elaboró el cuestionario de la prueba para evaluación sensorial a las barras enriquecidas y fortificadas o barras sin enriquecer ni fortificar que abarco estos 2 aspectos que indicaron la preferencia como lo señalan los reactivos del 1 al 5, e indicando la aceptación como los reactivos 6 y 7 (ver anexo 1 y 2).

Los 2 tipos de barras se sometieron a evaluación sensorial, nominando barra #704 a la barra delgada, enriquecida y fortificada y barra #451 a la barra gruesa, sin enriquecer ni fortificar.

Se utilizó el Método de “Preferencia descriptivo” de tipo afectivo (Pedrero y Pangborn, 1997) (Formato en Anexo 2). La prueba de evaluación sensorial se aplicó a 30 jueces no entrenados (JNE) o posibles consumidores (Anzaldúa, 2005; Bello, 2000; Pedrero y

Pangborn, 1997), personas que no se relacionan con la investigación del alimento pero son consumidores habituales del tipo de producto y potenciales del producto a evaluar. Se descartaron consumidores que presentan intolerancia o alergia al chocolate o/y nuez o/y avena o/y huevo (Anzaldúa, 2005), el horario de prueba fue a las 11:00 AM., pues el horario común de comida en esta región es entre las 13 y las 14 horas.

Materiales para la evaluación sensorial

Para la aplicación de la prueba se requirió de los siguientes materiales:

- ✓ 60 platos pasteleros de plástico blanco, de ellos 30 se marcaron con #704 y 30 con #451 para que las muestras quedaran identificadas.
- ✓ 60 servilletas
- ✓ 30 vasos de plástico transparente desechables
- ✓ Agua para enjuagarse la boca
- ✓ 30 formatos de encuesta
- ✓ 1 aula preparada con las bancas separadas para no favorecer la comunicación entre los evaluadores.
- ✓ 30 barras clave #704 de 25 a 30 gramos aproximadamente, (suficiente para dar 3 probadas mínimo) y 30 barras clave #451 de igual peso. Las barras fueron preparadas el día anterior a la evaluación.

Realización de la prueba

Se llevó a cabo de la siguiente manera:

- 1 Las muestras presentadas de manera uniforme se colocaron en los platos respectivos y se pusieron en los lugares de los evaluadores, así como, los vasos con agua y las hojas de evaluación.
- 2 Los jueces consumidores se citaron en diferentes momentos y entraron en grupos de 10. Al salir el primer grupo, se prepararon nuevamente los lugares con las siguientes muestras, luego pasó el siguiente grupo, y así sucesivamente.
- 3 En cada grupo al inicio de la evaluación y una vez todos en su lugar se les dieron las indicaciones y se procedió a la evaluación del producto.

Análisis estadístico de pruebas sensoriales

Se evaluaron los resultados de la Evaluación de los reactivos relacionados con la preferencia por barra enriquecida y fortificada (con primer tipo de pre-mezcla) y el otro tipo de barra sin enriquecer ni fortificar y “gruesa”. De la Prueba de preferencia, se evaluaron los resultados de los reactivos relacionados con la preferencia y se vaciaron en tabla de frecuencias para su análisis estadístico de tipo descriptivo de comparación de medias con el promedio ponderado de cada barra.

Se revisaron los resultados y se consideraron para la mejoría en los siguientes ensayos y siguiente evaluación sensorial.

Asimismo, se revisaron las respuestas a los reactivos relacionados con la selección de lugar de compra y de la cantidad de consumos por frecuencias, porcentajes de respuesta y respuestas abiertas (Figuras 5.10 y 5.11).

4.2.6.4.2 Prueba Hedónica comparativa de nivel de agrado y calificación por la barra “delgada”, enriquecida y fortificada con la barra “muy gruesa” elaborada con huevo

Se aplicó la encuesta de la evaluación sensorial Hedónica de “nivel de agrado” (Anexo, 3 y 4, utilizando mismas claves pero con diferentes JNE) de las barras con diferente grosor: “delgada” con albumina, enriquecida y fortificada, (con vitamina A sin sabor residual) o “muy gruesa” con huevo, en 30 JNE y en 51 JNE, respectivamente, (con la secuencia mencionada en el punto 4.2.6.4.1, pero con distintas muestras y según el tamaño de las muestras).

Se evaluaron los resultados de los reactivos relacionados con el nivel de agrado (Anexo 3) y se vaciaron en tabla de frecuencias para su análisis estadístico de tipo descriptivo y comparativo con el promedio ponderado del nivel de agrado y con la calificación promedio.

Asimismo, se revisaron las respuestas a los reactivos relacionados con la selección de lugar de compra y de la cantidad de consumos por frecuencias, porcentajes de respuesta, y

respuestas abiertas (Anexo 3), y se vaciaron los datos de los cambios sugeridos en tablas para revisión y decisiones.

Se procedió de igual manera con la barra “gruesa”, con huevo, sin enriquecer ni fortificar, (Anexo 4).

Método estadístico de Diferencia de proporciones: $\pi_1 - \pi_2$. Aplicado a las pruebas comparativas

Para la evaluación de la Prueba Hedónica de nivel de agrado por la barra “muy gruesa” elaborada con huevo y la barra “delgada” elaborada con albúmina se aplicó este método.

El estadístico de prueba que permite contrastar $H_0: \pi_1 = \pi_2$ frente a $H_1: \pi_1 \neq \pi_2$ a partir de

dos muestras aleatorias e independientes es
$$Z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n_1} + \frac{p(1-p)}{n_2}}}$$
 siendo p la estimación de π obtenida del total de observaciones de cada barra.

Este planteamiento se conoce como de 2 colas, ya que no declara sentido alguno de diferencia y se hizo con un 95% de confianza o una $p \leq 0.025$ (Pedrero y Pangborn, 1997, Daniel, 1996).

La hipótesis nula del contraste es: $H_0: \pi_1 = \pi_2$; siendo π_1 la proporción poblacional de preferencia de barra “muy gruesa” y con huevo, y π_2 la proporción poblacional que prefiere la barra “delgada” y con albúmina. Se analizaron los resultados y se obtuvieron las tablas de salida.

4.2.7 Vida de anaquel

4.2.7.1 Sin empaque

Para evaluar la vida de anaquel sin empaque y evaluar el tiempo en que puede conservar características nutritivas, sensoriales y sanitarias, se determinó cinética de deterioro para inferirla a 25°C, basada en Labuza (1985), que la cantidad mínima de temperaturas para conducir un estudio de vida útil son tres, se establecieron 25°C, 35°C y 45°C, ya que tienen un intervalo de 10°C para calcular fácilmente el Q_{10} . Haciendo prueba preliminar: temperatura de almacenamiento 55°C e iluminación de 24hrs con luz (40W), cada día se hizo análisis sensorial, cuando se detectó sabor a rancio en barra, se determinó índice de peróxido.

- Se procedió a seleccionar al azar barras de Unibarra. Se pusieron dos grupos de barras sin empaque en dos estufas a dos diferentes temperaturas (45°C y 55°C).
- Cada dos días se presentó una muestra a un grupo de jueces semientrenados de 6 personas los cuales probaron el producto para evaluar la percepción del sabor rancio y la sensación de reseco, y escribieron su opinión. Cuando 3 o más jueces coincidían en su opinión está se anotó como característica del producto.
- Cada 4 días se tomó una muestra del alimento y se procedió a extraerle el aceite y determinarle el índice de peróxido (AOAC, 1990). Se relacionó la percepción del sabor de normal a rancio y la sensación de reseco del producto con el índice de peróxido. Al concluir estas pruebas se analizaron los datos obtenidos para determinar la cinética de deterioro y poder inferir la vida de anaquel del alimento a temperatura ambiente (25°C).
- La determinación de la cinética de deterioro para inferir la vida de anaquel a 25°C, se concluyó con los resultados obtenidos por los jueces semientrenados de la evaluación en relación al sabor producido en las unibarras cada 2 días que se sacaban de las estufas de 45 y 55°C respectivamente, que se compararon con la determinación del índice de peróxido cada 4 días y se vaciaron en tablas. Cuando las barras estaban resacas y con sabor a rancio se concluyó que se cumplió con la vida de anaquel esto sucedió al octavo día en las muestras almacenadas a 45°C y al sexto día en las muestras almacenadas a 55°C.
- Con estos datos se obtuvo el índice de temperatura o Q_{10} , extrapolando el valor de Q_{10} a la temperatura de almacenamiento normal (25°C), ya que de 45° a 25°C son 2

ciclos de 10°C, entonces se sustituyeron los datos, se obtuvo el Q_{10} y la vida de anaquel sin envase.

4.2.7.2 Con empaque

En cuanto a vida de anaquel con empaque; se determinó en unibarra con de polipropileno biorientado (BOPP) metalizado, sellada y almacenada a 25°C, con 12 horas/día de luz y 12 horas/día de oscuridad. Los análisis de rancidez se hicieron por duplicado. Se consideró para ambas pruebas que obteniendo valores mayores a 12 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite, fuera el fin de vida de anaquel (Labuza, 1985).

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización del producto

Una vez desarrollada la barra de “alto contenido de fibra“, se obtuvo (Tabla 5.1.) que el 47.11% del aporte **de fibra dietética** y el 78.25 % de **calcio** es del nopal en polvo lo que demuestra que favoreció el adicionar este alimento. Al aporte de fibra también contribuyen: la avena, el amaranto y la canela.

El contenido de fibra es una de las características del nopal que más ha llamado la atención, ya que el “nopalito” es el tallo de la planta, y las hojas son las que corresponden a las espinas. Así como, es rico en calcio, hierro, ácido ascórbico y en fibras dietéticas (3.2g/100g de peso neto, con relación de 30:70 de fibra soluble e insoluble) (Sánchez 2006). Razón por la cual se conserva la formulación para la optimización de la barra de “alto contenido de fibra”.

Tabla 5.1. Proporción de aporte de Fibra y Calcio según los ingredientes de la formulación de Unibarra por cálculo de tablas del valor nutritivo*

Ingredientes**	Fibra gramos	Proporción de aporte %	Calcio miligramos	Proporción de aporte %
Aceite	0.0	0.0	0.0	0.0
Ajonjolí	4.41	3.53	508.90	5.18
Amaranto	15.93	12.74	949.00	9.67
Avena	30.23	24.18	238.16	2.43
Azúcar glas	0.0	0.0	0.0	0.0
Canela	12.64	10.11	0.64	0.01
Chocolate	0.10	0.08	44.16	0.45
Huevo	0	0.0	268.80	2.74
Jugo de manzana	0	0.0	15.00	0.15
Nopal en polvo ***	58.88	47.11	7,680.00	78.25
Nuez pelada	1.20	0.96	55.20	0.6
Uvas Pasas	1.61	1.29	55.30	0.56
Vainilla	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	125.0	100	9,815.16	100.00

*Muñoz *et al.* (2005)

**Mencionados en orden alfabético.

*** Nopalitoz (2008)

5.1.1 Resultados y discusión de la barra a optimizar

5.1.1.1. Cambios de peso y volumen durante la elaboración de barras

Para obtener el peso promedio por porción se estableció el porcentaje promedio de pérdida de peso por horneado y mermas en granola y barras (Tabla 5.2) siendo el resultado de $17.11\% \pm 0.01$ y $24.57\% \pm 0.01$ respectivamente. Lo que refleja la pérdida de humedad en la barra y explica el deshidratado de las pasas.

Los cambios de peso y volumen, influyen en modificaciones físico-químicas del producto y balance de masa (Alba. *et al.*, 2008).

Tabla 5.2. Porcentaje promedio de pérdida de peso por exposición al horneado en granola y masa para barras

Formulación Muestra	Granola* Pérdida de peso %	Masa para barras Pérdida de peso %
1	16.66	23.11
2	17.58	24.71
3	16.24	24.52
4	17.97	26.29
5	NA	23.80
6	NA	24.64
Promedio de pérdida	17.11 %\pm0.01	24.57\pm0.01

*La granola es preparación previa para elaboración de barras.

Tabla 5.3. Resultado promedio de pérdida de peso por exposición al horneado en granola y masa para barras

Formulación	Porcentaje promedio de pérdida de peso por horneado
Granola *	17.11%\pm0.01
Masa para barras	24.57%\pm0.01

*La granola es preparación previa para elaboración de barras.

5.1.1.2 Cambios de características y/o condiciones de ingredientes para mejorar las cualidades organolépticas

Describe Quintero (2002), en su trabajo respecto al tema de desarrollo de productos, que las características de calidad del producto sean las planeadas y las reclamadas por el consumidor en cuanto a rendimientos; pesos y contenidos netos, inocuidad; valor nutrimental; composición química y bioquímica; estabilidad de almacenamiento, facilidad de manipulación, preparación y consumo; aspecto; apariencia; textura; caracteres olfato gustativos y atributos simbólicos; distinción, exclusividad y sobriedad, por lo que de acuerdo a lo anterior y en base al producto desarrollado y reseñado en punto 4.1, conservando su formulación y peso por porción, para asegurar atributo de “alto contenido de fibra”, se inició con los **cambios** en cuanto a características de algunos ingredientes para mejorar las cualidades organolépticas, tales como:

- Humectación de pasas y corte, agregado a la mezcla para barras, para evitar deshidratación o quemado que se observó en las formulaciones anteriores un solo tipo de chocolate (granillo), mejora distribución en mezcla.
- Un solo tipo de aceite.
- Una variedad de nopal en polvo.

5.1.1.2.1 Humectación de pasas y corte, agregándose a la mezcla para barras listas para hornear y no en la granola

Las pasas son un alimento deshidratado que al hornearse se deshidrataba más, algunas hasta quemarse, lo cual se observó en las formulaciones anteriores, además, éstas se agregaban sin hidratar al finalizar el horneado de la granola.

Considerando la pérdida de casi el 24% de promedio por evaporación durante el horneado, se hicieron las pruebas para seleccionar el tiempo mínimo de remojo durante la elaboración de las barras, ver tabla 5.4 que muestra la proporción de absorción de humedad de las pasas en remojo y el índice de capacidad de rehidratación (IC). De lo que se estableció que el tiempo mínimo de remojo sería de 45 minutos a fin de que al menos se aumentara un 44%

en promedio la proporción de absorción del líquido en las pasas (Tabla 5.4), que éste se empezara antes del inicio de la elaboración de la granola que implica 60 minutos, para aprovechar el tiempo y lograr que las pasas no estuviesen muy reseca y conservaran un poco de humedad (Tabla 5.5) al agregarlas a la mezcla para barras y no en la granola.

Tabla 5.4. Evaluación de la capacidad de absorción promedio de uvas pasas para hidratación pre-horneado, para fijar tiempo de remojo

Número de muestra	Tiempo de remojo (minutos)	Peso crudo (g)	Peso con 120ml de agua (g)	Peso de pasas remojadas y escurridas (g)	Porcentaje de absorción %	IC ⁺
1	30	70	190	100	42.86	0.4286
2	30	70	190	97	38.57	0.3857
3	30	70	190	102	45.71	0.4571
4	45	70	190	103	47.14	0.4714
5	45	70	190	99	41.43	0.4143
6	65	35	95	54	54.28	0.5428
7	65	7	19	11	57.00	0.5700
8	75	70	190	107	52.86	0.5286
9	75	70	190	106	52.43	0.5243
10	180	70	190	114	62.86	0.6286
11	180	70	190	112	60.0	0.6000

Nota: remojadas en 1.7 veces su peso en agua

IC⁺ = Índice de capacidad de rehidratación = g de contenido de agua absorbida /g de masa deshidratada o g de agua absorbida/ g de pasas deshidratadas.

Los alimentos deshidratados deben en lo posible rehidratarse lo más rápido posible y mostrar las mismas características estructurales y químicas del alimento fresco, como también sus propiedades nutricionales y sensoriales. El hecho de aumentar la temperatura de la solución rehidratante sigue siendo el método más utilizado para reducir el tiempo de rehidratación sin incurrir en mayores costos de operación. Aquí se usó agua a temperatura ambiente.

Dentro de los medios de rehidratación más utilizados en alimentos se encuentran, la inmersión en agua como la más simple (utilizada en este trabajo), en soluciones azucaradas (glucosa, sacarosa, trehalosa), leche, yogur, jugos de frutas y verduras, entre otras, donde

los períodos de inmersión, deben ser breves, y estos medios de rehidratación ayudan a conseguir un producto de características similares al producto fresco.

En cuanto a la transferencia de materia ocurrida durante la rehidratación, se puede mencionar que el agua (o solución hidratante) es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego disminuye gradualmente la absorción hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio, es decir, que todos los espacios inter o intracelulares queden saturados con agua o con solución hidratante. De esta manera la absorción de agua por parte de los tejidos del alimento deshidratado aumenta sucesivamente el volumen del mismo, junto con una salida de los sólidos desde el interior de estos tejidos (Restrepo *et al.*, 2006).

Tabla 5.5. Evaluación de la proporción promedio de absorción de humedad en pasas para hidratación pre-horneado, para fijar tiempo de remojo

Tiempo de remojo (minutos)	Porcentaje promedio de absorción %
30	42.38 \pm 3.59
45	44.49 \pm 4.04
65	55.64 \pm 1.92
75	52.65 \pm 0.30
180	61.43 \pm 2.02

Nota: remojadas en 1.7 veces su peso en agua

Como se puede observar en las tablas, donde al doble de tiempo de remojo no es el doble de proporción de líquido absorbido, ni se sextuplicó a los 180 minutos.

Al hacer el corte de la pasas escurrían agua, y la salida de solutos se comprobó con el color café que adquirirá el líquido de remojo sobrante y el sabor dulce ligeramente a uva; dicho líquido posteriormente se utilizó como parte del agua para hidratar la albúmina en polvo como se verá más adelante, lo cual le agregaba sabor y se aprovechaba.

En el fenómeno de la rehidratación existen tres procesos simultáneos: a) la absorción de agua dentro del material deshidratado, b) la lixiviación de solutos y c) el hinchamiento del material, donde el cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a las cantidad de agua absorbida, aumentado o recuperando su tamaño y volumen inicial. Las

variables operacionales del secado (temperatura, velocidad de aire, humedad relativa y tiempo) afectan significativamente la calidad final del producto rehidratado, por lo que es común utilizar índices numéricos para observar este efecto, entre estos indicadores destacan la capacidad de rehidratación (IC = Índice de capacidad de rehidratación = g de contenido de agua absorbida/g de masa deshidratada o gramos de agua absorbida / gramos de pasas deshidratadas), que tienen que ver con la estructura, el tejido y la capacidad de mantener el agua absorbida por el alimento. Este índice puede disminuir o aumentar, ya sea por una desnaturalización y/o agregación de proteínas bajo el efecto calor, concentración de sales, desorción de agua, destrucción de pectinas y membranas celulares (Restrepo *et al.*, 2006).

5.1.1.2.2 Selección de aceite de girasol como ingrediente

La estabilidad de los tipos de aceite repercute en la vida de anaquel y en los cambios organolépticos durante la misma; ya que en la barra se había utilizado principalmente de cártamo y de soja, éstos fueron cambiados, pues se ha encontrado que ambos contienen ácido linolénico (grasas polinsaturadas más susceptibles a la oxidación) en alta proporción, cuanto más saturados (sólidos) sean los aceites, más estables son frente a la disociación oxidativa e hidrolítica, y menos fácil es que polimericen. Los aceites ricos en ácido linolénico, como el de soja y el de canola, son particularmente susceptibles de sufrir estos cambios indeseables. Mencionado también que tienen bajo contenido de γ -tocoferol, considerado antioxidante, y que *hay más estabilidad* en los que tienen mayor contenido de ácido oleico (monosaturado), como el de girasol que fue seleccionado (FAO, 1993).

Quintín (1983), escribe que la reproducción selectiva de plantas en Estados Unidos dio lugar a la producción de semillas de girasol con un alto contenido oléico, que producen de 80 a 86% de ácido oleico y solo de 4 a 8% de ácido linolénico en el aceite, independientemente de las condiciones climáticas y del suelo. Este aceite se asemeja al de oliva y *su estabilidad frente a la oxidación es mejor. Favorecida también por su contenido de vitamina E.*

Las sustancias que retardan el comienzo de la rancidez oxidativa en las grasas han sido buscadas debido a lo desagradable del sabor de las grasas rancias. Estas sustancias se

conocen como “antioxidantes”. Muchos aceites derivados de las semillas de vegetales, contienen tocoferoles, presentes por naturaleza como antioxidantes (Charley, 2008) como el de girasol.

5.1.1.2.3 Selección de un tipo de chocolate

En formulación anterior se utilizaba la combinación de chipas de chocolate y granillo de chocolate en partes iguales, En mesa de discusión, se optó por la selección de un solo tipo de chocolate, el de granillo, ya que mejora su distribución, disminuye su costo y se cuenta con un solo tipo de materia prima para su obtención.

5.1.1.2.4 Selección del tipo de nopal en polvo

Se hicieron análisis químicos (Tabla 5.4) en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Salud Pública y Nutrición, UANL, basados en AOAC 2000 y normatividad mexicana), de dos tipos de harina de Nopal para su selección. En cuanto a la fibra insoluble los resultados no son fiables pues el nopal tiene una molienda tan fina que traspasa los espacios del filtro con el que se cuenta en el Laboratorio de Alimentos de la FaSpyN, UANL. Esto mismo hace que el cálculo de los hidratos de carbono no sea confiable al igual que el valor de las Kilocalorías, aun así tiene mejores cualidades el #1, en cuanto a menor humedad, mayor contenido de materia seca, proteínas y menor contenido de grasa. Pero la mayor razón por la que el Nopal en polvo seleccionado para las barras, fue el #1, se debió a que su color logra disfrazarse en la barra, en cambio el #2 le da un tono verde mohoso desagradable y como es menos fino su molido tiene fibritas alargadas muy notorias, por lo que quedó descartado.

Cabe mencionar del Nopal #1, que la ficha técnica del proveedor reporta la humedad de 6.26% muy parecida, y en el resto de los valores todos son ligeramente superiores, excepto la fibra insoluble, que es diez veces mayor al resultado obtenido (40.89%) y que se debe a la razón ya mencionada, lo cual confirma su riqueza en fibra.

El contenido de fibra es una de las características del nopal que más ha llamado la atención, esta característica es esperada si se piensa que el “nopalito” es el tallo de la planta, ya que las hojas son las que corresponden a las espinas. El contenido de polisacáridos estructurales o fibra insoluble fluctúa ampliamente entre 13 variantes de *Opuntia spp* identificadas. El contenido informado de pectina varía entre 5.3 y 14.2%, mientras que el mucílago, la hemicelulosa total y la celulosa fluctúa entre 3.8 y 8.6%, 5.2 y 13.8% y 3.5 y 13.2%, respectivamente (Sánchez, 2006).

Tabla 5.6. Resultados de análisis químico de dos tipos de harina de nopal de diferente proveedor para selección de materia prima, reportados en 100g

Parámetro	Resultados de Nopal #1	Resultados de Nopal #2
Humedad, g	6.07	9.07
Materia seca, g	93.03	90.93
Minerales, g	24.96	19.54
Proteínas, g	4.50	4.89
Grasas, g	0.93	1.49
Fibra insoluble, g	4.03	4.38
Extracto libre de N (Chodf**), g	59.51	60.64
Valor energético*, Kcals	264*	276*

Laboratorio de Análisis de Alimentos de Fac. de Salud Pública y Nutrición, UANL.

*Las Kilocalorías (Kcals), se calcularon en base a los resultados del análisis de Laboratorio, considerando, 4 Kilocalorías por gramo de Hidratos de Carbono (H de C), 4 Kilocalorías por gramo de proteína, 9 Kilocalorías por gramo de grasa. NOM 051-SCOFI-1994.

**Chodf, significa: Hidratos de carbono obtenidos por diferencia.

Así, se concluyeron los cambios primarios de ingredientes pero conservando formulación y peso por porción, para asegurar atributo de “alto contenido de fibra”, y optimización aprovechando sus ventajas (Tabla 5.7). De acuerdo con Quintero Gutiérrez. (2002), que señala que uno de los pasos fundamentales en el desarrollo del producto lo constituye la formulación, que es un proceso de diseño donde se analizan las distintas combinaciones de materias primas y aditivos con el objetivo de encontrar las condiciones óptimas del producto ideado.

Tabla 5.7. Cambios primarios en Unibarra para optimización, conservando formulación desarrollada

En producto desarrollado	Cambios para optimizar	Resultado de Discusión Ventajas
Pasas: sin hidratar agregadas en granola horneada	Pasas hidratadas y fraccionadas: -Hidratarlas: (1.72 x peso de pasas= agua para hidratar pasas por mínimo 45 minutos) - Hacer corte de aproximadamente de 5 x 5mm en cada pasa. -Agregar pasas hidratadas en mezcla seca para barras y no en granola.	-Mejora su distribución y disminuye que se machuquen en moldeado de barra. -Evita: deshidratación y/o quemado al hornear y sabor amargo. -Se distribuyen mejor -Además, se puede aprovechar el tiempo de horneado de granola para el remojo.
Chocolate: Combinación de chipas de chocolate y gragea de chocolate en partes iguales.	Solo chocolate en gragea	-Mejora distribución en mezcla, por forma y menor tamaño
Diferentes tipos de aceites, ninguno en específico.	-Un tipo de aceite, de girasol	-En base a estabilidad basada en bibliografía consultada.
Nopal en polvo: cualquier variedad disponible	Selección de un tipo de nopal en polvo: -Tipo#1 (tono verde seco) -Tipo #2 (tono verde claro)	-Se aceptó tipo #1, basado en análisis bromatológico (contenido de fibra) y poca afectación en color de barra. -Se rechazó tipo #2, por atributos organolépticos no agradables: olor herbal tono verdoso de barra que da imagen de enmohecimiento.

Resultado de pruebas y mesa de discusión

5.1.1.2.5 Cambios en las dimensiones de barras

De los cambios en las dimensiones de Unibarra, considerando el volumen que ocupan, peso crudo, y pérdidas de peso por horneado se obtuvieron las medidas aproximadas que resultan con peso por porción de 40g, en 1 ó 2 piezas, (Tabla 5.8), para fijar rendimiento de mezcla en función del número de barras obtenidas; de su preparación se evaluó en 3 diferentes grosores su textura, se determinó medidas de unibarra y con los resultados de las formulaciones elaboradas se hicieron consideraciones para ensayos en planta piloto.

Tabla 5.8. Asociación de las medidas de volumen y cambios en el grosor de la barra y los cambios en el peso crudo y peso cocido

Dimensiones de la barra	Volumen	Peso crudo Promedio	Peso cocido Promedio aproximado	Número de piezas por porción de 40g cocido
13.0cm x 3.0cm x 0.635cm	24.77cm ³	25g	20g	2
8.5cm x 3.0cm x 1cm	25.5 cm ³	25g	20g	2
5.75cm x3cm x1.5cm	25.88cm ³	25g	20g	2
11.5cm x 3.0m x 1.5cm	51.75 cm ³	50g	40g	1

Se observó que en las barras largas y delgadas se facilitaba más la fractura por manejo, descartándose posteriormente esta medida, y optando por la porción formada de 2 piezas de 20g, para completar los 40g por porción estipulada.

5.1.1.2.6 Materiales para el moldeo de barras

Dada la dificultad para el moldeo de barras a la medida, se diseñó un molde rectangular hueco puesto sobre una tabla dura de plástico (para corte de alimentos) de la misma altura del molde el cual se sostienen en cuatro patas móviles de acero inoxidable en forma de cubos con medidas fijas de 0.635cm, 1cm y 1.5cm, según fuera la medida del grosor se colocaban la patas y sobre el molde se vertía la mezcla para moldearse. Deslizándolo el rodillo con discos filosos separados 3cm que es el ancho fijo de las barras, a fin de tener medidas más exactas (Figura 5.1. y 5.2.).



Figura 5.1. Molde rectangular hueco (como marco) y bases que lo sostienen y determinan el grosor de la barra



Figura 5.2. Corte de la mezcla a 3cm. para ancho de barras



Figura 5.3. Barras cortadas a medidas para horneado y aplicación de pruebas

Posteriormente se adquirió un cortador llamado “de bicicleta” que se ajustan sus discos afilados en medidas y que también facilitaba el corte de las barras en la mezcla cruda (Figura 5.4.)



Figura 5.4. Uso del cortador “bicicleta” para dar el tamaño estándar y uniforme de las barras para su horneado, a nivel laboratorio

5.1.1.3 Enriquecimiento y fortificación de barras

En barras enriquecidas y fortificadas horneadas (BEFsH), con pre-mezclas de 15% a 20%IDR establecida (Tabla 5.9), se consideraron los resultados de las pérdidas parciales por exposición al calor, se analizó zinc y vitamina C, para valorar efecto de estabilidad.

De las vitaminas, la C es más inestable y reactiva, algunos investigadores han propuesto usar su contenido residual en alimentos como índice de retención de nutrimentos: se considera que si resiste procesamiento, almacenamiento, etcétera, querrá decir que, los demás nutrimentos se verán poco afectados (Baduí, 2006). Se compararon resultados evaluando pérdidas. (Tabla 6), se conservó zinc en ambas BEFsH, hubo pérdida promedio de 32.6% de vitamina C; deduciendo, menos del 32% de pérdida para resto de vitaminas agregadas, quedando al menos 10%IDR de vitamina C y mayor porcentaje del resto. Se decidió pre-mezcla del 20%IDR, agregando 35% más. Las BEFsH, en esta prueba tienen olor ligero a vitaminas y resabio dado por la vitamina A.

Tabla 5.9. Aporte de vitamina C y Zinc en una porción (40g) de barras enriquecidas y fortificadas horneadas (BEFsH) con 15% ó 20% de la IDR de dichos nutrientes, según análisis químicos⁺ y proporción de pérdida por exposición al calor del horneado de 175°C por 50 minutos.

	Nutriente		Contenido		
Unibarra 100g Sin Enriquecer ni Fortificar*	Vitamina C	1mg			
	Zinc	0.6mg			
		Agregado a mezcla cruda por porción	BEFsH⁺ 1 porción 40g	% IDR Aportado de BEFsH	% de pérdida de Vit C por horneado
Con pre-mezcla de 15% IDR**	Vitamina C	9mg	6.4mg	10.7	28.7
	Zinc	2.25mg	2.8 mg	18.7	
Con pre-mezcla de 20% IDR**	Vitamina C	12mg	7.6mg	12.7	36.5
	Zinc	3.0mg	3.2mg	21.3	
% de pérdida de Vitamina C promedio					32.6±5.5

*Datos obtenidos por el cálculo aritmético en Excel de Tablas de Valor Nutritivo (Muñoz Chávez *et al.*, 2005), no se hicieron análisis químicos de estos nutrientes. (Escobar, *et al.*, 2009)

**IDR de la NOM-051-SCOFI 1994(Anónimo 1, 1994).

⁺ Datos basados en los resultados de análisis químicos reportados en 100g y calculados en porción de 40g.

Con estos resultados queda desarrollado a nivel laboratorios el prototipo de la barra por optimizar. El prototipo se define como el primer ejemplar de un producto que se construye con el fin de emprender su producción en serie y consiste en transformar los atributos de calidad planteados en características medibles y que permitan el diseño, el aseguramiento y la repetibilidad de los requerimientos establecidos o planeados por las necesidades del cliente (o en este caso por el investigador o desarrollador), mediante la medición (De Alba, 2013) el prototipo o muestra física del producto.

5.1.1.4 Producción en planta piloto

El Diagrama de flujo de la Figura 5.5, muestra el proceso a nivel de laboratorio de la elaboración del producto desarrollado para optimizar.

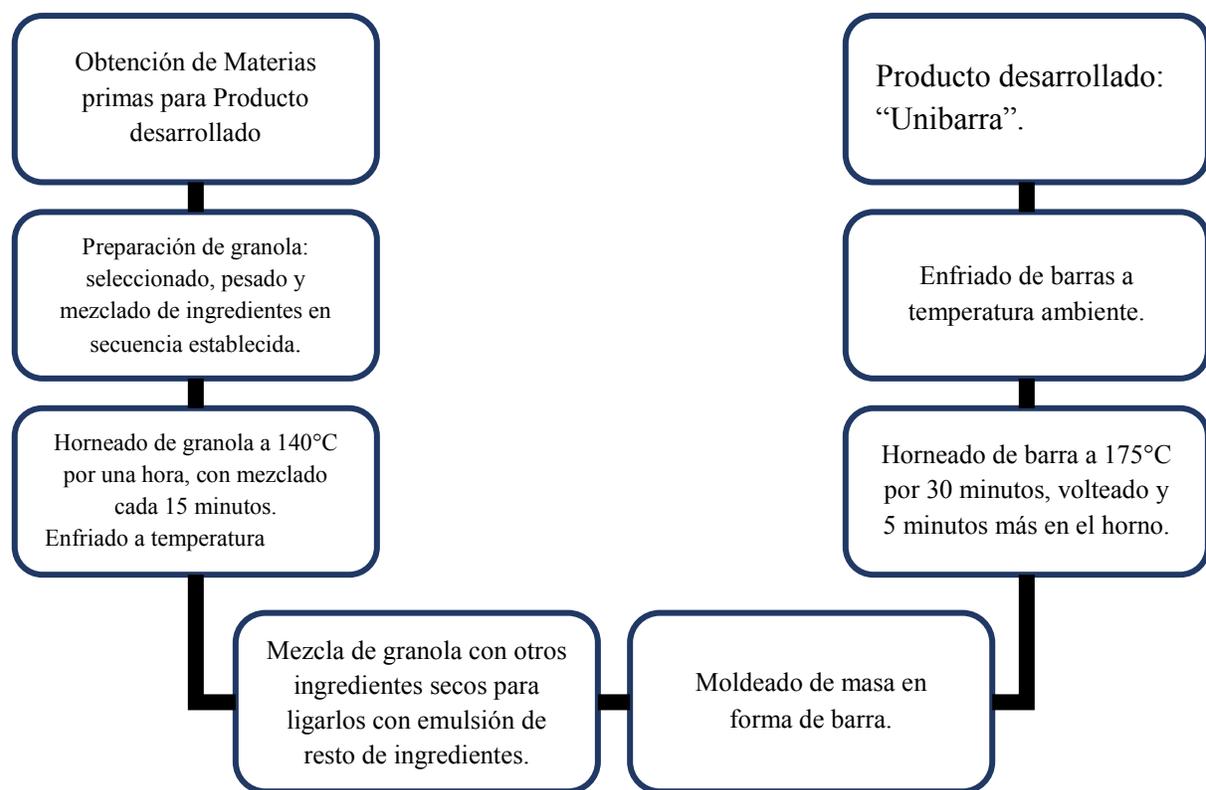


Figura 5.5. Diagrama de flujo del Proceso tecnológico del producto desarrollado: Unibarra

5.1.1.4.1 Pruebas del prototipo de laboratorio para escalar a nivel de planta piloto

5.1.1.4.2 Ensayos y procedimientos

Considerando cambios anteriores a nivel laboratorio, para extrapolar al proceso de planta piloto y continuar optimización, se llevó a cabo Estancia en Facultad de Veterinaria UAB, y planta piloto de desarrollo de productos de Fábrica “Lloveras”, realizando ensayos y pruebas con equipo y maquinaria específicos, aplicando modificaciones que favorecieran elaboración en serie, estandarizado y optimización, con resultados positivos como se irán describiendo y discutiendo. En las tablas 5.10 y Figura 5.5, se muestra y describe la secuencia general del proceso a nivel planta piloto y en la tabla 5.14 se detallan los ensayos realizados.

Una vez que se tiene definido el prototipo a nivel laboratorio, el siguiente paso es realizar pruebas. Consiste en la elaboración del producto directamente en la línea de producción, en la que deberá fabricarse, realizando las pruebas de ajuste necesarias para preparar el lanzamiento, menciona De Alba *et al.*, (2013) y señala, este paso es muy delicado y requiere experiencia y capacidad técnica por parte del área de investigación y desarrollo, ya que el escalamiento de nivel laboratorio a nivel industrial involucra un gran número de operaciones y decisiones que deben efectuarse con orden y cuidado, siempre documentadas para poder realizar una elaboración exitosa y repetible del producto final.

Antes de iniciar esta etapa, se recomienda hacer una revisión de todo el procedimiento técnico hasta este momento; el objetivo es corroborar la información para reproducir las condiciones de operación y usar los mismos ingredientes sin variar las especificaciones en la misma proporción que los utilizados en el laboratorio (De Alba, 2013).

Como resultado de esta etapa se obtiene la información del producto siguiente:

- a) *Formulación definitiva.* Se determina la fórmula definitiva del producto
- b) *Condiciones del proceso definitivas.* Se especifica el proceso de fabricación.
- c) *Rendimiento del producto.* Se determina la cantidad de productos que saldrán por lote de fabricación o por tiempo.

- d) *Variación del peso del producto.* Significa establecer los valores máximo y mínimo del peso donde se deberá mantener el producto.
- e) *Verificación de la Vida de anaquel* se asegura la expectativa de anaquel desarrollada a nivel piloto sea cubierta.
- f) *Evaluación sensorial.* Se define el tipo de panel (expertos o consumidores), el tipo de prueba (comparativa, monádica), por desarrollar para validar las características del producto que se espera del cliente, o posible consumidor (De Alba, 2013).

Tabla 5.10. Secuencia del Procedimiento en Planta piloto “Lloveras” (Figura 5.8.)

Pasos	Procedimiento
1	Elaborar mezcla de granola y masa de barras de formulación establecida a nivel laboratorio
2	Encender y programar la maquinaria integrada a computadora u ordenador. Programando: temperatura y velocidad de giro de rodillos 1 y 2, distancia entre banda y rodillos (ancho de barra), velocidad de desplazamiento de banda transportadora, velocidad de giro de sierras circulares (discos giratorios con filo), velocidad y frecuencia de corte de guillotina con distancias programadas para el “largo” de barras
3	Vaciar mezcla en la tolva Figura 5.6.
4	De manera automática baja mezcla hacia primer rodillo giratorio de acero inoxidable, que la comprime de manera uniforme, desplazándose por banda transportadora al rodillo 2 de menor tamaño para segunda compresión, dejándola más uniforme sobre banda en desplazamiento Figura 5.6.
5	Llega a las sierras giratorias (programadas en distancia para ancho de barra), se realiza corte de masa, pasa a 6 bandas más delgadas y separadas como abanico, desplazándose hacia guillotina para corte del “largo programado”, de ahí se pasa a charolas perforadas para horneado (Figura 5.6).
6	Las barras pasan a horno de convección a 130°C por 30 minutos para cocción (Figura 5.6).

Evaluación de resultados de pruebas, ajustes y nuevos ensayos a prueba en esta secuencia.

7

La siguiente Figura 5.6, muestra gráficamente la secuencia mecánica de moldeo del proceso en la Planta piloto “Lloveras”, hasta el proceso de horneado, descrita en la tabla anterior.



Figura 5.6. Imágenes de secuencia del procedimiento de elaboración de barras de “alto contenido en fibra”, en Planta piloto “Lloveras”, pasos del 3 al 6 descritos en la tabla anterior.

En los ensayos 1 y 2, se probó la formulación general obtenida, con los cambios ya mencionados en los puntos anteriores, primero con 1kg de masa de formulación se hicieron las pruebas con resultados no exitosos; haciendo las sugerencias y los ajustes en el equipo para la 2da prueba con 4 kilos de masa, con mejores resultados en la planta piloto, en base a los resultados, se procedió al siguiente ensayo, como se mencionan en la Tabla 5.14.

5.1.1.4.3 Ensayo 3

Se propuso la sustitución de huevo fresco por albúmina en polvo, de azúcar por glucosa y fructuosa y se hicieron las siguientes pruebas de formulación:

Para la primera prueba de este ensayo, para la mezcla de albúmina se partió de la proporción de composición nutrimental del huevo fresco, en base a bibliografía consultada

(Muñoz *et al.*, 2010) (Tabla 5.11.), se hizo la formulación para ponerla a prueba en el ensayo. En cuanto al huevo se elaboró una mezcla con la respectiva proporción de agua, el contenido de proteína se sustituyó por albúmina, el contenido de grasa por aceite de girasol y los hidratos de carbono por mezcla de glucosa y fructosa, tanto el aceite como la mezcla de hidratos de carbono se sumaron al aceite de la formulación original al igual que la mezcla de fructuosa y glucosa unida a la cantidad que sustituiría al azúcar glas de la formulación original, todo ello formó la parte líquida de la mezcla junto con la vainilla que ligaría a los sólidos restante de la formulación completa de las barras.

Tabla 5.11. Datos de composición del huevo fresco* (HF) para la formulación de mezcla de albúmina para sustituir el huevo entero en optimización de barras en ensayo 3

Componentes y unidades	Contenido en 100g de HF	Sustituir las mismas cantidades por
Proteínas g	12.1	Albúmina
Grasa g	11.1	Aceite de girasol
HCO g	1.2	Glucosa y fructuosa
Agua g	74.6	Agua
Cenizas (Resto) g	1	Sin sustituto
Totales g	100	

*Muñoz *et al.*, 2010

HF= huevo fresco que se sustituye HCO: Hidratos de carbono

En la primera prueba de este ensayo no se logró una buena unión con la mezcla de albúmina y los ingredientes secos de la formulación de barras en el amasado, a pesar de ser demasiado pegajosa la mezcla de albúmina con la de fructuosa y glucosa unida al resto de ingredientes al hacer contacto con los utensilios o superficies (rodillos y banda) se separaba al quedarse pegada en el equipo, haciendo que la mezcla total perdiera unidad y uniformidad por falta de humedad para la unión (Tabla 5.11), por lo que se llevó a cabo el ensayo 4.

5.1.1.4.4 Ensayo 4

Reformulación de mezcla de albúmina para mejorar mezcla con los ingredientes secos de la formulación de barras. Dado los resultados del ensayo 3, se reformuló la mezcla de albúmina sustituyendo el azúcar solo por glucosa eliminando la fructuosa, se agregó un 15% más de agua y se agregó lecitina para mejorar la emulsión en la proporción igual a al

que tiene el huevo (Tabla 5.12). Se obtuvieron mejores resultados al ligar más favorablemente la mezcla con los ingredientes secos, y mejorar el desplazamiento de la misma por rodillos y bandas, así como el corte de cada barra.

De esa manera se logró la “formulación de la mezcla con albúmina” requerida para ligar los ingredientes secos (Figura 5.7), quedando la formulación en porcentaje absoluto, que muestra la Tabla 5.13 que describe a la que sustituye al huevo. Dado que se hizo un ajuste en la cantidad de agua y la lecitina con los otros ingredientes de la formulación (vainilla, aceite y la glucosa que sustituía el azúcar de la formulación) se aplicó este porcentaje absoluto a la formulación que incluye los otros ingredientes que forman parte de esta mezcla resultante ya que en porcentaje absoluto se puede emplear más fácilmente para cualquier tamaño de formulación. Se aplicó esta formulación en la elaboración de la masa y se probó en la planta piloto con éxito hasta el horneado de la barras, Figura 5.8. Posteriormente se decidió que el 30% del agua de mezcla se sustituyera con el agua de remojo de las pasas escurridas, para su aprovechamiento y sabor agregado.

Es de utilidad el método de Porcentaje absoluto o verdadero ya que este método establece el peso de cada ingrediente utilizado como un porcentaje, resultado de la división del peso de un ingrediente dado de la formulación, entre la sumatoria del peso de todos los ingredientes, multiplicado por cien, la suma de todos los porcentajes definidos debe ser 100%. Este método es el más utilizado en la escritura de formulaciones para alimentos (De Alba, 2013).

Tabla 5.12. Formulación de mezcla de albúmina del ensayo 4 para sustituir el huevo fresco, agregando lecitina, para mezclar con otros ingredientes y ligar los ingredientes secos de la formulación de barras

Componentes y unidades	Contenido en 100g de HF	Sustituir las mismas cantidades por
Proteínas g	12.1	Albúmina en polvo
Grasa g	8.84**	Aceite de girasol
Lecitina g	2.26**	Lecitina de soya
HCO g	1.2	Azúcar glas o glucosa
Agua g	74.6	Agua
Cenizas (Resto) g	1	Sin sustituto
Totales g	100	

*Muñoz *et al.*, 2010

HF= huevo fresco que se sustituye.

**En 100g de peso neto de huevo fresco, el 11.1% es grasa, de ésta el 20.44% es lecitina (Belitz, *et al.*, 2009), por lo que en la grasa solo se anota el 79.66% de la total del huevo fresco.

HCO: hidratos de carbono

**Incluye el aceite, azúcar glas y vainilla de la formulación de las barras



Figura 5.7. Mezcla de albúmina en polvo, agua, aceite, azúcar glas, vainilla y lecitina, del ensayo 4, que sustituye a la mezcla de huevo fresco con aceite, azúcar glas, y vainilla de la mezcla primaria para barras

Tabla 5.13. Porcentaje absoluto de la formulación para sustitución de huevo fresco y Porcentaje absoluto de “formulación de emulsión de albúmina” junto con vainilla, aceite y glucosa para mezclar y ligar los ingredientes secos de la formulación de barras del ensayo 4.

Ingredientes	Porcentaje absoluto de la formulación sustitución del huevo fresco	Porcentaje absoluto de “formulación de emulsión ** con albúmina para ligar los sólidos
	%	%
Proteína (Albúmina en polvo)	10.98	7.93
Grasa (aceite de girasol)	8.01	11.77
Lecitina (emulsificante)	2.06	1.49
H d C (azúcar glas o glucosa)	1.09	12.64
Humedad (Agua*)	77.86	56.26
Extracto de Vainilla líquida	N.A	9.91
Porcentaje total de formulación	100.00	100.00

*Incluye el 15% agregado, de agua para mejorar consistencia de la mezcla

**Incluye el aceite, azúcar glas y vainilla de la formulación de las barras junto con los sustitutos del huevo.

*En 100g de peso neto de huevo fresco, el 11.1% es grasa, de ésta el 20.44% es lecitina (Belitz *et al.*, 2009), por lo que en la grasa solo se anota el 79.66% de la total del huevo fresco.

H de C: Hidratos de carbono.

N.A: No aplica



Figura 5.8. Barras con albumina del ensayo 4, sacadas del horno. Planta piloto de Fábrica “Lloveras”, Rubí, Barcelona, España.

5.1.1.4.5 Ensayo 5

En base a los buenos resultados del ensayo 4, en el ensayo 5, se hicieron 2 masas: de receta original con huevo fresco, y otra con sustituto de albúmina, glucosa y lecitina probada; se enriquecieron y fortificaron con pre-mezcla de 20% IDR, (agregando 35% más, para suplir las pérdidas por horneado), se evaluaron los resultados del procesos en planta piloto y se utilizaron para hacer las pruebas de evaluación sensorial y análisis químicos (Tabla 5.14)

Tabla 5.14. Descripción de resultados de ensayos de prueba de barra por optimizar, en Planta piloto de Fábrica “Lloveras”.

Ensayo	Características	Resultados	Discusión y Sugerencia
1. Formulación original. 1Kg de masa	Elaboración de formulación original en poca cantidad para prueba con equipo y ajustes de características.	1er. prueba. La masa tiende a pegarse en rodillos de acero inoxidable a 10°C bajo cero. Caen cristales de hielo en mezcla que la hace más pegajosa en banda. Se retiró la masa para repetirla con ajustes.	Probar con mayor cantidad de masa, bajar más rodillo 1 para disminuir grosor de masa, aumentar temperatura del mismo para evitar formación de hielo en rodillo 1. Poner raspador unido a rodillos 1 y 2 que evite pegarse.

Tabla 5.14. Continuación.

Ensayo	Características	Resultados	Discusión y Sugerencia
	Horneado de pruebas	<p>2da. prueba: Se aumentó temperatura de rodillo 1. De manera manual con espátula se simuló raspador que evitó se adhiriera mezcla para continuar avance al siguiente rodillo, para extender más uniformemente la masa y continuar su desplazamiento por banda hasta discos giratorios que realizan corte vertical en tiras largas, posteriormente desplazándose en bandas pequeñas hacia cuchilla que hizo cortes horizontales para obtener las barras, algunas se separaron.</p> <p>Se hornearon a 175°C por 30 minutos, quedando muy tostadas.</p>	Con horno de convección, giratorio y charolas perforadas se requiere disminuir temperatura para horneado, para evitar que se tuesten demasiado o se quemem
2. Formulación original. 4Kg de masa	Trabajar con mayor cantidad de masa y ajustes en temperatura y distancia del rodillo 1.	Se desliza mejor con mayor cantidad de masa, empujando y continuando, se logra masa extendida más uniforme, mejor corte, no se separa en último corte.	Se sugiere hacer pruebas sustituyendo huevo por albúmina en polvo y azúcar glas por glucosa y fructuosa y grasas de huevo por su proporción en aceite. Hacer formulaciones de sustitución. Hornear a 150°C.
3. Formulación con sustitución del huevo por albúmina, azúcares por glucosa y fructuosa. 2Kg de masa	Elaboración de masa con albúmina, glucosa y fructuosa, en sustitución del huevo y azúcar, las cuales serán parte de la fase líquida que une los ingredientes secos.	Se pega demasiado en rodillos y banda, casi no se mantiene unida ni uniforme. Se moldearon manualmente barras para hornearlas y probar consistencia y sabor.	Sustituir glucosa por fructuosa, agregar lecitina a la mezcla, para más parecido al huevo y mejorar emulsión, preparar 10% más de mezcla líquida, debido a la mezcla que queda pegada a recipiente.

Tabla 5.14. Continuación.

Ensayo	Características	Resultados	Discusión y Sugerencia
4. Formulación de sustitución con albúmina y azúcares por solo glucosa, agregado de lecitina. 2Kg de masa	Elaborar masa con albúmina, sustituyendo fructuosa por glucosa, para solo usar glucosa, agregar lecitina, poner un 15% más de agua a mezcla, obteniendo mezcla líquida con más parecido a mezcla de huevo original	Mejoró consistencia, más parecida a la mezcla original con huevo. Casi no se pega a primer rodillo, se desliza bien por banda, tiene buen corte en discos y cuchilla. Se horneó a 130°C por 30 minutos, con mejores resultados de cocción. Requieren enfriarse. Figura 5.8	Se probó con algunas barras a conservación al vacío sin enfriar, pero al abrirlas su consistencia no es crujiente sino blanda como pan, se siente mayor humedad. Descartando éste procedimiento, tal vez aplicar vacío después de enfriado.
5. Formulación original y modificada, ambas enriquecidas y fortificadas. 3Kg de masa cada una	Se hicieron 2 masas: de receta original, y con sustituto de albúmina, glucosa y lecitina; se fortificaron con pre-mezcla de 20% IDR, (agregando 35% más, para suplir las pérdidas por horneado).	Se facilitó más procedimiento de estiramiento de masa, desplazamiento y corte, basado en ensayos anteriores; se hornearon las barras de ambas formulaciones.	La “formulación con albúmina y glucosa”, puede sustituir formulación original en apariencia, con ventajas de: <ol style="list-style-type: none"> 1. Fácil adquisición de materias primas 2. Eliminación del contenido de colesterol. 3. Aumento en tiempo de conservación, al no hacer uso de huevo fresco a nivel industrial. 4. Disminución de: riesgos sanitarios por contaminación, y de espacio para su almacenamiento o transporte.

Pruebas en planta piloto de Fabrica “Lloveras”, Rubí, Barcelona, España. Autor.

5.1.1.4.6 Resultados del escala a nivel de planta piloto

A través de estos ensayos y pruebas, se logró que:

- La mezcla optimizada para Unibarra sea factible para elaborar barras en serie, por su desplazamiento, cohesión, cortes transversal y longitudinal.
- Sustituyendo el huevo fresco, se obtiene una barra **óptima**: eliminando colesterol y grasa animal, disminuyen riesgos del consumo de estas grasas, asimismo los riesgos sanitarios y de rompimiento.
- La albúmina en polvo y glucosa son materias primas fáciles de manejar, proveer y conservar a nivel industrial, pero, el azúcar glas es factible con mejor manejo, costo, disponibilidad y conservación que la glucosa.

- Utilizar horno de convección y charolas perforadas permite cocción uniforme a menor temperatura y tiempo, en consecuencia menor pérdida de vitaminas y más eficiencia en el proceso de elaboración.

5.1.1.5 Características físicas

5.1.1.5.1 Resultados

En cuanto a los caracteres físicos, a fin de mejorar la percepción de la textura de la barra se realizó evaluación de textura con Texturómetro a través de la medición de “la fuerza de corte”, la cual simula la mordida en la barra y señala la fuerza que permite dividir el alimento sin cambiar su forma (Sancho *et al.*, 2000), se aplicó en 3 muestras de diferente grosor, se obtuvo el resultado promedio, el cual se muestra en la Tabla 5.15, que señala los estadísticos de prueba de evaluación de textura de las 3 barras de diferente grosor, siendo evidente que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) cuando se compara la barra “más delgada” con “la gruesa” y la “muy gruesa”, en cambio entre las últimas no existe tal evidencia ($p > 0.05$). Seleccionándose como barra optimizada la del grosor de 0.635cm con el valor promedio más bajo de fuerza de corte ($10.81 \pm 4.34\text{N}$). En la barra desarrollada inicialmente antes de optimizar obtuvo un resultado promedio de casi 15N y al compararse la muestra de barras comerciales no existió diferencia estadísticamente significativa, aunque fue la de valor más alto ($p > 0.025$ (Daniel, 1996; Escobar, 2009).

Tabla 5.15. Comparación de las diferencias de “fuerza de corte*” promedio de 3 muestras de barras con diferente grosor.

Barras:	Barra 1 (0.635cm)	Barra 2 (1.50cm)	Barra 3 (1.00cm)
Fuerza de corte promedio	$10.81 \pm 4.34\text{N}^a$	$17.59 \pm 3.82\text{N}^b$	$16.33 \pm 1.77\text{N}^b$

Nota: Diferentes letras en un renglón corresponde a una diferencia significativa, $p \leq 0.05$, Daniel (1996).

$n_1=20$ (barras de 0.635cm); $n_2= 20$ (barras de 1.5cm); $n_3= 12$ (barras de 1.00cm)

*Valor más alto de la fuerza de corte con Texturómetro modelo “TA2-XTPLUS”
Roudot, 2004

5.1.1.5.2 Discusión

Roudot (2004), escribe respecto a la textura que es una mezcla de los elementos relativos a la estructura de alimento y a la manera por la cual están relacionados con los sentidos fisiológicos, no tiene una definición exacta, precisa y satisfactoria, sin embargo, se puede decir que posee ciertas características:

- Se trata de un grupo de propiedades físicas que derivan de la estructura del alimento.
- Están relacionadas con la mecánica y la reología
- No se trata de una propiedad sino de un conjunto de propiedades
- No está directamente relacionada con el olor o el gusto.

Es importante señalar que no se trata de la propiedad de un producto, sino un conjunto de propiedades.

Desde el momento que se habla de alimento y textura, es necesario recordar que todo esto afecta ante todo al ser humano, y que todas las medidas de textura existen con el fin de obtener modelos y de evaluar la impresión final que retendrá el consumidor. Parece pues completamente lógico intentar conocer previamente las interacciones entre el individuo y su alimentación.

La relación primordial afecta, desde luego, a la masticación y, en consecuencia, a la dentición. La masticación permite reducir el tamaño de los alimentos. Las partículas resultantes tienen un tamaño de dos a tres órdenes de magnitud más pequeño que los alimentos de partida. En el curso de la masticación, los alimentos se mezclan con la saliva, lo que inicia el proceso de digestión, y son llevados progresivamente a la temperatura del cuerpo. La lengua es, junto con los dientes, el elemento principal implicado en el curso de la masticación. Además, la lengua posee una sensibilidad táctil y térmica muy importante, siendo por añadidura, el órgano principal del gusto.

Lo cual se confirma aplicado a la unibarra, cuando a través de tacto manual da la impresión de dureza con temor a la masticación, y al primer mordisco se espera que se tendrá que aplicar mucha fuerza para su ruptura, y supone que en secuencia a las siguientes mordidas se tendrá que seguir aplicando mucha fuerza, sin embargo, al entrar la saliva en contacto

con la barra fraccionada, dado los contenidos de hidratos de carbono (por sus componentes de origen vegetal, los cereales con la mezcla del nopal y canela ligada con la mezcla de albúmina y vainilla con azúcar), se van disolviendo al paso de las siguientes mordidas, entonces, ya no se requiere tanto esfuerzo y se va favoreciendo la percepción de sus diversos sabores mezclados de distintos componentes que la forman, lo cual le da una evolución a su textura que pasa de lo duro de la barra compacta a lo crujiente de lo fraccionado y luego blando, distinguiéndose los sólidos de lo plástico y elástico de la “uva pasa” y la mezcla, lo cual va desplazando la mezcla humedecida por la saliva, en toda la cavidad bucal. Dando una evolución de la percepción inicial de la textura de la barra al primer mordisco, hasta el momento de la deglución.

Asimismo, la percepción visual de la dureza al mordisco inicial, cambia al ver una barra de menor grosor, haciendo referencia a la percepción de la textura visual.

El proceso de masticación está relacionado con numerosos elementos tales como el oído, la visión o la musculación.

También se han fabricado máquinas de masticar para intentar aproximarse lo más cerca posible de la realidad durante la realización de los ensayos reológicos a los caracteres organolépticos.

Se ha demostrado, por ejemplo, que el elemento determinante en la masticación es la deformación aportada a los alimentos y no la fuerza ejercida por los dientes: el hecho de poseer un conocimiento previo de alimento (por vista o el tacto principalmente) implicara más variaciones sobre la tasa de deformación aplicada que sobre la fuerza ejercida, respecto a individuos que no tengan ningún conocimiento de alimento.

De igual manera, teniendo la primera experiencia de prueba de la unibarra, el consumidor experimentara que no era tan dura como le parecía al principio y logrará una mayor aceptación por ella.

Se menciona que las fuerzas ejercidas por los dientes son relativamente elevadas puesto que alcanzan, en promedio, de 50 a 80 kg a nivel de los molares (de dos a tres veces menos con una dentadura postiza) (Roudot, 2004).

Se puede imaginar fácilmente que el modelado de tales procesos es algo más que complejo. Ahora bien, es precisamente lo que se intenta hacer cuando se analiza la textura de los alimentos. Y no es asombroso no encontrar más que relaciones muy vagas entre los ensayos

organolépticos y los reológicos. Solo las medidas múltiples, que hacen intervenir varios parámetros físicos químicos diferentes, pueden permitir aproximarse a los resultados sensoriales.

Así, se puede tratar de hacer análisis estadísticos multidimensionales sobre los resultados obtenidos por métodos mecánicos (compresión), sónicos (frecuencia de resonancia), medidas de aspecto y de color, químicos (caracterización de ciertos componentes que entran en el gusto) etc., para intentar aproximarse a la caracterización humana. Se observa que este tipo de análisis, aunque se haga a veces en investigación, es rarísimo en el ámbito industrial o, incluso, en el ámbito de los centros técnicos.

De la comparación de la unibarras de diferente grosor. Roudot. (2004), declara que, en cuanto a la medición de textura con diferentes aparatos, es necesario tener siempre en cuenta que un producto alimentario sólido es casi siempre heterogéneo. Cuando se efectúa una medida de textura local sobre una muestra, no se puede dar más que una apreciación bastante grosera del estado físico del producto. En efecto, no es raro ver parte de los parámetros físicos de sencillo a doble, incluso más, en un mismo producto, como es el caso la unibarra, y que se muestra al observar que la desviación estándar es alta comparada con el valor promedio de la fuerza de corte en la barra delgada. Por otra parte, este aspecto es el que promueve la investigación de medidas de textura globales, tales como los métodos sonoros, por ejemplo. Pero que en este trabajo no se aplicaron, aplicándose solo el uso del texturómetro.

5.1.1.5.3 Actividad de agua

La actividad de agua promedio de barra optimizada (con albúmina y fortificada) resultó de **0.5193±0.0406**, explicable por la solución de sus ingredientes con el agua agregada en su preparación y por el horneado al que se somete que favorece la evaporación del agua no ligada. Lo cual es favorable ya que por su composición de cereales, un valor de a_w igual o mayor a 0.7 favorecería la proliferación de mohos y superior a 0.8 el desarrollo de levaduras (Kuklinski, 2003).

La cantidad de agua libre de un alimento (actividad de agua) tiene mucha importancia en el desarrollo de microorganismos. En valores inferiores a 0.6 no está favorecido el crecimiento de microorganismos (Kuklinski, 2003).

Éste parámetro es factor determinante para la seguridad, permite determinar su capacidad de conservación junto con capacidad de propagación de microorganismos. En $a_w < 0.60$ no hay crecimiento microbiano, como es el caso de la barra optimizada, pero sí puede haber microorganismos como residentes durante largos periodos de tiempo (Eroski, 2012), lo cual se puede contrastar con la Tabla 5.16.

La a_w de la barra optimizada está ubicada con un valor menor a los valores habituales de a_w de alimentos como: chocolate, miel, papas fritas, leche en polvo, galletas, cereales y frutas desecadas, que va de 0.60 a 0.70 (Kuklinski, 2003).

Tabla 5.16. Microorganismos que pueden desarrollarse según la actividad del agua que presenta un determinado alimento

a_w	Microorganismos que pueden proliferar
0,90	Bacterias, en general
0,87	Levaduras
0,80	Mohos
0,75	Bacterias halófilas (precisan sales para su desarrollo)
0,65	Mohos xerófilos (se desarrollan en condiciones más secas)
0,60	Levaduras osmófilas (precisan una elevada presión osmótica)
<0.60	No hay crecimiento bacteriano

Kuklinski, (2003).

Es importante conocer este valor en los productos desarrollados, ya que las bacterias, levaduras y mohos crecen y se multiplican fácilmente con altas a_w y algunos métodos de preservación tienen éxito debido a que se les disminuye esta actividad lo suficiente, de manera que los microorganismos son incapaces de crecer. Alimentos con gran humedad y bajas concentraciones de solutos son más susceptibles a la descomposición por los microorganismos. Los solutos en los alimentos disminuyen la actividad del agua (Charley, 2008).

De ahí también, la importancia del empaque, que evite que se absorba humedad del medio ambiente y aumente el agua libre, de manera que los microorganismos (mohos y levaduras con preferencia por los cereales) no se multiplicaran tan fácilmente o no puedan sostener su crecimiento con una a_w menor durante su almacenamiento. Ya que la durabilidad de un producto dependerá de su a_w y de la temperatura a la que se almacene (Kuklinski, 2003).

5.1.1.6 Características químicas

5.1.1.6.1 Resultados y discusión

5.1.1.6.2 Composición (Fibra dietética, macronutrientes, micronutrientes (vitaminas y minerales) y humedad)

Fibra dietética

De los resultados de los análisis químicos, en los promedios de muestras de unibarra por optimizar, (Tabla 5.17.) resalta el valor obtenido de FD promedio de 11.37 ± 1.57 g /100g de barra optimizada o 3.3g/100kcal, superando la condición de 6g/100g ó 3g/100Kcal, para llamarle de “alto contenido en fibra”, según el Reglamento 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre declaraciones nutricionales y propiedades saludables en los alimentos. En cuanto a la declaración de la NOM-086-SSA-1994, describe que los productos “adicionados de fibra”: son aquellos en los que el contenido de fibra es igual o mayor de 2,5g/porción en relación al contenido del alimento original o de su similar, valor superado por la barra optimizada de 4.55 ± 0.63 g/porción de 40g.

Con una relación de fibra soluble e insoluble de 28/72. Y aportando 15% IDR de FD/porción o ración según NOM 051 (DOF, 2010) ("IDR ponderada para la población mexicana" o "Ingestión diaria recomendada ponderada para la población mexicana", anexo 9).

5.1.1.6.3 Discusión respecto al contenido de FD

Considerando que la FDA, (2016) declara que el valor diario de fibra es de **25 g por día**, en base en una dieta de 2000 Kilocalorías, que recomienda que al comprar los alimentos, elegir los alimentos con un alto % Valor Diario de fibra (%VD) dietética, con el objetivo es conseguir el 100%VD de fibra dietética en la mayoría de los días y señala que 5% VD o menos de fibra dietética por porción es “baja” y 20%VD o más de fibra dietética por porción es “alta”. En base a esta consideración la unibarra por porción, tiene un 18.2%VD de fibra dietética, ubicándose muy cerca de la “alta”.

En base a la terminología correcta para la calificación de dietas y platillos con respecto a su aporte de fibra, la Unibarra puede quedar calificada entre los “Platillos con buena fuente de fibra dietética, que es cuando contienen de 2.5 – 4.9g de fibra por ración (Marván, 1998).

Tabla 5.17. Promedio de los resultados de los análisis químicos a las muestras de Unibarra por optimizar, reportados en 100g y calculados en una porción de 40g

Valor nutrimental	Reporte en 100g	Una barra* de 40g
Energía**	348.20 \pm 20.52 Kcal	139 \pm 8.21 Kcal
Proteína	12.61 \pm 0.80g	5.04 \pm 0.32g
Grasa	7.71 \pm 3.13 g	3.09 \pm 1.25g
H de C (Chodf***)	54.89 \pm 3.74g	21.95 \pm 1.49 g
Fibra dietética Total	11.37 \pm 1.57g	4.55 \pm 0.63 g
Fibra dietética Soluble	3.24 \pm 0.73g	1.30 \pm 0.29g
Fibra dietética Insoluble	8.13 \pm 0.87g	3.25 \pm 0.35 g
Ceniza	3.26 \pm 0.12g	1.30 \pm 0.05g
Humedad	10.17 \pm 2.75g	4.07 \pm 1.30

*Cantidades calculadas en base a los resultados de laboratorio de análisis químicos.

**Las Kilocalorías (Kcal) se calcularon en base a los resultados del análisis de Laboratorio, considerando, 4 Kcal por gramo de proteína, 9 Kcal por gramo de grasa, 4 Kcal por gramo de Hidratos de Carbono (H de C), y 2 Kcal por gramos de fibra soluble. NOM 051-SCOFI-2010

***Chodf, significa: Hidratos de carbono obtenidos por diferencia.

En base a los resultados de los valores nutrimentales de la unibarra en cuanto a FD y según la Declaración nutrimental y saludable en la NOM-051-SCFI-2010 en sus incisos, las declaraciones siguientes estarían permitidas.

5.1.1.6.4 Declaración de propiedades de la unibarra optimizada

En base a las Normas Oficiales Mexicanas, en cuanto a la *Norma Oficial Mexicana 051-SCFI/SSA1-2010* (Diario Oficial de la federación (DOF, 2010), Anexo 9. En el punto 6.3.1 Por declaración de propiedades relativas al contenido de nutrimentos se entiende una declaración de propiedades nutrimentales que describe el nivel de un determinado nutrimento contenido en un alimento. (Ejemplos: "Fuente de calcio"; "alto contenido de fibra y bajo en grasa"). *La barra se declara como de "alto contenido en fibra"*.

Según el punto 6.3.3. Declaración de propiedades saludables significa cualquier representación que declara, sugiere o implica que existe una relación entre un alimento, o un constituyente de dicho alimento, y la salud.

Las declaraciones de propiedades saludables incluyen lo siguiente:

Según el punto 6.3.3.1 Por declaración de función de los nutrimentos se entiende una declaración de propiedades nutrimentales que describe la función fisiológica del nutrimento en el crecimiento, el desarrollo y las funciones normales del organismo.

Ejemplo: "El nutrimento A (nombrando un papel fisiológico del nutrimento A en el organismo respecto al mantenimiento de la salud y la promoción del crecimiento y del desarrollo normal). El alimento X es una fuente del/alto en el nutrimento A".

Por lo que se podría declarar que: *"La Fibra dietética cuyos efectos o propiedades funcionales son las principales responsables de los aspectos fisiológicos desarrollados por la misma en el tracto gastrointestinal. Entre las que se pueden citar las siguientes: regulación de la función intestinal, disminución de la absorción de la glucosa, menor demanda de insulina, prevención del cáncer del colon, regulación del nivel de colesterol y reducción de ingesta calórica entre otras (López et al., 1997; Proop, 1998; Moreno, 2000; Badui, 2006; Alba, 2008; De Alba 2013). Lo que se declara como efectos sobre el mejoramiento o modificación de una función fisiológica o la actividad biológica asociada con la salud. La unibarra es una fuente alta de fibra dietética"*.

Según el punto 6.3.3.2, otras Declaraciones de propiedades de función - Estas declaraciones de propiedades conciernen efectos benéficos específicos del consumo de alimentos o sus constituyentes en el contexto de una dieta total sobre las funciones o actividades biológicas normales del organismo. Tales declaraciones de propiedades se relacionan a una contribución positiva a la salud o a la mejora de una función o la modificación o preservación de la salud. Ejemplo: "La sustancia A (nombrando los efectos de la sustancia

A sobre el mejoramiento o modificación de una función fisiológica o la actividad biológica asociada con la salud). El alimento Y contiene X gramos de sustancia A".

Por lo que se podría declarar que: *"La Fibra dietética cuyos efectos o propiedades funcionales son las principales responsables de los aspectos fisiológicos desarrollados por la misma en el tracto gastrointestinal. Entre las que se pueden citar las siguientes: regulación de la función y tránsito intestinal, disminución de la absorción de la glucosa, menor demanda de insulina, prevención del cáncer del colon, regulación del nivel de colesterol y reducción de ingesta calórica, esencial para el tratamiento de la obesidad y las hiperlipoproteinemias, entre otras (López et al., 1997; Proop, 1998; Moreno, 2000; Badui, 2006; Alba, 2008; De Alba 2013). Lo que se declara como efectos sobre el mejoramiento o modificación de una función fisiológica o la actividad biológica asociada con la salud. La unibarra en 100g contiene **11.37g** de fibra dietética o **4.55g** por porción de 40g.*

Se puede esperar que la Unibarra optimizada por su característica: "con alto contenido de fibra" sea posible que sus efectos al ser consumida y su comportamiento en el organismo del humano sean los mencionados por los estudiosos de la fibra dietaria como Hesser (1994); Zambrano *et al.*, (2001), y que por lo tanto provea de un beneficio en la salud de los consumidores de la misma, como los que en resumen mencionan López *et al.*, (1997) y Proop, (1998); Moreno, (2000); Badui, (2006); Alba, (2008); De Alba (2013), que ya se mencionaron, así como los demás efectos positivos de la fibra dietética que ya fueron mencionados en este trabajo, y en específico los relacionados con la fibra del nopal de Frati-Munari *et al.*, (1983, 1984, 1988). Se requerirá por lo tanto, en otros trabajos de investigación encontrar las evidencias científicas respecto al consumo de la Unibarra optimizada, para llamarla "alimento funcional" y demostrar que cumple *con proporcionar un beneficio a la salud más allá de la nutrición básica; que para lograr tal beneficio, este alimento deberá consumirse con regularidad dentro de una dieta adecuada y en los niveles que generalmente se consumen. Para evitar información que induzca al engaño los beneficios del producto con previa demostración científica ante el sector salud podrán ser ostentados en la etiqueta, prevaleciendo en todo momento la ética profesional del fabricante en su declaración de propiedades, como definió De Alba, (2013).*

5.1.1.6.5 Macronutrientes

La unibarra optimizada, en cuanto a proteínas por porción, aportaría 5.04g o sea aproximadamente el 7%IDR (NOM 051-SSA-1994 (DOF, 1994)), muy cercano a lo que aporta una pieza de huevo ó 2/3 de taza de leche (160ml), no es fuente de proteínas pero aporta más del doble que cualquier porción de cereal o galleta de 40g. En cuanto a grasa, una porción aportaría, 3.09g de grasa, la cual es de bajo aporte (6.25%IDR), como se ha eliminado la yema, todas son de origen vegetal, provenientes de la nuez, ajonjolí, avena, amaranto, aceite de girasol y del chocolate. En cuanto a los hidratos de carbono aporta 21.95g que son fuente de energía contribuyendo con el 7.5%IDR y la mayoría del tipo complejo por los componentes de la misma. Lo cual la hace apta para formar parte de cualquier tiempo de comida complementándose con alimentos del grupo de origen Animal y del grupo de Frutas y Verduras, o con cualquiera de los 2 en el refrigerio matutino o vespertino. Con la ventaja de su “alto contenido de fibra” como ya se mencionó, además, de estar enriquecida y fortificada, como se explica más adelante.

5.1.1.6.6 Micronutrientes (vitaminas y minerales)

En cuanto análisis de vitaminas y minerales, en barra enriquecida y fortificada sin huevo (BEFsH), a pesar del 35% agregado de la cantidad original de pre-mezcla, para disminuir las pérdidas por exposición al calor, los resultados de IDR son menores al 20% establecido, Tabla 5.1, de la metodología basados en la NOM- 051-SSA-1994, (DOF, 1994). Ver discusión amplia más adelante

En la Tabla 5.18, se comparan los datos con los cambios de la actualización de la NOM-051- SSA-1994 con la 2010 (DOF, 1994 y DOF, 2010), los porcentajes de aporte por la pre-mezcla de las vitaminas y el zinc se contrastan con el %IDS como hace referencia actualmente en la 2da versión la NOM-051-SCFI de 2010, (DOF, 2010) anexo 9,[cambio surgido en el transcurso del desarrollo de este trabajo, que menciona que “Ingesta o ingestión Diaria Sugerida (IDS) se usa en lugar de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) en los casos que la información sobre requerimientos es insuficiente”], ya que las cantidades a cubrir son menores a las anteriores entonces se marca un % mayor de aporte de la pre-mezcla

utilizada para BEFcA, excepto en vitamina C, que sigue igual y el ácido fólico que casi se duplicó el %IDS.

Cuando se probaron sensorialmente las barras fortificadas una de las observaciones por varios de los JNE fue el resabio o regusto al consumo de la Unibarra, lo que disminuía la preferencia por el consumo como se mencionará más adelante en las primeras pruebas sensoriales de preferencia, por lo cual posteriormente en la pre-mezcla, la vitamina A se cambió por polvo más termorresistente y sin olor residual.

Tabla 5.18. Aporte de pre-mezcla elaborada, para aporte de 20% de ingesta diaria recomendada (IDR) según NOM-051-SCFI-1994 (DOF, 1994), comparada con modificaciones que marca la NOM-051-SCFI-2010 (DOF, 2010).

Nutrientes y unidades	Contenido en barra en porción(40g) sin fortificar	Cantidad de IDR *** NOM-051-SCFI-1994	Aporte de pre-mezcla** por porción 20% IDR NOM-051-SCFI-1994	Proporción de aporte de pre-mezcla según NOM 051 SCFI-2010 Por porción	Cantidad de IDS+ NOM 051-SCFI-2010
Zinc, mg	0.60*	15	3	30.00%	10 ⁺
Vitamina B ₁ , mg	0.11*	1.5	0.300	37.50%	0.800 ⁺
Vitamina B ₂ , mg	0.08*	1.7	0.340	40.48%	0.840 ⁺
Vitamina B ₆ , mg	0.05*	2.0	0.40	43.00%	0.930 ⁺
Niacina, mgEqv	0.30*	20.0	4.0	36.40%	11.0 ⁺
Ácido fólico, µg	10.4*	200	40.0	10.52%	380 ⁺
Vitamina B ₁₂ , µg	0.155*	2	0.400	19.04%	2.1 ⁺
Vitamina C, mg	1.0*	60	12	20.00%	60 ⁺⁺
Vitamina A, mcgEq	15.8*	1000	200	35.21%	568 ⁺

* Datos obtenidos por el cálculo aritmético en Excel de Tablas de Valor Nutritivo (Muñoz *et al.*, 2005), no se hicieron análisis químicos de estos nutrientes. (Escobar, 2009)

**para agregar directamente en formulación de barra antes de hornear.

***IDR: Ingestión diaria recomendada en la NOM-051-SCFI 1994)

⁺ IDS: Ingesta diaria sugerida en la NOM 051-SCFI-2010.

⁺⁺ La vitamina C, fibra dietética y fósforo, permanece como IDR en NOM 051-SCFI-2010 (DOF, 2010). Ver Anexo 9.

En la Tabla 5.19, se puede observar que a pesar de las pérdidas de vitaminas por la exposición al calor del horneado, aun así, según los resultados de las pruebas químicas, se obtuvo una “barra fortificada” que se le puede calificar en base a la NOM-051-SCFI-2010, como “fuente” de vitamina A y vitamina C, pues el aporte por una porción es mayor al 10%

de IDS, así como, “buena fuente” de ácido fólico, riboflavina y zinc con más del 24% IDS. Estas mismas calificaciones se podrían mencionar si se valora respecto a la NOM-051-SCFI-1994 (DOF, 1994), a excepción de la vitamina A, cuyo %IDR es de 6.8. Resulta muy notorio el aporte del ácido fólico, hasta 72% IDR ó 37.89% IDS, el cual es un aporte alto, al parecer debido a los ingredientes de la barra y no tanto al aporte de la pre-mezcla agregada, pero aun así es tan alto que pareciera error de análisis químico, pero ya no se pudo repetir la prueba.

Cabe señalar que, eliminando la yema de los ingredientes se eliminó el aporte de colesterol, pero también se retiró el 99% del aporte anterior de vitamina A, a la vez disminuyó el aporte de fósforo (el 95% está en la yema), el de hierro (casi el 100% en yema, solo huellas en clara), y el de zinc contenido en ésta (Tabla 1.8). Disminuciones que se observan en la Tabla 5.20, con los resultados del contenido promedio de minerales de la barra con mezcla de albúmina fortificada, y que sobresalen los mencionados en menor cantidad que la barra de con huevo entero, siendo el descenso más notorio el del fósforo (0.21%IDR), no así en el calcio (20.0%IDS) y sodio (0.90%IDS)(bajo en sodio, lo cual es saludable, NOM 86-SSA-1994, (DOF, 1994)), mucho menos en zinc (29.4%IDR), pues se ha fortificado con este mineral. Los otros minerales no es tan notoria la disminución, pues otros de los ingredientes los contienen, como el hierro (9.41%IDR).

Nota: El costo de los análisis químicos de vitaminas es alto y fue dificultoso encontrar laboratorios para el estudio del resto de las vitaminas con las que se había fortificado, además, el presupuesto para la investigación ya se había agotado.

Tabla 5.19. Resultados de pruebas químicas de vitaminas y zinc en barra con albúmina, enriquecida y fortificada (BEFcA) y el %IDR⁺ y %IDR⁺⁺ aportado por una barra

Nutrientes	Agregado de pre-mezcla por barra	Resultados en 100g** de BEFcA	BEFcA por porción 40g*	%IDR ⁺ aportado en 1 BEFcA	%IDS ⁺⁺ Aportado en 1 BEFcA
Riboflavina	0.340mg	0.510mg	0.204mg	12.00	24.29
Ac. Fólico	40µg	360µg	144µg	72.00	37.89
Vitamina A	200µEq	169.6µEq	67.84µEq	6.80	11.94
Vitamina C	12mg	16.74mg	7mg	11.70	11.70
Zinc	3mg	7.50mg	3mg	20.00	30.00

* Deducido por cálculo aritmético de los análisis químicos.

** Resultados de análisis químicos

+IDR: Ingesta diaria recomendada, NOM-051-SCFI-1994 (DOF, 1994).

++IDS: Ingesta diaria sugerida, NOM 051-SCFI-2010 (DOF, 2010).

El 99% de la vitamina A lo aportaba la yema antes de sustituir el huevo fresco por mezcla de albúmina.

La vitamina C se destruye rápidamente al calentarla en presencia de oxígeno (hasta el 100%). entre las causas que van en su detrimento está, el calor, los álcalis y la deshidratación (Robinson, 1985; Vollmer, 1999), lo cual es provocado durante el horneado de las barras.

El ácido Fólico, se oxida fácilmente en medio ácido y es susceptible a la luz solar, también durante el almacenado a temperatura ambiente y durante los procedimientos ordinarios de cocción se producen pérdidas apreciables, hasta el 80% de ácido fólico contenido en los alimentos (Robinson, 1985; Vollmer, 1999).

Durante la cocción se puede perder hasta el 50% de la niacina y el 40% de la vitamina B₆ contenido en los alimentos.

Durante la preparación de alimentos, se presentan pérdidas apreciables de tiamina como resultado de: la solubilidad de la vitamina en agua, la prolongada exposición al calor, durante el horneado del pan se pierde de 15 a 20% de tiamina que contiene. (Robinson, 1985; Vollmer, 1999).

Si la riboflavina se expone a la luz solar directa se pierde hasta el 75% en 3.5 horas

Cuando se observan los principios indicados para la retención del ácido ascórbico en la preparación de los alimentos, también se preservará el contenido máximo de la tiamina y de la niacina. (Robinson, 1985; Vollmer, 1999).

En la preparación industrial de alimentos, únicamente las pérdidas debidas al almacenamiento y calentamiento hacen que su contenido en vitaminas sea menor que el de los alimentos preparados en el hogar (Vollmer, 1999).

El resumen del valor nutrimental completo de la barra optimizada y su comparación con el % de la Recomendación Nutrimental diaria para población mexicana joven y adulta en base a la NOM-051(DOF, 2010) y “Recomendaciones nutrimentales promedio para mujeres y hombres de 18 a 34 años”, (INNSZ, 1970), se encuentra en el Anexo 5. Esta población tiene mayor preferencia por este producto y es a quienes va más dirigida como posibles consumidores, sobre todo la población universitaria.

Tabla 5.20. Resultados de pruebas químicas de minerales en barra con albúmina, enriquecida y fortificada (BEFcA), comparado con barra sin fortificar ni enriquecer

Nutrientes	Unibarra 40g sin fortificar	Resultado en 100g** de BEFcA	BEFcA en 40g* o una porción	%IDR ⁺ aportado por BEFcA	%IDS ⁺⁺ aportado por BEFcA
Zinc, mg	0.60	7.35±0.2	2.94±0.1	19.60	29.40
Sodio, mg	17.60	69.50±3.6	27.80± 14.4	0.90	0.90
Fósforo, mg	119.00	3.50± 0.7	1.40± 0.3	0.21	0.21 ⁺⁺⁺
Fierro, mg	2.00	4.00± 1.4	1.60± 0.6	10.67	9.41
Calcio, mg	172.00	451.00± 26.9	180.0±10.8	22.50	20.00

BEFcA: una porción de barra con albúmina y fortificada = 40g

* Deducido por cálculo aritmético, basado en los resultados de los análisis químicos.

** Resultados de análisis químicos

*** La barra fue fortificada con 3mg de zinc por porción, pero no con los otros minerales, pero si se analizó su contenido.

+IDR: Ingesta diaria recomendada, NOM-051-SCOFI-1994

++IDS: Ingesta diaria sugerida, NOM 051-SCOFI-2010

+++ La vitamina C, fibra y fósforo, se conserva como IDR en la NOM 051-SCOFI-2010, ver Anexo 9.

5.1.1.7 Discusión de comparativa con barras del mercado

Con algunos de los resultados obtenidos del valor nutrimental de la unibarra optimizada (Kcal, grasa total, grasa saturada, azúcar y fibra) se comparó con una tabla comparativa de barras españolas publicada para ubicarla en este “semáforo nutricional” que se publicó en diversas presentaciones de 21 a 40 gramos, y se elaboró la tabla 17 en cantidades de 40 gramos para poder ser comparada con la porción de la unibarra. Quedando en 2do lugar en cuanto al contenido bajo de Kilocalorías, aportando casi el 7% de la Ingesta recomendada (IR). Del aporte de grasa total solo 2 barras están por debajo de unibarra que aporta el 4.4%IR, aunque no se hizo el cálculo ni el análisis de la grasa saturada al ser los ingredientes todos de origen vegetal y excepto la albúmina libre de grasa saturada, se puede inferir que es muy baja en grasa saturada o no contiene. El contenido de azúcar aporta el 5.3%IR el segundo valor más bajo, a pesar de tener chocolate. A la unibarra no se le agrega sal, y solo contiene 27.8mg de sodio (Tabla 5.21) por sus componentes lo que representaría el 1.16%IR de sal al calcularse, quedando en el segundo valor más bajo. En la unibarra todos los % de IR señalados corresponden al color verde del semáforo nutricional de “baja cantidad”, y en cuanto a la fibra ocupa el 3er lugar entre los más altos, aportando 19% de IR, acercándose al valor más alto de la cantidad “media”. Concluimos que queda bien calificada en este comparativo.

Tabla 5.21. Comparativa de principales propiedades de 8 barras de cereales en porción de 40g* qué nos muestra el semáforo nutricional** de España, comparada con Unibarra optimizada

Una porción de 40g	Energía Kcal	% IR	Grasa (g)	% IR	Grasa sat (g)	% IR	Azúcar (g)	%IR	Sal (g)	% IR	Fib (g)	% IR
B. a base de salvado	176.0	8.8	8.0	11.4	2.0	10.0	9.0	10.0	0.10	1.7	6.0	25.0
B. de cereales	153.6	7.6 8	3.2	4.6	1.4	7.2	10.2	11.4	0.05	0.8	1.92	8.0
B. de chocolate a base de salvado	167.0	8.4	6.0	8.6	2.0	10.0	9.0	10.0	0.03	4.2	8.0	33.3
B. de cereales con chocolate	169.6	8.5	6.24	8.96	2.72	13.6	10.1	11.2	0.16	2.72	1.6	6.72
B. de chocolate negro	165.6	8.3 7	3.72	5.4	1.86	9.3	14.9	16.6	0.19	3.16	0.93	3.91
B. de cereales con plátano y chocolate	163.2	8.1 6	4.64	6.6	2.56	12.8	11.2	12.6	0.05	0.8	2.08	8.64
B. de frutas rojas	156.3	7.8 1	1.86	2.6	1.12	5.58	14.9	16.6	0.16	2.72	0.74	3.16
Barrita de cereales integrales	78.0	3.9 0	0.9	1.3	0.10	0.50	3.7	4.1	0.10	1.7	3.3	13.8
Unibarra optimizada con nopal	139.0	6.9 5	3.1	4.4	NR+	-	4.8	5.3	0.07 ++	1.16	4.55	19.0

*Tomados los datos de la Tabla de Semáforo nutricional de 8 tipos de barras de cereales, según una ración de consumo de entre 21 y 40 gramos. (1) Indica la proporción aportada respecto a la Ingesta de Referencia (IR) que una persona adulta necesita ingerir de cada nutriente: 2.000 kcal, 70 g de grasa, 20 g de grasa saturada, 90 g de azúcares, 6g de sal y 24 g de fibra. El semáforo nutricional se basa en un sistema de colores: verde-baja cantidad (la aportación es menos del 7,5 % de la IR), amarillo-cantidad media (entre el 7,5 % y el 20 %) y naranja-cantidad alta (más del 20 %). Revista Erozki Consumer, el diario del consumidor, Guía de compra: barras de cereales: Barritas de cereales, energía concentrada.

**Basado en los datos de la tabla original se hicieron los cálculos aritméticos y se colocaron los resultados en 40 gramos de barra para hacer la comparación con la barra optimizada en una misma cantidad.

+ En la unibarra, la grasa saturada no se evaluó, pero se puede deducir con muy bajas grasas saturadas pues son alimentos de origen vegetal sus ingredientes y con albúmina

++ La cantidad de sal está calculada en función del sodio contenido en una porción de unibarra, aunque no contiene sal como componente.

Para hacer la comparación de la Unibarra con la competencia potencial en el mercado nacional, se contaron 39 variedades de barras en pasillo destinado a su ubicación en tienda de autoservicio con amplia disponibilidad de productos en abarrotes y alimentos, para conocer las opciones en este tipo de alimentos. De 21 etiquetas nutrimentales de dichas barras se seleccionaron 5 al azar para su comparación en cuanto el valor nutrimental con la Unibarra desarrollada y con la optimizada.

En la Tabla 5.22, se resume y se compara el contenido nutrimental por porción de 40g de la Unibarra y de la *barra optimizada enriquecida y fortificada*, con 5 productos similares en el mercado como ya se ha explicado. Siendo la Barra optimizada, positivamente la más alta en proteínas y ácido Fólico, y positivamente la más baja Kilocalorías, grasa (junto con la Barra C), sodio y colesterol (no contiene, siendo antes de su optimización la del valor más alto) y negativamente la más baja en vitamina B₂ (pero no pobre en ella). En vitamina A es superada por todas las barras que la reportan (debido a que se eliminó la yema en sus ingredientes y a pesar de la fortificación). Siendo la Barra D de salvado de trigo la de mayor aporte de fibra (7g), seguida por la Barra optimizada (4.55), ninguna de las del mercado reportan fibra soluble o insoluble. En calcio sigue a la Barra C de mayor aporte. En cuanto al Zinc ocupa el 3er lugar la optimizada. Lo cual le da una mayor competitividad ahora optimizada, con respecto a las muestras de barras del mercado con las que fue comparada.

Tabla 5.22. Comparación del valor nutrimental de la Unibarra obtenido a través de Análisis químico y Tablas de Valor Nutritivo y el reportado en la etiqueta de algunos productos similares en el mercado en México, en 40g del producto

Componentes y unidades	Unibarra	<i>Barra optimizada fortificada</i>	Barra A+	Barra B+	Barra C+	Barra D+	Barra E+
Energía, Kcal	155*	139	163	155	144	155	201.18
Grasa total, g	5.6*	3.09	5.3	4.91	3.08	7.0	11.06
Proteína, g	5.04*	5.04	4.1	2.86	2.05	3.0	2.71
H de C, g (Chodf)***	19.16	21.95	25	27.20	27.69	20.0	21.76
Fibra dietética, g	3.4*	4.55	1.0	Nr	1.03	7.0	2.12
Fibra soluble, g	0.8*	1.30	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr
Fibra insoluble, g	2.6*	3.25	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr
Colesterol, mg	55*	0.0++	Nr	0.34	Nr	Nr	25.92
Sodio, mg	17.6*	27.8	45.8	53.26	56.41	65.0	63.65
Calcio, mg	172*	180	Nr	Nr	205.13	40.0	Nr
Fe, mg	2.0*	1.6	6.3	2.06	2.31	1.5	3.88
Zinc, mg	0.6**	2.94	6.3	2.23	2.31	1.5	4.06

Tabla 5.22. Continuación.

Componentes y unidades	Unibarra	Barra optimizada fortificada	Barra A+	Barra B+	Barra C+	Barra D+	Barra E+
Vit. B ₁ , mg	0.11**	Nr	0.5	0.25	0.24	0.12	0.39
Vit. B ₂ , mg	0.08**	0.20	0.74	0.22	0.26	0.26	0.46
Vit. B ₆ , mg	0.05**	Nr	0.90	0.39	0.31	1.0	0.54
Ácido Fólico, mcg	14.68**	144	76	13.71	30.7	70.0	56.47
Vit. B ₁₂ , mcg	0.155**	Nr	1.04	Nr	0.31	0.7	0.61
Niacina, mg	0.3**	Nr	7.8	2.97	3.08	3.0	4.94
Vit. A, mcgE	15.8**	37.84	500	114.29	Nr	60.0	317.65

Nr: no reportado.

+ Información nutrimental de etiquetas de productos similares estandarizados a la cantidad de 40g (Manual de etiquetas, colección propia.)

++ Valor inferido al quitar la yema de huevo de los ingredientes originales.

* Datos de los resultados de análisis químicos en Unibarra.

** Datos obtenidos por el cálculo aritmético en Excel de Tablas de Valor Nutritivo (Muñoz Chávez *et al.*, 2005), no se hicieron análisis químicos de estos nutrientes.

***Chodf, significa: Hidratos de carbono obtenidos por diferencia.

A: Multigrano Amaranto, Barra de fibra de avena y amaranto. Bimbo, 40g

B: Barra de granola, Marinela en 40g

C: Nutri grain manzana. Kellogg's en 40g

D: All-bran, Barra de salvado de trigo sabor pasas, Kellogg's en 40g

E: Multigrano Nuez, Barra de trigo, cebada, nuez y almendra, Bimbo 40g

5.1.1.8 Resultados y discusión de Humedad

Resultado

La unibarra optimizada con un valor de $10.17 \pm 2.75\%$ de humedad, queda clasificada como un alimento *estable*.

Discusión

La poca humedad de la barra optimizada, se ve favorecida por sus ingredientes y por el proceso de horneado donde el aire caliente que le ha cocinado le ha favorecido a la pérdida

de humedad de la mezcla cruda. Lo que le da la cualidad de *Estable*, si se le ubica con la clasificación que en cuanto a la humedad es referida por Kuklinski, (2003), que clasifica los alimentos según su contenido de agua en:

- *Estables*: contienen menos del 12% de agua y tienen elevada durabilidad.
- *Semiestables*: contienen entre un 12 y un 60% de agua; presentan durabilidad media.
- *Inestables*: contienen más de 60% de agua, y debido a este elevado contenido de agua tienen baja durabilidad.

Dicha humedad puede variar si se le deja a la intemperie en lugares que tiene ambientes de Humedad relativa alta, de ahí una de las razones de conservarla con empaque o envase cerrado.

5.1.1.9 Calidad Sanitaria

Respecto a la calidad sanitaria, los resultados en muestras de barras por optimizar cumplen satisfactoriamente, tanto la elaborada con huevo entero como la de albúmina.

La calidad sanitaria en cuanto a la evaluación de los microorganismos fue aceptable, pues está cumple con las especificaciones microbiológicas marcadas por la normatividad mexicana NOM 247 para “la galleta”, seleccionado este alimento pues es el más parecido a las características de la barra, ya que la barra no es mencionada en esta norma que hace referencia a los cereales, que son los componentes en mayor proporción de este producto (avena y amaranto) (Tabla 5.23). Además, de seguir los lineamientos (NOM-251-SSA1-2009 (DOF, 2009), en cuanto a la higiene, preparación y conservación tanto de las materias primas que se utilizaron, como en el proceso y el transporte de las muestras, lo cual disminuye la probabilidad de ser un producto contaminado. Esta calidad no ha de suponerse, sino de comprobarse como señalan los resultados de los análisis microbiológicos en la Tabla 5.23., en ambas formulaciones su calidad es aceptable, aunque es mayor las UFC que reporta la barra con mezcla de albúmina en cuanto a Mesofílicos aeróbicos, sólo ligeramente se aproxima al 11% del máximo permitido, en ambas los Mohos y Levaduras resultaron con menos del 50% del valor máximo permitido, lo cual da un producto microbiológicamente aceptable después de su elaboración.

Tabla 5.23. Resultados de análisis microbiológicos* de la Unibarra con albúmina y de Unibarra con huevo entero, para optimizar, comparados con los límites máximos permitidos por la NOM-247-SSA1-2008

Agentes Bacterianos	Unibarra con albúmina	Unibarra con huevo	Valores máximos permitidos	Referencia *NOM. 247-SSA1-2008
Mesofílicos aeróbicos	330 UFC/g	< 10 UFC/g	3000 UFC/g	Cumple
Coliformes totales	< 3NMP/g	< 3NMP/g	<10 UFC/g	Cumple
Mohos	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	20 UFC/g	Cumple
Levaduras	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	20 UFC/g	Cumple

*NOM-247-SSA1-2008. Especificaciones microbiológicas, 5.2.4.2.

NOTA: La barra no aparece como tal en esta norma, por lo que se hace referencia a “la galleta” como el más similar al producto desarrollado y optimizado que se menciona.

5.1.1.10 Vida de Anaquel de Unibarra

Todo alimento debe ser considerado como un sistema dinámico en el que ocurren de modo continuo cambios físicos y cambios químicos, que pueden significar una alteración con deterioro de la calidad del alimento. Desde hace siglos el ser humano para mejorar la índole de su alimentación ha pretendido alcanzar estos objetivos: poner al alimento en las condiciones más adecuadas para su ingestión, favorecer su mejor conservación, afinar sus propiedades sensoriales, etc. Fin perseguido durante milenios con la aplicación de los procesos culinarios, que en la actualidad se intenta conseguir mediante procesos industriales con la ayuda de aditivos químicos (Bello, 2000).

En la vida de anaquel de la barra puede influir la humedad ambiental. Al decir que el agua que contiene la atmósfera que rodea el alimento es de vital importancia en la conservación del alimento, ya que si es elevada puede hacer aumentar la a_w , lo cual facilitaría el desarrollo microbiano, y si es muy baja podría favorecer una pérdida de agua desde el

alimento a la atmosfera que lo rodea, lo cual también supone una alteración. De hecho, muchos alimentos que se consumen frescos, como las frutas o la carne, y que tienen un elevado contenido de agua pueden cederla al ambiente, lo cual parte, los alimentos con baja actividad de agua, como las leches en polvo, si no están correctamente almacenadas, pueden captar agua del ambiente, lo cual permite el desarrollo microbiano y acelera su caducidad (Kuklinski, 2003). Lo que podría suceder en la barra con poca humedad y expuesta al medio ambiente.

En la barra optimizada, aunque es un producto que cumple con la calidad sanitaria pero no es estéril, y debido a que contiene alimentos con contenido de grasa en mayor proporción insaturada como: avena (el cereal con mayor proporción de grasa), amaranto, nuez y ajonjolí, además del aceite que se le agrega, se ve expuesto a la *rancidez*, por lo que se debe proteger de la luz y aire, para conservar tanto sus características organolépticas, así como, alargar la vida del producto, asimismo, se puede ver afectado por la humedad que es tan variable en Monterrey, y requiere protegerla de la fauna nociva. Por estas razones, a fin conservar un alimento saludable libre de rancidez, evitando las alteraciones que ésta provoca y que pueden tener consecuencias sensoriales, nutritivas y toxicológicas se buscó formar una barrera con el medio ambiente recurriendo al empaque de la barra optimizada y se valoró su vida de anaquel.

El enranciamiento o rancidez es un proceso que afecta a los lípidos de forma indeseable y es por lo tanto una alteración. Puede tener lugar por dos vías, enzimática y no enzimática; ambas vías generalmente se producen de forma simultánea, ya que los productos que se obtienen en la vía enzimática favorecen la vía no enzimática (Kuklinski, 2003).

La Rancidez enzimática: también se denomina rancidez hidrolítica. Es debida a la hidrolisis de los triglicéridos y fosfolípidos. Los triglicéridos por acción de unos enzimas llamados lipasas se degradan dando glicerol y ácidos grasos. Los ácidos grasos libres son más sensibles a la oxidación que cuando están formando el triglicérido. Si los ácidos grasos tienen más de 20 carbonos, suelen conferir sabor amargo; por el hecho de aparecer ácidos libres aumenta la acidez (disminuye el pH) (Kuklinski, 2003).

Para controlar la rancidez enzimática se puede:

- Disminuir la cantidad de agua, controlando la humedad ambiental y la actividad del agua en el alimento.
- Inactivar las lipasas por tratamiento térmico (blanqueado o escaldado)
- Rebajar la temperatura de almacenamiento.

Rancidez no enzimática: también se denominan oxidativa o autooxidación. Es una reacción de mecanismo radicalario, que se considera más importante que la rancidez enzimática porque es mayoritaria, y durante el proceso se forman productos más tóxicos. Consta de tres etapas:

1. *Iniciación o inducción primaria:* en esta etapa se generan radicales libres a partir de los ácidos grasos, principalmente ácidos grasos insaturados, que son más sensibles a la oxidación esta etapa esta catalizada por la luz, las trazas de cationes metálicos y la temperatura elevada. La iniciación se puede producir en ausencia o en presencia de O₂, por lo que para esta primera etapa del O₂ no se considera ni imprescindible ni limitante. En esta etapa se forman radicales alquilo, alcoxi y peroxi si no hay oxígeno, la reacción se detiene porque para la etapa siguiente si se precisa O₂ y se van acumulando hidroperóxidos, que son volátiles y tienen olor rancio.
2. *Descomposición:* según la cantidad de hidroperóxidos se pueden llevar a cabo procesos monomoleculares (cuando la concentración de hidroperóxidos es baja) o biomoleculares (si la concentración es elevada). En esta segunda etapa se pueden producir numerosos procesos de ruptura de las cadenas carbonadas y que llevan a la formación de peróxidos. Los peróxidos no son volátiles y son inodoros, por lo que no son responsables del olor pero si del sabor rancio.
3. *Finalización o paralización:* en esta etapa se combinan a los diferentes radicales formados dando numerosos compuestos no radicalarios, como cetonas, aldehídos, alcoholes, éteres, peróxidos, hidrocarburos y epóxidos. También se pueden unir los radicales a proteínas dando polímeros no digeribles, y se forman polímeros que hacen que los lípidos se oscurezcan y aumenten su viscosidad (Kuklinski, 2003).

Las principales *características* de la oxidación lipídica son:

- Afecta sobre todo a ácidos grasos insaturados. Los ácidos grasos saturados requieren temperaturas superiores a 60°C, mientras que los insaturados se oxidan incluso a temperatura de congelación.
- También pueden afectar a vitaminas liposolubles y carotenos, sustancias asociadas a la fracción lipídica de los alimentos.
- La oxidación es más rápida si los ácidos grasos están libres, es decir, si han actuado previamente las lipasas.
- La temperatura elevada provoca el proceso
- La presencia de lipasas, luz y trazas de cationes metálicos acelera la oxidación lipídica.
- Una vez que se inicia la reacción, se van acumulando hidroperóxidos que la autoaceleran (Kuklinski, 2003).

El *control* de la oxidación es difícil y lo mejor sería reducir la cantidad de lípidos, pero además es posible disminuir la velocidad realizando los siguientes procesos:

- Inactivación de las lipasas por tratamiento térmico (blanqueo): porque como se ha comentado, los ácidos grasos que libera alimentan la reacción de oxidación.
- Reducir la temperatura de almacenado: se deben almacenar los lípidos a temperatura baja, pero hay que saber con ello solo se retrasa el enranciamiento, no lo evita.
- Preservar de la luz, ya que cataliza la etapa de iniciación
- Adicionar aditivos antioxidantes capaces de reducir la velocidad de oxidación y retrasar el enranciamiento.
- Hay dos grupos de antioxidantes que actúan de forma sinérgica, por lo que suelen utilizarse conjuntamente:

-antioxidantes primarios: son sustancias con elevada capacidad de oxidarse y que preservan así al lípido de la oxidación. Hay antioxidantes naturales como tocoferoles y fenoles; también hay antioxidantes sintéticos como butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BTH) y los galatos.

-antioxidantes secundarios: sustancias que actúan quelando cationes metálicos e impiden la oxidación, como por ejemplo ácido cítrico, ácido fosfórico o lecitina. (Kuklinski, 2003).

Cabe mencionar que no se agregaron antioxidantes a la barra, pero que uno de los ingredientes fue la lecitina, para mejorar la emulsión del aceite y la albúmina con el agua, mezcla que sustituyó al huevo fresco, y que el aceite de girasol es más estable, lo cual es una forma de contribuir a disminuir el riesgo por enranciamiento junto con empaque.

Como se explicó se trata de evitar las alteraciones producidas por el enranciamiento en la unibarra, ya que pueden tener consecuencias sensoriales, nutritivas y toxicológicas:

Sensoriales: afecta a diferentes aspectos del alimento como la textura, ya que las grasas enranciadas producen cadenas largas de hidrocarburos y la polimerización provoca un aumento de la viscosidad (por ejemplo, los aceites, después de una fritura, son más viscosos que antes de freír). También hay cambios en el aroma debidos a la aparición de nuevo compuesto (aldehídos y cetonas) como consecuencia de la ruptura de hidroperóxidos. Estos compuestos, que son volátiles y de peso molecular bajo, proporcionan sabor rancio y desarrollan aromas indeseables. El color también se puede ver afectado, ya que estos compuestos carbonílicos pueden participar en la reacción de Maillard. Los compuestos asociados a la fracción lipídica (vitaminas, carotenos, etc.) se pueden alterar, y se puede producir destrucción de aromas, pigmentos y vitamina (Kuklinski, 2003).

Nutritivas: por una parte, el enranciamiento puede implicar pérdida de ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico) y la degradación de vitaminas liposolubles (Kuklinski, 2003). En las grasas rancias la actividad de la vitamina A se pierde rápidamente (Robinson, 1985). Por otra, disminuye la digestibilidad de la fracción lipídica y proteica, ya que las proteínas reaccionan con compuestos intermedios de enranciamiento, dando lugar a nuevos enlaces y originando compuestos no digeribles (Kuklinski, 2003).

Toxicológicas: ensayos toxicológicos en animales han demostrado que los productos intermedios del enranciamiento pueden provocar inhibición del crecimiento y que los peróxidos son cancerígenos (Kuklinski, 2003).

5.1.1.10.1 Medición del grado de oxidación

Para medir el grado de oxidación y, por lo tanto, la extensión del enranciamiento, se aplican diferentes técnicas:

- Hacer una gráfica del consumo de O₂: en los lípidos que no presentan enranciamiento se observa un periodo de inducción hasta que consumen oxígeno. Si el lípido está deteriorado, no hay periodo de inducción y el consumo de oxígeno es instantáneo, si bien después se observa una disminución en el momento en el que empiezan a actuar los antioxidantes.
- Determinar el nivel de peróxidos: Es un método que solo es útil en las primeras etapas de la oxidación porque después puede tratarse de un lípido muy oxidado, pero con pocos peróxidos. (Kuklinski,2003)

Así como se mencionó en la metodología, para inferir vida de anaquel de unibarra sin empaque se consideró que valores mayores a 12 miliequivalentes de oxígeno activo/Kg (Meq.de O₂/Kg) de aceite, fuera el fin de vida de anaquel. Exponiéndose los resultados en las Tablas 5.24, 5.25 y 5.26.

Tabla 5.24. Prueba 1 para Unibarra por optimizar sin empaque con temperatura de almacenamiento 25°C*, para determinar vida de anaquel

Días	0	7	14	21	24	26
Meq. de O ₂ /Kg	1.25	3.58	7.32	10.64	11.79	12.36

*Condiciones de iluminación: 12 horas oscuridad, 12 horas luz (40W). Las pruebas de índice de peróxido se hicieron por duplicado y se reportó el promedio.

Tabla 5.25. Prueba 2 para Unibarra por optimizar sin empaque con temperatura de almacenamiento 35°C

Días	0	2	4	6	8	10	12
Meq. de O₂/Kg	1.37	2.74	4.06	5.58	8.01	11.70	14.57

*Condiciones de iluminación: 12 horas oscuridad, 12 horas luz (40W). Las pruebas de índice de peróxido se hicieron por duplicado y se reportó el promedio.

Tabla 5.26. Prueba 3 para Unibarra por optimizar sin empaque con temperatura de almacenamiento 45°C*

Días	0	1	2	3	4
Meq. de O₂/Kg	1.15	2.56	5.16	10.05	12.2

*Condiciones de iluminación: 12 horas oscuridad, 12 horas luz (40W). Las pruebas de índice de peróxido se hicieron por duplicado y se reportó el promedio.

Tabla 5.27. Estimación de valor puntual de vida útil para Unibarra por optimizar sin empaque, tomando el valor de deterioro de 12 Meq de O₂/Kg en las tres temperaturas

Temperatura	Vida útil
25°C	24.68 días
35°C	10.68 días
45°C	3.95 días

Se obtuvieron índices de temperatura o Q_{10} (25-35°C) =2.31 y Q_{10} (35-45°C) =2.70. Resultando vida de anaquel de **25 días** aproximadamente sin empaque a temperatura ambiente (Tabla 5.27).

A fin de conservar sus características sensoriales y sanitarias de la barra optimizada, en la cual algunos de sus ingredientes son de alto contenido en grasa (nueces, ajonjolí, avena y aceite agregado) se valoró la vida de anaquel, envasándola con envase de polipropileno biorientado (BOPP) metalizado sellado con calor, (Figura 5.9), de tal modo que la aisle de la contaminación del ambiente, humedad relativa, la exposición a la luz y los cambios de temperatura a la que se vea expuesta antes de su consumo, tanto durante su distribución y exposición del producto, para mayor durabilidad en cuanto a sus cualidades. Al envasarla la vida de anaquel aumentó favorable y notoriamente, resultando de **5 meses** a temperatura

ambiente. En la Tabla 5.28, se exponen los resultados de la determinación de la vida de anaquel.

El BOPP metalizado presenta una mayor barrera considerando que las tasas de permeabilidad de este metal (aluminio) es muy baja y prácticamente cero (Barriga *et al.*, 2018).

Propiedades ópticas, tales como opacidad y transparencia, son factores influyentes en la conservación de la calidad de los productos, ya que algunos rayos luminosos estimulan los cambios oxidativos y auto-oxidativos de las grasas, modificaciones de las proteínas y la desintegración de la vitamina C. (Ospina y Cartagena, 2008).

Tabla 5.28. Determinación de vida de anaquel de unibarra optimizada con empaque

Mes	0	1	2	3	4	5	6
Meq de O₂/Kg	1.32	2.56	3.78	7.3	9.6	11.6	15.45

Nota: tomando como valor de deterioro valores mayores a 12 miliequivalentes (Meq O₂) de oxígeno activo/Kg.
 *Condiciones de iluminación: 12 horas oscuridad, 12 horas luz (40W). Las pruebas de índice de peróxido se hicieron por duplicado y se reportó el promedio. Dr. Amaya en la metodología tengo indicado que son 24 horas a 55 grados



Figura 5.9. Unibarra con envase de polipropileno biorientado (BOPP) metalizado, sellado con calor.

Los cereales, especialmente los integrales, es probable que se hagan rancios por la grasa polinsaturada que contienen, los productos horneados como las galletas y los alimentos

fritos, están sujetos a la rancidez oxidativa, y para estos y otros alimentos semejantes es preferible que se utilice un agente antioxidante estable en altas temperaturas para hornear y freír, como el hidroxianisol butilado, uno de los de una alta “resistencia” (Charley, 2008).

La vida de anaquel obtenida en la barra con envase de polipropileno biorientado (BOPP) metalizado, sellado con calor, es suficiente para no incluir el costo de un antioxidante agregado de manera específica. Aunque como se mencionó uno de los ingredientes es la lecitina que, puede disminuir la reacción de rancidez, reaccionando como antioxidante (Kuklinski, 2003).

Como en todos los productos empaquetados, se puede ver reducida la vida útil por conservarlo fuera del intervalo especificado de temperatura y/o violar la integridad del envase, o no cubrir lo que queda después de abierto. Es importante cuidar que durante el sellado no quede oxígeno atrapado en el interior porque se pueden producir niveles de oxidación. (Barriga *et al*, 2008).

Al ser un potencial químico, la diferencia de a_w que existe en el exterior y el alimento, o incluso entre sus propios ingredientes, causa la migración de agua. El material del envase es fundamental, ya que si éste es permeable y el alimento se almacena en una atmósfera de Humedad relativa mayor que la de equilibrio, habrá una migración hacia el exterior (higroscopicidad) y la a_w se incrementará; por el contrario, si la humedad externa es inferior, se deshidratará (Badui, 2006).

La Norma Oficial Mexicana NOM-F-376-S-1980, Galletas Marías, menciona que las galletas Marías se deben envasar en un material resistente e inocuo, que garantice la estabilidad del mismo, que evite su contaminación, no altere su calidad ni sus especificaciones sensoriales, lo cual puede aplicarse a la barra optimizada pues es un producto no igual, pero de características parecidas con las misma, cuya finalidad del empaque es la misma, sobretodo en cuanto a la protección contra la humedad y la exposición a la luz. Aun no existe una norma oficial para barras.

5.1.1.11 Evaluación sensorial

Fortin y Desplancke, (2001), expresan que, entre las funciones de la Evaluación sensorial (entre otras), están la *Investigación y desarrollo* pues contribuye a especificar las características del producto y a guiar el desarrollo y la optimización, *la comercialización* que permite comprender y traducir las demandas de los consumidores y otra el *aseguramiento de la calidad*, proporcionando un diagnóstico rápido de los productos no conformes, etc.

Para evaluar la aceptación a la barra optimizada y hacer comparaciones para su optimización, se aplicó a Jueces no entrenados (JNE) la evaluación sensorial de preferencia por la barra de formulación original sin fortificar y gruesa, comparada con la fortificada y delgada con los cambios primarios mencionados.

Tabla 5.29. Determinación por Jueces no entrenados (JNE) de la preferencia, por barra # 451 “muy gruesa” sin fortificar ni enriquecer y la barra # 704 “delgada” enriquecida y fortificada

Reactivos	Barra # 451 %	Barra # 704 %	Total %
¿Cuál producto prefiere?	54.54	45.45	100.00
El sabor de su preferencia lo tiene:	54.54	45.45	100.00
Le agrada más la consistencia de:	36.36	63.63	100.00
Prefiere la textura de:	27.27	72.72	100.00
Prefiere el grosor de:	40.90	59.09	100.00
¿Cuál elegiría si estuvieran en venta?	54.54	45.45	100.00
<u>Deja un sabor remanente:</u>	45.45	54.54	100.00
<u>Barra que más disgustó</u>	45.45	54.54	100.00
Promedio ponderado	44.88	55.12	100.00

Barra gruesa # 451 sin fortificar y la barra # 704 delgada enriquecida y fortificada. Tamaño de muestra, n: 30 JSE

A pesar de que una mayor proporción prefiere la consistencia, textura y grosor de la barra “delgada enriquecida y fortificada” #704, sin embargo hay una mayor proporción que prefiere la “barra gruesa y no fortificada” por el sabor, así como una mayor proporción la

elegiría si estuviera en venta, lo cual se explica dado que el sabor y aroma se ve afectado por la pre-mezcla de vitaminas y zinc, ya que expresan “deja sabor remanente no agradable”, lo cual repercute en el gusto por la barra delgada, a pesar de que desconocen que está enriquecida y fortificada. Ésta última razón se consideró para hacer modificación en la variedad de vitamina A agregada que ya no deja sabor remanente en la pre-mezcla y que se usó para la siguiente formulación. En relación al estadístico de prueba no existe diferencia significativa entre la proporción de preferencia por la barra delgada enriquecida y fortificada en relación a la barra gruesa y sin enriquecer ni fortificar; $p > 0.025$ (Pedrero y Pangborn, 1997).

Posteriormente se aplicó a JNE la evaluación de nivel de agrado de la barra optimizada (delgada (grosor de 0.635cm), con mezcla de albúmina, enriquecida y fortificada) observando resultados y calificaciones de los atributos de *aroma*, *color*, *sabor* y *textura* en Tabla 5.30 y 5.31.

Tabla 5.30. Evaluación del grado de aceptación del *aroma* de barra optimizada delgada enriquecida y fortificada (635mm de grosor)

Descripción aroma	Calificación	Proporción %
Buenísimo	9	36.67
Muy bueno	8	43.33
Bueno	7	20.00
Algo bueno	6	0.00
Ni bueno ni malo	5	0.00
Algo malo	4	0.00
Malo	3	0.00
Muy malo	2	0.00
Malísimo	1	0.00
Proporción de agrado		100.0
Calificación promedio		8.17±0.73

n=30 JNE

En la Tabla 5.30, resalta sobremanera la calificación promedio en AROMA de 8.17 ± 0.73 lo que se describe como: “Me gusta mucho”. Ya que el 100% de los jueces no entrenados (JNE) percibió este atributo hacia la escala ascendente, desde “bueno”, “buenísimo” hasta “muy bueno”. No aparece en los “niveles de disgusto” por el *Aroma* de la barra delgada enriquecida y fortificada, ningún JNE. Lo que se refuerza con los estadísticos de prueba en

cuanto a la Calificación promedio por cada una de las barras comparadas, ya que solo este atributo, tiene suficiente evidencia estadísticamente significativa respecto a la diferencia entre la barra “delgada” y con albúmina con respecto a la “muy gruesa” y con huevo entero en cuanto al nivel de agrado. Como se muestra en la Tabla 5.34, las diferentes letras en el reglón del atributo del aroma que corresponden a una diferencia significativa; $p < 0.025$ (Pedrero y Pangborn, 1997).

Lo cual debió influir el agregado de la pre-mezcla de la vitamina A más termorresistente y sin sabor residual, que permite que la mezcla de los aromas de vainilla, chocolate y canela (de los ingredientes) sean los dominantes que se perciben, y no tenga el efecto negativo que tuvo el primer tipo de pre-mezcla en las pruebas sensoriales de barras fortificadas comparadas con las no fortificadas, que refería un sabor remanente y le daba preferencia al sabor de las no fortificadas, pues el concepto del “flavor”, se basa en el efecto sinérgico entre el aroma y el sabor.

El concepto de sabor que resume una experiencia olfativa y de gusto parece claro, aunque no todos están en acuerdo con el término utilizado. En el idioma inglés se acepta que la conjunción del gusto (taste) y el olor (smell) se denomine flavour. En el idioma castellano, la Asociación Española de Normalización y Cientificación ha puesto el poco agraciado anglicismo *flavor*, palabra próxima a flavo (de color entre amarillo y rojo, como el de la miel) (Alba, 2008).

El sabor implica una percepción global integrada por excitaciones de los sentidos del gusto y de olfato (Badui, 2006).

La percepción del aroma y sabor está directamente asociada con las estructuras, naturaleza química, y propiedades físico-químicas (como hidrofobicidad, solubilidad, volatilidad, etcétera) de los compuestos activos, pero también con la composición y estructura de cada uno de los alimentos (Badui, 2006).

Tabla 5.31. Evaluación de la calificación y el grado de aceptación de la barra optimizada (0.635cm de grosor), respecto a los atributos del *color*, *sabor* y *textura*

DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO Calificación	COLOR Proporción	SABOR Proporción	TEXTURA Proporción
Me gusta muchísimo	9	0.00	6.67	6.67
Me gusta mucho	8	6.67	23.33	13.33
Me gusta moderadamente	7	60.00	40.00	50.00
Me gusta poquito	6	10.00	13.33	16.67
Ni me gusta ni me disgusta	5	6.67	10.00	6.67
Me disgusta poquito	4	10.00	0.00	3.33
Me disgusta moderadamente	3	6.67	3.33	0.00
Me disgusta mucho	2	0.00	3.33	3.33
Me disgusta muchísimo	1	0.00	0.00	0.00
Proporción de agrado		76.67	83.33	86.67
Calificación promedio		6.27±1.36	6.73±1.52	6.70±1.37

n=30

En la Tabla 5.31., se puede observar la calificación promedio en COLOR es de 6.27, lo que se describe como: “Me gusta poquito”; 76.67% de los jueces no entrenados percibió este atributo hacia la escala ascendente, desde “me gusta poquito” hasta “me gusta mucho”, pero aparece un 16.67% en la percepción de “me disgusta poquito” hasta “me disgusta moderadamente”. Ésta calificación es ligeramente menor que la de la barra “muy gruesa”, pero no tiene diferencia estadísticamente significativa, con respecto a la “delgada enriquecida y fortificada”, $p > 0.025$ (Tabla 5.31) (Pedrero y Pangborn, 1997).

En cuanto a la calificación promedio del *sabor* y la *textura*, la barra delgada enriquecida y fortificada, al estar muy próximas a la calificación 7, se describe en ambos atributos como: “Me gusta poquito” a “Me gusta moderadamente” (Tabla 5.31). El 83.33% de los JNE percibió el atributo de sabor hacia la escala ascendente, desde “me gusta poquito” hasta “me gusta muchísimo”, y sólo aparece un 13.6% en la percepción de “me disgusta” hasta “me disgusta mucho”.

Se expresaron los siguientes “comentarios respecto a la textura de la barra delgada fortificada”, de la encuesta de nivel de agrado (Tabla 5.32).

Tabla 5.32. Comentarios respecto a la textura de la barra delgada fortificada de la evaluación sensorial, prueba de aceptación

“Comentarios respecto a la textura:
o Muy buena textura porque se sienten los materiales con los que está hecha.
o Un poco dura.
o No esta tan suave como se ve.
o Es un poco dura y seca.
o Es demasiado dura, chiclosa y difícil de masticar.
o Está un poco dura
o Es un poco arenosa.
o Está muy dura un poco difícil de morder.
o Está un poco dura y a la vez chiclosa.
o No se siente tan bien.
o Está muy bien.
o Está muy dura.
o Es buena y se ve nutritiva por la textura.
o Es un poco dura al principio.
o Me gustaría que fuera más blanda.
o Muy dura.
o Está algo dura.
o Un poco tensa al morder.
o Estuvo muy bien más suave de lo que imaginaba.

Encuesta de evaluación nutricional de barra delgada fortificada, prueba de aceptación. N=30

Dado que la *textura* de la barra por sus componentes es heterogénea, como ya se ha mencionado, son explicables todos los comentarios tanto positivos como negativos (Tabla 5.32). Anzaldúa, (2005), expresa que algunas propiedades no pueden ser descritas como un solo atributo, sino como una combinación o agrupación de varias *características o notas* que conforman el atributo en cuestión. Esto es especialmente aplicable en los casos del sabor y la textura, donde uno no puede referirse simplemente a la “*textura del alimento*”, sino a sus *atributos o características de textura* en combinación. Menciona como ejemplo a la manzana, al describir la *textura* donde hay una combinación de percepciones que se pueden encontrar al degustarla, *como dureza, crujido, cohesividad (o falta de ella), jugosidad, harinosidad, fibrosidad, granulosis, aspereza, etc.*, y sólo la combinación de todos esos factores podría describir adecuadamente a una cierta muestra. Lo que bien se puede aplicar a las características de la textura de la barra optimizada que según la percepción de cada JNE ha expresado.

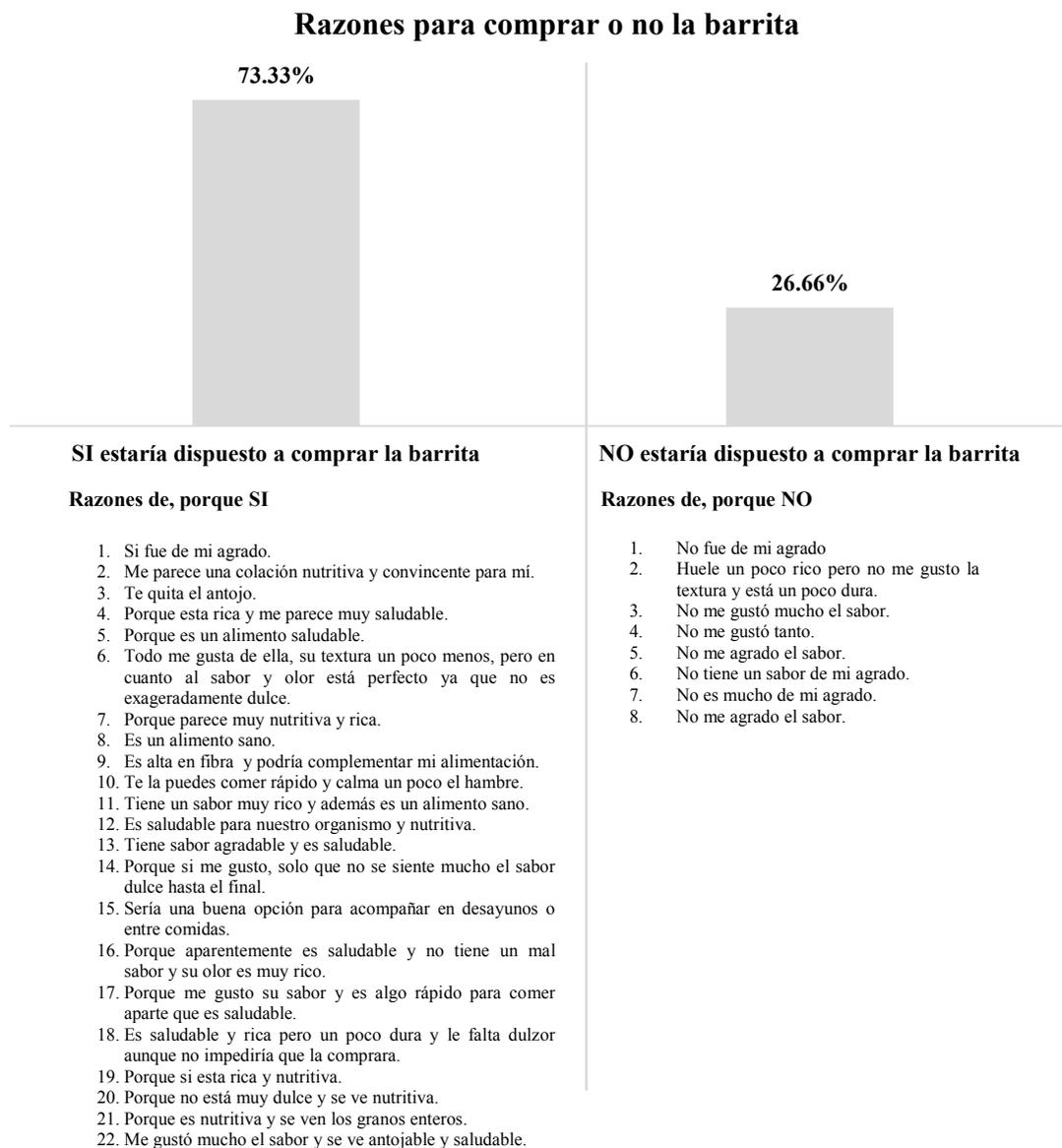
En cuanto a los resultados de los incisos de la prueba de aceptación (relacionadas a conocer si la persona estaría dispuesta o no a adquirir el producto), los JNE, expresaron: el

50% que les gustaría que estuviera disponible en “Cafetería de las escuelas”, 10% en “tiendas de autoservicio”, 13.3% en “máquinas despachadoras”, 33.3% en “todas las anteriores” y solo 13.3% expresó que en “ninguna de las anteriores”, (se podía marcar más de una opción).

Los JNE, en su mayoría fueron estudiantes universitarios.

Respecto a la pregunta de ¿Estarías dispuesto a comprar la barrita, de estar a un precio accesible y justo?, el 73.33% contestó que, “Sí compraría la barra” y el 26.66% que, “No estaría dispuesto hacerlo”. Como menciona Alzaldúa (2005), en las pruebas afectivas se trata de apreciaciones completamente personales y como se dice comúnmente: *“cada cabeza es un mundo”*, *“en gustos se rompen géneros (o telas)”*, *“sobre gustos no hay nada escrito”*. Pero, es importante que los que “No estarían dispuestos”, son minoría.

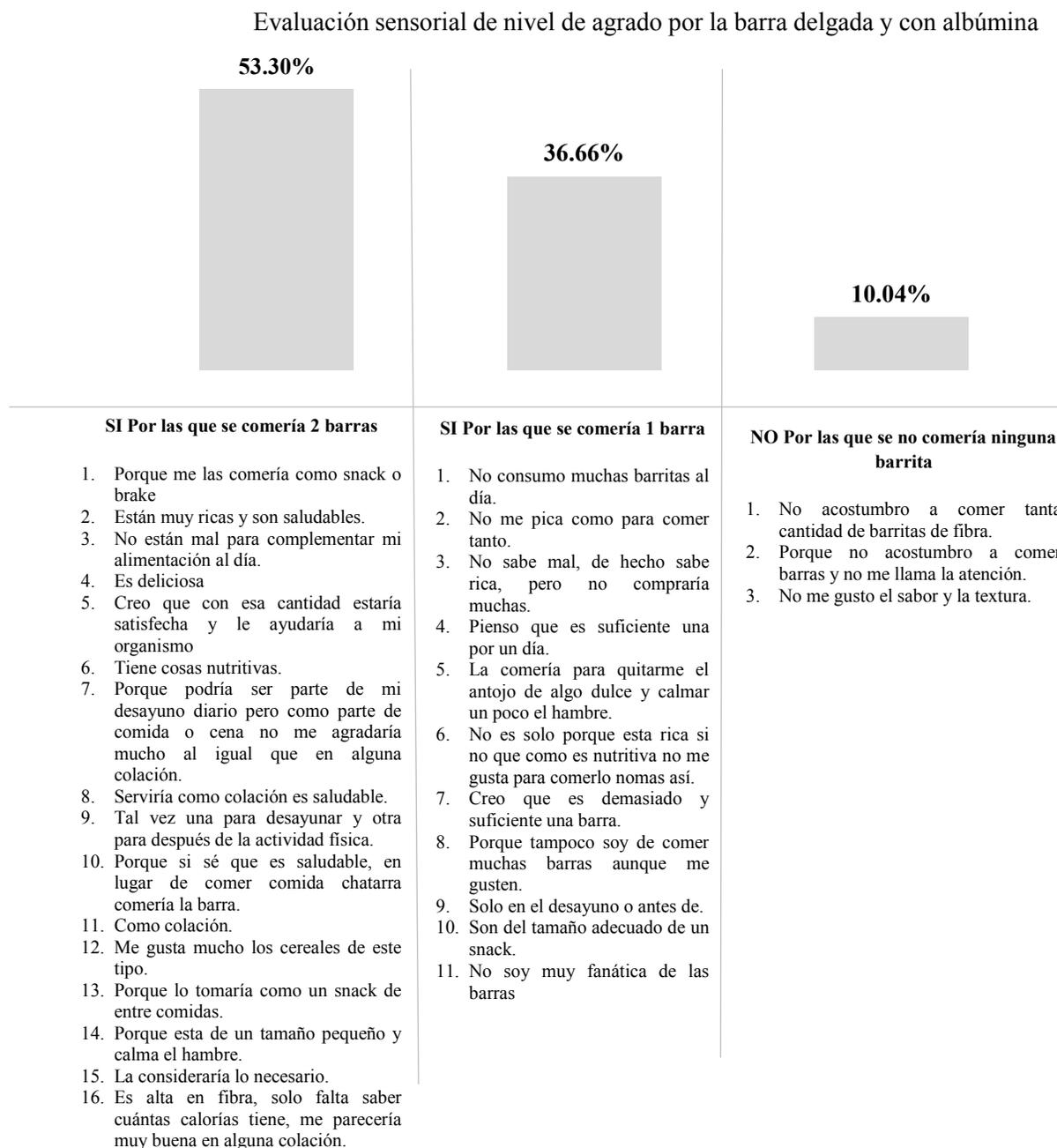
En la **Figura 5.10** se señalan las razones expuestas, de cuando se les pregunto ¿Por qué SI o Por qué NO estarían dispuestos a comprar la barrita?; Los que respondieron que Sí, sus percepciones están más ligadas al sabor agradable, lo saludable, nutritivo, rápido de consumo, o como otra opción de consumo en la mayoría; en cambio, más ligadas al desagrado por el sabor percibido son las razones de No estar dispuestos a comprarla.



N=30 Jueces no entrenados.

Figura 5.10. Razones de, porque “SI” estaría dispuesto a comprar la barrita, o porque “No” estaría dispuesto. De la Evaluación sensorial de nivel de agrado por la barra delgada y con albúmina, de las preguntas complementarias

En cuanto a ¿Cuántas barras (“delgadas enriquecidas y fortificadas”, no lo sabía el encuestado) como la que probó, consumiría al día? El 36.66%, respondió que consumiría 1 barra, el 53.33% respondió que 2 barras y el 10% que Ninguna. O sea que al menos el 90% consumiría al menos 1 barra al día. Ninguno señaló que consumiría 3 barras (Figura 5.11.).



N=30 Jueces no entrenados

Figura 5.11. Encuesta de evaluación sensorial de nivel de agrado y preguntas respecto a la frecuencia de consumo

Tabla 5.33. Evaluación del nivel de agrado del *aroma* de barra gruesa con huevo (1.5cm de grosor)

Descripción Aroma	Calificación	Proporción %
Buenísimo	9	9.8
Muy bueno	8	27.6
Bueno	7	47.0
Algo bueno	6	1.9
Ni bueno ni malo	5	9.8
Algo malo	4	3.9
Malo	3	0.00
Muy malo	2	0.00
Malísimo	1	0.00
Proporción de agrado		86.27
Calificación promedio		7.14±1.2

Barra gruesa con huevo. Tamaño de muestra: 51 JNE

Tabla 5.34. Evaluación de la calificación y el nivel de agrado por la barra gruesa con huevo (1.5cm de grosor), respecto a los atributos del *color, sabor y textura*

Descripción	Atributo Calificación	Color Proporción	Sabor Proporción	Textura Proporción
Me gusta muchísimo	9	3.9	6.2	3.9
Me gusta mucho	8	21.5	23.5	21.6
Me gusta moderadamente	7	27.4	33.3	29.4
Me gusta poquito	6	23.8	11.7	21.6
Ni me gusta ni me disgusta	5	9.8	7.8	13.7
Me disgusta poquito	4	9.8	11.7	3.9
Me disgusta moderadamente	3	1.9	5.8	0.0
Me disgusta mucho	2	1.9	0.0	5.9
Me disgusta muchísimo	1	0.0	0.0	0.0
Proporción de agrado		76.67	74.51	76.47
Calificación promedio		6.39±1.54	6.49±1.64	6.39±1.63

Barra gruesa con huevo. Tamaño de muestra: 51 JNE

Respecto a la comparación del “nivel de agrado” de las barras de diferente grosor (**Tabla 5.33 y 5.34.**), se obtuvo que comparada la barra “delgada con albúmina”, con la barra “muy gruesa con huevo”, presenta una calificación ligeramente mayor en los atributos *de sabor y textura*, que la barra muy gruesa, pero no hay evidencia significativa en cuanto a la

diferencia de su comparación, $p > 0.025$ (Pedrero y Pangborn, 1997), como lo señalan las letras iguales en los reglones correspondientes en la Tabla 5.35.

Tabla 5.35. Resultados de prueba de diferencia de medias de calificaciones en evaluación sensorial de barra de 0.635 cm de grosor y barra 1.5 cm

Atributo comparable	Calificación de Barra de 0.635cm	Calificación de Barra de 1.5cm
Aroma	8.17 \pm 0.73 ^a	7.10 \pm 1.20 ^b
Color	6.27 \pm 1.36 ^a	6.39 \pm 1.54 ^a
Sabor	6.73 \pm 1.50 ^a	6.49 \pm 1.64 ^a
Textura	6.70 \pm 1.37 ^a	6.39 \pm 1.63 ^a

*Diferentes letras en un reglón corresponden a una diferencia significativa; $p \geq 0.025$ (Pedrero y Pangborn, 1997).
Nota: n_1 de barra de 0.635cm =30JNE; n_2 de barra de 1.5cm =51JNE.

Tabla 5.36. Resultados de prueba de diferencia de proporciones de barra de 0.635cm de grosor comparada con la barra de 1.5cm de grosor, de evaluación sensorial de preferencia y nivel de agrado con Jueces no entrenados (JNE)

Atributo Comparable	Proporción de preferencia por barra de 0.635cm	Proporción de preferencia por barra de 1.5cm
Aroma	100.00 ^a	86.27 ^b
Color	76.67 ^a	76.47 ^a
Sabor	83.33 ^a	74.51 ^a
Textura	86.67 ^a	76.47 ^a

Diferentes letras en un reglón corresponden a una diferencia significativa; $p \geq 0.025$ (Pedrero y Pangborn, 1997).
Nota: n_1 de barra de 0.635cm =30JNE; n_2 de barra de 1.5cm =51JNE.

En la Tabla 5.36, muestra que sólo la proporción del nivel de agrado de aceptación del *aroma*, tiene suficiente evidencia estadísticamente significativa respecto a la diferencia entre la barra “delgada”, con albúmina, enriquecida y fortificada con respecto a la barra” muy gruesa” y con huevo, se concluye que la proporción de individuos que prefieren el *aroma* de la barra “delgada” con albúmina, enriquecida y fortificada si difiere significativamente contra los de la preferencia por la barra “muy gruesa” y con huevo, $p \leq 0.025$ (Daniel, 1996). Lo cual se sustenta en lo mencionado en párrafos anteriores

respecto a este atributo y el agregado de vitamina A sin olor residual, pero también podría influir que, la yema tiene aromas que tal vez competían con los del chocolate, vainilla y canela que parecen los dominantes, ingredientes que están presentes en ambas barras en mismas cantidades, excepto la yema, o por el hecho de sustituir el aceite por la yema que de alguna manera permita que se conserve su aroma, otra razón que hace diferencia es que en la elaboración de las barras delgadas con albúmina, enriquecidas y fortificadas se disminuyó el tiempo de horneado y la temperatura a 130°C, tanto por utilizar horno de convección como por la disminución del grosor de las barras, así como el uso de charolas perforadas lo que forma la costra exterior por ambos lados en menor tiempo lo que tal vez atrape los aromas y se conserven por más tiempo en el producto horneado.

Esto es un atributo importante, ya que el olor de un alimento contribuye grandemente al placer de comer. El olor, al igual que la apariencia, puede ser un índice valioso de la calidad de un alimento de un buen estado y frescura Charley Helen, (2008).

Tanto el chocolate como la canela son muy aromáticos. Los caneleros han sido unos de los productos de origen vegetal más utilizados como especia por su capacidad aromatizante. (Accame, 2009). El cacao y el chocolate aromatizan una gran variedad de alimentos (QA International, 1999).

En cuanto al *sabor*, aunque no hay diferencia estadísticamente significativa en su comparación con la barra “muy gruesa”, la proporción de preferencia si aumentó notoriamente (casi 10%) por la barra “delgada enriquecida y fortificada” (Figura 5.11).

Como se mencionó anteriormente en la evaluación de nivel de agrado por el aroma de la barra delgada, la explicación de lo ligado que está el olor al sabor, así como la importancia del este atributo en la preferencia por él, así mismo, se agrega que tanto el chocolate como la canela son muy aromáticos. Los caneleros han sido unos de los productos de origen vegetal más utilizados como especia por su capacidad aromatizante. (Accame, 2009). El cacao y el chocolate aromatizan una gran variedad de alimentos (QA International, 1999).

En la proporción del *color*, que es prácticamente igual en ambas barras (que tampoco presenta diferencia estadísticamente significativa), algo esperable por la monotonía de los

colores entre el beige, café y negro, además, de los cambios realizados ninguno modifica el color de ambas barras, acaso se dispersaron más las pasas y el granillo de chocolate que son los colores oscuros más sobresalientes. Lo amarillo de la yema se ve prácticamente anulado por el tono café oscuro de la vainilla en la mezcla con huevo, lo que no marca una diferencia de tonalidades comparada con la que no la incluye: respecto al color verde de la harina de nopal ha desaparecido prácticamente de la barra. Realmente el color entre ambas barras no tiene diferencia aparente. Al disminuir la atracción visual de la barra, el valor agregado de su “alto contenido en fibra” es importante para aumentar la preferencia por su consumo.

La evaluación de nivel de agrado por la *textura* de la barra delgada, tampoco presenta evidencia de diferencia significativa, ($p > 0.025$ (Daniel, 1996), pero también se ve aumentada la proporción de agrado (86.67%) en relación a la “muy gruesa y con huevo” (76.47%).

Fortín y Desplancke, (2001), afirman que, dentro de los elementos de referencia en la evaluación sensorial ligados a la calidad de los alimentos está la textura con sus componentes como la compresión, la masticación y los residuos en la boca. También agregan que son numerosos los atributos de textura de gran interés y las técnicas de evaluación que difieren según éstos como: tiempo de fusión y de adherencia en la boca, elasticidad y resistencia a la fractura en la boca o por manipulación con los dedos; lo que justificó el profundizar en este atributo con la Unibarra al hacer modificaciones en su grosor, que permitieron en una barra más delgada una mayor aceptación y preferencia del consumidor, aunque no existe diferencia significativa. Considerando este atributo con lo que menciona Charley (2008), que la *textura* de un alimento es importante no solo en sí misma, sino también por los efectos de ésta sobre el gusto.

La Unibarra cuenta con estructura heterogénea, pues varios de sus ingredientes conservan su consistencia o textura casi original, la cual provoca que al masticar cada uno de éstos se experimenten diversas percepciones entre la mezcla de los ingredientes ligados por la mezcla del nopal y la canela que han entrado en solución con la mezcla líquida del agua y vainilla con albúmina, aceite y azúcar y con el horneado se ha cementado, uniendo los

componentes sólidos al secarse la mezcla líquida, que se ve favorecida por la capacidad para ligar que tiene la albúmina. Por lo que, al morderla por primera vez implica un mayor esfuerzo que al morder cualquiera otra, aun en la barra delgada, pero la percepción de la textura visual de la delgada, da la impresión que no fuera así, lo que puede influir en creer que es más fácil su masticación.

Las características táctiles de un alimento pueden constituir un aspecto de la textura, aunque el ser humano aprecia la textura de los alimentos por algo más que el sentido del tacto. Los componentes estructurales de los alimentos les confieren un amplio rango de propiedades referidas colectivamente como textura (Charley, 2008)

Lo que realmente facilita dicha masticación es que, al fraccionarla por primera vez entran en contacto con la saliva los diversos ingredientes y la masticación cada vez es con menor esfuerzo, a la vez que la percepción de sabores va mejorando, experimentándose la consistencia de las pasas, del ajonjolí, la avena, el amaranto, el chocolate y la nuez, en una dulce mezcla de sabores entre los que no se percibe el del nopal en polvo y ni siquiera se asocia con el aroma del nopal fresco, como parte de la composición de las barras; lo que para muchos comensales les causaría rechazo, incluyendo por su consistencia “babosa”, la cual para nada se experimenta. Esta textura le da el plus de que se dificulta su desmoronamiento durante su manejo y transporte.

Cuando un individuo come un producto alimenticio, la muestra es masticada más allá de la rotura inicial, y los estímulos que resultan forman parte de la sensación global de textura. Mientras que el mordisco inicial es un aspecto importante de la textura, también lo son los mordiscos subsiguientes, la viscosidad, la adhesividad y la consistencia del alimento mezclado con la saliva. Igualmente importantes son los aspectos de la apariencia del alimento, las propiedades mecánicas y los ruidos que se producen cuando el alimento es manipulado, cortado y comido. Durante las primeras masticaciones, se rompe la mayor parte de la estructura. Los materiales quebradizos se fracturan, los materiales fibrosos se desgarran, y el alimento es amasado y mezclado con la saliva para formar un bolo coherente. Durante estos ciclos de masticación, se consigue un alto grado de cizallamiento, y se perciben una amplia variedad de características texturales. Se detectan atributos relacionados con la composición física (por ej., dureza-blandura) y la deformación y la

rotura (por ej., fragilidad, plasticidad, textura crujiente, y esponjosidad). Los movimientos de la mandíbula durante los ciclos de masticación posteriores de la denominada «fase de papilla» son más regulares que en las primeras etapas de la masticación. Durante este período, se segrega la saliva en el bolo alimenticio así como se va amasando antes de ser tragado. Los atributos de textura percibidos son los que se relacionan con la naturaleza propia (por ej., suavidad, aspereza, pulverulencia, terrosidad y pastosidad), la consistencia (por ej., cremosidad, acuosidad), y la adhesión al paladar (por ej., adhesividad) (Rosenthal y Rosenthal, 2001).

Si se valora conjuntamente, los cambios aplicados al inicio de este trabajo y los ensayos de la planta piloto, se obtuvo una barra “delgada” enriquecida y fortificada, a base de nopal, cuya evaluación de la *textura* respecto a la fuerza de corte mencionada en la tabla 11, sí mostro evidencia significativa ($p \leq 0.025$) en la diferencia con respecto a las barras de “1.0cm” y de “1.5cm”, aunada al incremento significativo en la evaluación sensorial de la proporción del nivel de agrado por su *aroma*. En cuanto al *sabor y textura* (aún sin diferencia significativa), entonces se obtiene *una mejor barra* con respecto a la barra “muy gruesa” y con huevo. A la que se le suman las características de ser un alimento sin aporte de colesterol, nutritiva por sus ingredientes, enriquecimiento y fortificación, de calidad sanitaria aceptable, estabilidad de almacenamiento con larga vida de anaquel con empaque, con resistencia al desmoronamiento por manejo, de fácil transportación, manipulación y consumo; posible de producción en serie, competitiva con otras barras disponibles en mercado, que pueda integrarse a la dieta cotidiana como parte de los cereales, para contribuir a la buena alimentación de los diferentes grupos de población, en los diferentes tiempos de comida o como snack, (inclusive para ancianos que podrían remojarla en algún alimento líquido para facilitar su masticación), además, de ser de un alimento de “alto contenido de fibra” (11.47g/100g) (aportada en mayor proporción (47%) por el nopal en polvo agregado), que aporta al menos el 15%IDR por porción y contribuya la salud con las cualidades fisiológicas de la FD ya mencionadas y sustentadas, entonces, es una *barra óptima*, que requerirá de estudios posteriores para demostrar que se le pueda calificar como un alimento funcional. Producto que puede contribuir a expandir el mercado del nopal, tan mexicano.

WCRF/AICR 2007, resalta que: *la elección de un estilo de vida y una alimentación apropiados desde etapas tempranas de la vida y a lo largo de la edad adulta contribuirá a reducir el riesgo de padecer ciertas afecciones como la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión, la diabetes y algunos tipos de cáncer. Para tener una alimentación sana, debemos seguir una dieta equilibrada, consumiendo determinados alimentos con moderación e incluyendo una amplia variedad de alimentos diferentes* (American Cancer Society, 2017).

-Una de las finalidades de la optimización de la barra de “alto contenido en fibra”, es que ésta pueda incluirse en la alimentación saludable.-



Figura 5.12. Producción en serie de Barra a base de nopal de “alto contenido en fibra”, en los ensayos en planta piloto “Lloveras”, Rubí, Barcelona, España.

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

- 6.1. Como consecuencia del trabajo desarrollado, se obtuvo una barra inicial que tenía las siguientes características: formulada con nopal en polvo, avena, amaranto, huevo y otros ingredientes; cualidades nutritivas por porción en calcio y proteína, superó en fibra dietética el rango establecido para denominarla, “producto que posee alto contenido de fibra” según normativa europea, o “adicionado con fibra” y “bajo en sodio” por normativa mexicana, con bajo aporte de vitaminas, textura heterogénea y gruesa, fuerza de corte mayor comparada con otras comerciales, de calidad sanitaria aceptable, superable en sus evaluaciones sensoriales, se le llamó, Unibarra.
- 6.2. Para optimizar la barra obtenida se aplicaron cambios y ajustes en condiciones de ingredientes, fortificación y enriquecimiento, disminución de grosor (modificación de la textura) y dimensiones al producto desarrollado a base de nopal de “alto contenido en fibra dietética”.
- 6.3. La optimización de igual manera, se vio favorecida con ensayos en la planta piloto de la empresa “Lloveras” en Rubí, Barcelona, comprobando que la sustitución del huevo fresco por albúmina en polvo en solución con agua y lecitina y la grasa del huevo por aceite vegetal, permitía eliminar el colesterol y la grasa animal, disminuyendo riesgos sanitarios y de rompimiento; la albúmina en polvo y la glucosa añadida también son materias primas fáciles de manejar, proveer y conservar a nivel industrial, pero, el azúcar glas es más factible con mejor manejo, costo, disponibilidad y conservación que la glucosa. También se probó su elaboración en serie.
- 6.4. La utilización del horno de convección y charolas perforadas permitió la cocción uniforme a menor temperatura y tiempo, en consecuencia menor pérdida de vitaminas y de sabores. Aun así la pérdida de vitamina C por exposición al calor del horneado fue muy notoria a pesar de la dosis agregada para fortificarla.

- 6.5. La barra optimizada se caracteriza como alimento de “alto contenido de fibra” superando la cantidad de barra desarrolla y la establecida por las normativas (aportada en mayor proporción por nopal en polvo, aunada a sus otros ingredientes sólidos de origen vegetal). Al consumir una porción aportará al menos el 15% de la IDR de FD y contribuirá positivamente en la salud de acuerdo a las cualidades fisiológicas de la fibra ya mencionadas y sustentadas.
- 6.6. La barra posee calidad sanitaria aceptable, con larga vida de anaquel con empaque, resistencia al desmoronamiento por manejo, de fácil transporte, competitiva con otras barras disponibles en el mercado nacional e internacional, puede integrarse a la dieta cotidiana como parte de los cereales, para contribuir a la buena alimentación de los diferentes grupos de población, en los diferentes tiempos de comida o como snack, (inclusive para ancianos que podrían remojarla en algún alimento líquido para facilitar su masticación).
- 6.7. En la evaluación comparativa de la textura con respecto a la fuerza de corte de los tres tipos de grosores, la barra “delgada” mostró evidencia significativa ($p \leq 0.05$) en la diferencia con respecto a las barras “gruesa” y “muy gruesa”.
- 6.8. Las evaluaciones sensoriales reflejaron que aumentó “el grado de aceptación” de barra optimizada por los consumidores potenciales, con diferencia significativa ($p \leq 0.025$) en la proporción de agrado por su “aroma”. En cuanto a sabor y textura (sin diferencia significativa) la proporción de preferencia fue mayor, y no hubieron cambios notorios respecto a la apreciación del color.
- 6.9. Finalmente se obtuvo una barra óptima “de alto contenido en fibra”, que requerirá de estudios posteriores para demostrar las evidencias para calificar como un alimento funcional

CAPÍTULO 7
RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 7

RECOMENDACIONES

- 7.1** Continuar línea de investigación para para sustentar con evidencia científica los efectos del consumo de la barra, al evaluar el efecto de saciedad de la Unibarra, la disminución del estreñimiento o la frecuencia de evacuaciones, la disminución de la colesterolemia, por su consumo, para poder declararlo alimento funcional. Así como, con la línea de desarrollo de nuevos productos.
- 7.2** Recomendar el consumo de la unibarra optimizada, no como alimento único y especial, sino como una forma de incluir el nopal y como parte de una dieta saludable rica en fibra, para contribuir al consumo recomendable de fibra de 25 a 30 gramos diarios, mismo que debe ir acompañado de una ingestión de líquidos de alrededor de dos a tres litros de agua al día. De manera que forme parte de las versiones integrales de los alimentos de consumo cotidiano, como el pan integral, las galletas y tortillas integrales, cereales con fibra, bebidas lácteas enriquecidas con fibra y yogur entre otros, junto con la variación de frutas y verduras, que permitan consumir tanto fibra soluble como insoluble y experimentar sus beneficios.
- 7.3** Concursar para obtener financiamientos para continuar con investigaciones de esta línea, que requiere cubrir los costos de las mismas.

CAPÍTULO 8
BIBLIOGRAFIA

CAPÍTULO 8

BIBLIOGRAFÍA

- Accame, M. E. (2009). *Actividad Terapéutica de la Corteza de Canela. Panorama actual del medicamento.* 33(325), 733. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3597007>. ISSN 0210-1394.
- Agro. (14 de Diciembre de 2010). Procesan nopal para obtener harina. *Revista Industrial del campo (Revista virtual)*. Recuperado de <http://www.2000agro.com.mx>
- Alba, N. y Augusto, C. (2008). *Ciencia, Tecnología e industria de alimentos*. Bogotá, Colombia: Grupo Latino Editores.
- Alba, V., Ramírez, R. y Pérez, J. (2013). *Alimentos funcionales, principios y nuevos productos (2a. Edición)*. México: Editorial Trillas.
- Almeida, S., Aguilar, T. y Hervert, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 27(1), 73-76.
- Alvídrez, A., González, B. y Jiménez, Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *RESPyN*, 3(3). Recuperado de <http://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2002/spn023g.pdf>
- American Cancer Society. (2017). *Estadísticas importantes sobre el cáncer colorrectal*. Recuperado de <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-colon-o-recto/acerca/estadisticas-clave.html>
- Anzaldúa, A. (2005). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Artés, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7, 61-85.
- Asociación Mexicana del Amaranto, A.C. (AMAAC). (2013). *Centro de información al consumidor de amaranto*. Recuperado de <http://www.amaranto.com.mx/elamaranto/historia/historia.htm>

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). *Official Methods of Analysis (16a ed.)*. USA.
- Badui D. S. (2006). *Química de los Alimentos (4a ed.)*. México: Editorial Pearson Educación.
- Barber, S. y Llácer, D. (1983). Contenido de fibra dietética, atributos sensoriales de calidad y composición química del pan integral de comercio. *Revista Agroquímica de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 23(1), 119-131.
- Barriga, M., Chimpén, L., Gallo, M. (2008). Evaluación de la vida de anaquel de hojuelas de pescado. *Boletín de Investigación*, 8. Instituto Tecnológico Pesquero. Perú. 93-100.
- Belitz, H., Grosch W. y Shieberle P. (2012). *Química de los Alimentos*. España. Editorial Acribia.
- Belitz, H., Grosch W. y Shieberle P. (2009). *Química de los Alimentos*. España. Editorial Acribia.
- Belitz, H., Grosch W. y Shieberle P. (1988). *Química de los Alimentos*. España. Editorial Acribia.
- Bello, J. (2000). *Ciencia bromatológica, principios generales de los alimentos*. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos.
- Bender, D. (2006). *Diccionario de los Bender de nutrición y tecnología de los alimentos*. Zaragoza España, Editorial Acribia, SA.
- Bressani, R., Breuner, M., y Ortiz, M. (1989). Contenido de fibra ácido y neutrodetergentes y de minerales menores en maíz y su tortilla. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 39(3), 382-391.
- Bourges, H., y Chávez, A. (1970). *Recomendaciones de nutrimentos para la población mexicana (L. 17, No. Folleto 11916)*. México: Editorial División de Nutrición.
- Cadaval, A., Escauriaza, B., Barrutia, U., Rodrigo, C., Aranceta, J. y Majem, L. (2005). *Alimentos Funcionales para una alimentación más saludable*. España. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC). Corporación Alimentaria Peña.
- Cervera, S., Nonato, I., Rojas, R., y Rivera, J. (2010). Obesidad en México: epidemiología y políticas de salud para su control y prevención. *Gaceta Médica de México*. 397-407.

- Charley, H. (2008). *Tecnología de Alimentos: Procesos químicos y físicos de alimentos*. México: Editorial Limusa, 324-330.
- Chávez, A. y Muñoz, M. (2014). *Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo* “Miriam Muñoz”. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Cóccaro, G. (2010). *Desarrollo de nuevos productos: alimentos funcionales y novel food. Alternativas para el diseño de alimentos y su marco legal. PROCAL (Programa de Gestión de Calidad y Diferenciación de los Alimentos)*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Argentina. Recuperado de http://www.piaschile.cl/wp-content/uploads/2015/04/Desarrollo-de-Nuevos-Productos_Alimentos-funcionales-y-Novel-Food.pdf.
- Daniel, W. (1996). *Bioestadística para las ciencias de la vida*. México. Editorial Limusa.
- De Alba, V., Ramírez, R., Pérez, J. (2013). *Alimentos funcionales, principios y nuevos productos (2ª ed.)*. México: Editorial Trillas.
- De La Torre, A., Debiton, E., Juaneda, P., Durand, D., Chardigny, J. M., Barthomeuf, C., Bauchart, D., y Gruffat, D. (2006). Beef conjugated linoleic acid isomers reduce human cancer cell growth even when associated with other beef fatty acids. *British Journal of Nutrition*, 95, 346-352.
- Diario Oficial de la Federación. (2017). *Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2017, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua*. Recuperado de https://od.lk/d/NI85MDM3NTQ4OV8/NOM-127_ANTEPROYECTO_2017_17mar17.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (2017). *Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA-2017, Agua para uso y Consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los Sistemas de abastecimiento*. Recuperado de https://od.lk/d/NI85MDM4OTAwNI8/NOM-179_ANTEPROYECTO1mar2017.pdf.
- Diario Oficial de la Federación. (2015). *Norma Oficial Mexicana NOM-159-SSA1-2015, Productos y servicios. Huevo y sus productos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Método de prueba*. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5435475&fecha=29/04/2016
- Diario Oficial de la Federación. (2015). *Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2015, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias*. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5420977&fecha=22/12/2015

- Diario Oficial de la Federación. (2013). *Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2013, Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Método de prueba.* Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5332832&fecha=17/02/2014
- Diario Oficial de la Federación. (2012). *Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. (Sustituyó a la 2010).* Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013
- Diario Oficial de la Federación. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados -información comercial y sanitaria.* Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5137518&fecha=05/04/2010
- Diario Oficial de la Federación. (2009). *Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.* Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5133449&fecha=01/03/2010
- Diario Oficial de la Federación. (2008). *Norma Oficial Mexicana 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. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. (Sustituyó a la NOM-147).* Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009
- Diario Oficial de la Federación. (2005). *Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005, Servicios Básicos de Salud. Promoción de la Salud en materia Alimentaria. Criterios para brindar información.* Recuperado de http://www.promocion.salud.gob.mx/dgps/descargas1/programas/2_norma_oficial_mexicana_nom_043_SSA2_2005.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimientos públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.* Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=691563
- Diario Oficial de la Federación. (1998). *Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA-1998, Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano,*

distribuida por sistemas de abastecimiento público. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/179ssa18.html>

Diario Oficial de la Federación. (1996). *Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.* Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/147ssa16.html>

Diario Oficial de la Federación. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM -051-SCFI-1994, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.* Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4867163&fecha=24/01/1996

Diario Oficial de la Federación. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.* Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/086ssa14.html>

Diario Oficial de la Federación. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.* Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5172062&fecha=22/12/2010

Diario Oficial de la Federación. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.* Recuperado de <http://www.ss.puebla.gob.mx/index.php/tramites/normatividad/item/2017-bienes-y-servicios-metodo-para-la-cuenta-de-mohos-y-levaduras-en-alimentos>

Diario Oficial de la Federación. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.* Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4728925&fecha=15/08/1994

Diario Oficial de la Federación. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.* Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/120ssa14.html>

Diario Oficial de la Federación. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.* Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>

- Diario Oficial de la Federación. (1980). *Norma Oficial Mexicana NOM-F-376-S-1980, Galletas Marías*. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4611059&fecha=04/02/1981
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2007). Reglamento (CE) No 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Recuperado de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:012:0003:018:ES:PDF>
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT). Resultados Nacionales. Cuernavaca, México, México: Instituto Nacional de Salud Pública. Recuperado de: <http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf>
- Eroski Consumer. (13 de agosto de 2015). Consumer, la revista del consumidor: Los diez alimentos más eficaces para bajar el colesterol. Vizcaya, España. Fundación Grupo Eroski. ISSN: 1138-3895. Recuperado de http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/enfermedad/2011/08/05/202346.php
- Eroski Consumer. (24 de febrero de 2012). El agua en los alimentos La actividad de agua de los alimentos está relacionada con su textura y con la proliferación de los microorganismos patógenos. Vizcaya, España. Fundación Grupo Eroski. ISSN: 1138-3895. Recuperado de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/03/26/175613.php>
- Eroski Consumer. (Mayo 2007). Consumer, la revista del consumidor: No hay por qué complicarse: legumbres, verduras, fruta y frutos secos aportan suficiente fibra. Vizcaya, España. Fundación Grupo Eroski. ISSN: 1138-3895. Recuperado de <http://revista.consumer.es/web/es/20070501/actualidad/analisis1/71568.php>
- Escobar, L. (2009). Desarrollo de un producto con nopal de “alto contenido en fibra”. Suficiencia Investigadora. Departament de Ciències Animal i dels Aliments, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, España.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (1993). *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Consulta FAO/OMS de expertos. Dirección de Nutrición. ISSN: 1014-2916. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s0a.htm>
- Food Drug Administration US. (FDA). (2016). *Dietary Fiber*. Recuperado de www.accessdata.fda.gov/scripts/InteractiveNutritionFactsLabel/dietary-fiber.html o <http://www.fda.gov/nutritioneducation>

- Fortin, J. y Desplancke, C. (2001). *Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Fox, B. y Camerón, A. (2006). *Ciencia de los alimentos, Nutrición y Salud*. México: Editorial Limusa, 45.
- Frati, A., Quiroz, J., Altamirano, P., Banales, M., Islas, S. y Ariza, C. (1988). Efectos de diferentes dosis de nopal *opuntia streptacantha lamaire* en la prueba de tolerancia a la glucosa en individuos sanos. *Archivos de investigación médica*, 19(2), 143-8.
- Frati, A., Fernández, J., Chávez, A., de la Riva, H. y Mares, G. (1984). Estudios hormonales en la acción del nopal sobre la prueba de tolerancia a la glucosa. Informe preliminar. *Revista médica del IMSS*, 22(6), 387-90.
- Frati, A., Fernández, J., Banales, M. y Ariza, C. (1983). Disminución de glucosa e insulina sanguíneas por nopal (*Opuntia* sp.). *Archivos de investigación médica*, 14(3), 269-74.
- Gardner, G. y Shoback, D. (2012). *Greenspan endocrinología básica y clínica (9a. ed, y 1a. en español)*. A. M. Kanaya, C. Vaisse (E ds.), *Obesidad*, 699-700. Cd. de México, México, Editorial McGraw Hill/Interamericana.
- González, P., Alvira, P., y González, G. (1987). La cascarilla de arroz en la alimentación animal II. Composición químico-bromatológica. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 27(1), 139-149.
- Gutiérrez, J. (2011). Eficacia de cicatrización con el aceite esencial *cinnamomum zeylanicum* (canela) versus el apósito convencional (coe-pak) en ratas albinas. [Tesis para obtener el título profesional de cirujano – dentista]. Lima–Perú. Recuperado de <http://www.cop.org.pe/bib/teisis/juanraulgutierrezsullca>
- Hesser J. (1994). Application and usage of dietary fibers in the USA. *International Food Ingredients* N°3: 50-52. Hoogenkamp, H. W. (1994). Lifestyle and food: mega changes for mega markets. *International Food Ingredients*, (3), 23-29.
- IAAlimentos. (22 de junio de 2015). Nutrición y salud, el desafío para los snacks. *Revista IAAlimentos*. Industria de Alimentos de la región Andina. Recuperado de <http://revistaialimentos.com/ediciones/edicion5/especial-nutricion/nutricion-y-salud-el-desafio-para-los-snacks.htm>
- Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). (12 de julio de 2010). Colitis, padecimiento frecuente en México. *El siglo de Torreón*. Recuperado de <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/539551.colitis-padecimiento-frecuente-en-mexico.html>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Estadísticas a propósito del día mundial contra el cáncer (4 de febrero) Datos nacionales*. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2017/cancer2017_Nal.pdf
- Kearney, J., Gibney, M., Livingstone, B., Robson, P., Kiely, M., y Harrington, K. (2001). Attitudes towards and beliefs about nutrition and health among a random sample of adults in the Republic of Ireland and Northern Ireland. *Public Health Nutrition*, 4(5a), 1117-1126. doi: 10.1079/PHN2001193
- Kuklinski, C. (2003). *Nutrición y Bromatología*. Barcelona, España: Ediciones Omega, SA.
- Larrauri, J., Rodríguez, J., Fernández, M. y Borroto, B. (1994). Nota: Fibra dietética obtenida a partir de hollejos cítricos y cáscara de piña. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 34(1), 102-107.
- Lobato, V., Martínez, H., Chávez, G. (2004). Estudio de algunas propiedades físico-químicas de nopal (*Opuntia spp*) deshidratado a diferentes temperaturas. Memorias del XVI Congreso Chileno de Nutrición. *Revista Chilena de Nutrición*, 31(1), 203-253. ISSN 0717-7518.
- Labuza, T. y Schmidt, M. (1985). Accelerated shelf-life dating of foods. *Food Technology*, 39(9). 57-134.
- López, G., Ros, G., Rincón, F., Periago, M. J., Martínez, C. y Ortuño, J. (1997). Propiedades funcionales de la fibra dietética: mecanismos de acción en el tracto gastrointestinal. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, 47(3), 203-207.
- Marván, L. (1998). *La Fibra en la Cocina*. Cuadernos de Nutrición. México. Editorial Fomento de Nutrición y Salud., AC, 31-32
- Mataix, J. (2015), *Nutrición y alimentación humana (Nutrientes y alimentos, Tomo I)*. Madrid, España: Editorial Ergon.
- Mataix, J. (2005). *Nutrición y Alimentación Humana (Tomo I: Nutrientes y Alimentos)*. Barcelona, España: Editorial Océano.
- Mendoza, E. y Calvo, M. (2010). *Bromatología: Composición y propiedades de los alimentos*. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Moreno, R. (2000). *Nutrición y Dietética para Tecnólogos de alimentos*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 287.
- Muller H. y Tobin, G. (1986). *Nutrición y Ciencia de los Alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

- Muñoz, M., Ledesma, J., Chávez, A. y Pérez, F. (2010). *Composición de alimentos (2a ed.)*. México: Editorial McGraw Hill de México.
- Muñoz, M., Ledesma, J., y Chávez, A. (2002). *Tablas de Valor Nutritivo de Los Alimentos: de Mayor Consumo en Latinoamérica*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Nopalitos, S.A. de C.V. (2008). Ficha Técnica Nopal en polvo por peso #0272. Comercializadora Nopalitos, S.A. de C.V. México.
- Ospina, S., Cartagena, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5.
- Pak, N., Ayala, C., Vera, G., Pennacchiotti, I. y Araya, H. (1990). Fibra dietética soluble e insoluble en cereales y leguminosas cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 40(1), 116-125.
- Pamplona, R. (2006). *El poder medicinal de los alimentos*. Madrid, España: Editorial Safeliz. S.L.
- Pedrero, D. y Pangborn, R. (1997). *Evaluación Sensorial de los alimentos Métodos Analíticos (1a ed.)*. México: Editorial Alhambra Mexicana.251.
- Pérez, A., Palacios, B. y Castro, A. (2008). *Sistema Mexicano de Equivalentes (3a ed.) Fomento de Nutrición y Salud*. México: Editorial Ogali.
- Periago, M., Ros, G., Englyst, H. y Rincón, F. (1994). Nota: Variación en el contenido de fibra dietética del guisante (*Pisum sativum*) en función de la variedad, tamaño y método analítico. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 34(5), 365-375.
- Proop, S. (1998). *Una comparación entre los mercados de alimentos funcionales en la Unión Europea, Estados Unidos y Japón*. Report of Institute for Prospective Technological Studies (IPTS Report). European Commission, 998.
- Proteína Animal (PROAN). (2009). Ficha técnica de albumina de huevo deshidratada, Huevo San Juan. Proteína Animal S.A. de C.V., México.
- QA International. (1999). *Guía completa de alimentos*. Québec. Editorial Könemann.
- Quintero, A. (2002). *Desarrollo de un alimento funcional a partir de hierro hémico y evaluación de su biodisponibilidad, para prevención y corrección de la deficiencia de hierro*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.

- Quintín, J. (1983). *Bromatología de los Alimentos industrializados (Dietética Tomo 3)*. México: Méndez Editores.
- Quintín, J. (1978). *Bromatología de los Alimentos industrializados (Dietética Tomo 3)*. México: Méndez Editores.
- Ramírez, A. y Pacheco, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Research Gate*. ISSN 0378-1844. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/242657952_propiedades_funcionales_de_harinas_altas_en_fibra_dietetica_obtenidas_de_pina_guayaba_y_guanabana
- Restrepo, M., Morales G., Ramírez G., López L. y Varela L. (29 de julio de 2017). Los hábitos alimentarios en el adulto mayor y su relación con los procesos protectores y deteriorantes en salud. *Revista Chilena de Nutrición*, 33. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46914636006>. ISSN 0716-1549.
- Rosenthal, A. y Rosenthal, A. (2001). *Textura de los alimentos Medida y percepción (Capítulo 1: Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos)*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. Sirsi: i9788420009506.
- Roudot, A. (2004). *Reología y análisis de la textura de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Sáenz, C., Berger, H., Corrales, G. J., Galletti, L., García, V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez, A. y Varnero, M. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de servicios agrícolas de la FAO*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 20-22, 60-61, 76,80.
- Salas, R., Bibiloni, MdM., Ramos, E., Villarreal, J.Z., Pons, A., Tur, J., Sureda, A. (2014). Metabolic Syndrome Prevalence among Northern Mexican Adult Population. *PLoS ONE* 9(8): e105581. doi:10.1371/journal.pone.0105581. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4139369/citedby/>
- Sánchez, G. (2006). Al Nopal no solo hay que verlo cuando tiene tunas. *Cuadernos de nutrición*, 29(2). México: Fomento de Nutrición y Salud A.C. 69-76
- Sancho, J., Bota, E. y Castro, J. (1999). *Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos*. México: Alfa-Omega Grupo Editores.
- Sandoval, E. y Bosques, F. (2008). Enfermedad inflamatoria intestinal: realidad en México. *Revista de Gastroenterología*, 2 (73), 38-42.

- Sociedad Española Oncológica Médica (SEOM). (01 de Marzo de 2017). Cáncer de Colon y recto. ISSN: 1698-3491. Recuperado de <http://www.seom.org/es/info-sobre-el-cancer/colon-recto?start=2#content>
- Sociedad Española Oncológica Médica (SEOM). (2016). *Las Cifras del Cáncer en España 2016*. ISSN: 1698-3491. Recuperado de http://www.seom.org/seomcms/images/stories/recursos/las_cifras_del_cancer_en_esp_2016.pdf
- The European Food Information Council (EUFIC). (01 de Diciembre de 2008). *Alimentos, la actividad física y el cáncer: Una revisión de los estudios existentes*. Recuperado de <http://www.eufic.org/article/es/enfermedades-dieta/cancer/artid/alimentacion-actividad-fisica-cancer-analisis-estudios-existentes/>
- Torres, M., Trejo, A., Posadas, R., Zamora, J., Ichazo, M., Meave, A. y Posadas, C. (2001). Efecto del extracto de nopal sobre lípidos y lipoproteínas en hipercolesterolemia moderada. *Revista médica del IMSS*, 39(6), 491-499.
- Velázquez, E. (1998). *El nopal y su historia (La cocina mexicana a través de los siglos (segunda serie))*. México: Editorial Clío, libros y Videos, SA de CV.
- Villarroel, M., Acevedo, C. y Biolley, E. (2003), Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. Universidad de la Frontera, Fac. de Ingeniería y Fac. de Medicina; Temuco, Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(4).
- Vollmer, G., Josst, G., Schenker, D., Sturm, W., Vreden, N. (1999). *Elementos de bromatología descriptiva*. España: Editorial Acribia.
- Webconsultas (20 de abril de 2015). *Un nuevo fármaco, eficaz para tratar el cáncer de colon*. *Revista de salud y bienestar*. Recuperado de <http://www.webconsultas.com/salud-al-dia/cancer-de-colon/un-nuevo-farmaco-eficaz-para-tratar-el-cancer-de-colon>
- Zambrano, M., Meléndez, R. y Gallardo, Y. (2001). *Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos (Capítulo 14)*. Varela Editora e Librería Ltda. São Paulo.
- Zudaire, M. (2015). *Los diez alimentos más eficaces para bajar el colesterol*. Recuperado de: http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/enfermedad/2011/08/05/202346.php#sthash.2PClBv6O.dpuf

ANEXOS

ANEXOS

Contenido:

- **Anexo 1.** Formato de evaluación sensorial de preferencia de barras fortificadas y sin fortificar.
- **Anexo 2.** Instrucciones para llenar los formatos de prueba de evaluación sensorial.
- **Anexo 3.** Formato de prueba de evaluación sensorial de nivel de agrado y calificación de barra “delgada” (635mm), con albúmina, enriquecida y fortificada.
- **Anexo 4.** Formato de prueba de evaluación organoléptica de nivel de agrado y calificación para la barra “muy gruesa” (1.5cm), con huevo y sin fortificar
- **Anexo 5.** Resumen del valor nutrimental completo de la barra optimizada y su comparación con el % de la Recomendación Nutrimental diaria para población mexicana joven y adulta, en base a la NOM-051(DOF, 2010) y “Recomendaciones nutrimentales promedio para mujeres y hombres de 18- 34 años”, (INNSZ, 1970).
- **Anexo 6.** Figuras de Texturómetro modelo “TA2-XT plus
- **Anexo 7.** Tabla de Recomendaciones para el Consumo de Nutrientes para Población Mexicana.
- **Anexo 8.** Normas mexicanas que hacen referencia a la fibra dietética.
- **Anexo 9.** Tabla de Valores nutrimentales de referencia para la población mexicana NOM-051-SCFI-2010 (DOF, 2010).
- **Anexo 10.** Ficha Técnica de Nopalitoz #0272

Anexo 1.

Formato de prueba de evaluación sensorial de preferencia para barras fortificadas y sin fortificar.

La barra # 704 es la “delgada”, enriquecida y fortificada y la “muy gruesa” sin enriquecer ni fortificar está marcada con # 451, el juez consumidor no conoce estas características.
Tipo: Test de consumidores con Método de Preferencia descriptivo

PRUEBA DE EVALUACION SENSORIAL DE PREFERENCIA

I.- SUS RESPUESTAS SON MUY IMPORTANTES; POR FAVOR; COMPLETE LO MAS HONESTAMENTE POSIBLE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS. LEA COMPLETAMENTE LAS OPCIONES ANTES DE CONTESTAR CADA PREGUNTA.

Nombre: _____ **Sexo:** _____ **Edad:** _____ **Fecha:** _____

Tipo: Test de consumidores. **Método:** Preferencia descriptivo

Producto: Barrita #451 y Barrita #704

II.- Sírvase degustar ambos productos rotulados como Barrita #451 y Barrita #704, y luego dé su opinión en este sentido, marcando con una X:

1. ¿Cuál producto prefiere?

451 _____ 704 _____

2. ¿Prefiere el sabor de?

451 _____ 704 _____

3. ¿Prefiere la consistencia de?

451 _____ 704 _____

4. ¿Prefiere la textura de?

451 _____ 704 _____

Explique porqué la prefiere: _____

5. ¿Qué grosor prefiere?

451 _____ 704 _____

Explique porque lo prefiere: _____

6. ¿Si estarían en venta estas dos barras cual elegiría?

451 _____ 704 _____

7. ¿Cuál le gustaría que estuviera disponible en tiendas? _____

¡MUCHAS GRACIAS ;

Anexo 2.

Instrucciones para llenar los formatos de prueba de evaluación sensorial

Antes de iniciar las pruebas se dieron las siguientes instrucciones:

- 1. Por favor, antes de iniciar la prueba lea cuidadosamente y completos los enunciados y toda la hoja de evaluación**
- 2. No hable en ningún momento con sus compañeros evaluadores y evite voltear a verlos, si tiene alguna duda durante el transcurso de la prueba levante su mano y enseguida acudirá un coordinador a atenderle.**
- 3. Antes de iniciar la degustación, tome el agua que se proporciona, asegurándose que recorra toda la superficie de la lengua**
- 4. Cuando pruebe la muestra proporcionada, debe hacerlo procurando que el producto recorra toda la superficie de la lengua.**

Anexo 3.

Formato de prueba de evaluación organoléptica de nivel de agrado para la barra “delgada” (635mm), con albúmina, enriquecida y fortificada. El juez consumidor no conoce estas características.

PRUEBA DE EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE NIVEL DE AGRADO

SUS REPUESTAS SON MUY IMPORTANTES; POR FAVOR, CONTESTE LO MAS HONESTAMENTE POSIBLE.

Nombre: _____ **Sexo** ____ **Edad:** _____ **Fecha:** _____

Producto: Barrita **704**

Por favor, lea completamente las opciones antes de contestar cada pregunta.

Instrucción: Primero perciba el aroma, después la textura, sabor y color de la Barrita **704** y califique en la línea correspondiente hasta completar todos los atributos.

1. Marque con una (x) el cuadro junto al inciso que mejor describa su opinión en cuanto el **AROMA** la barrita que acaba de oler.

Barrita 704	Descripción
	Buenísimo
	Muy bueno
	Bueno
	Algo bueno
	Ni bueno ni malo
	Algo malo
	Malo
	Muy malo
	Malísimo

2. Marque con una (x) el cuadro junto al inciso que mejor describa su opinión en cuanto el **SABOR** de la barrita que acaba de probar

Barrita 704	Descripción
	Me gusta muchísimo
	Me gusta mucho
	Me gusta moderadamente
	Me gusta poquito
	Ni me gusta ni me disgusta
	Me disgusta poquito
	Me disgusta moderadamente
	Me disgusta mucho
	Me disgusta muchísimo

Continúe en la siguiente página

3. Marque con una (x) el cuadro junto al inciso que mejor describa su opinión en cuanto el **COLOR** de la barrita que acaba de probar

Barrita 704	Descripción
	Me gusta muchísimo
	Me gusta mucho
	Me gusta moderadamente
	Me gusta poquito
	Ni me gusta ni me disgusta
	Me disgusta poquito
	Me disgusta moderadamente
	Me disgusta mucho
	Me disgusta muchísimo

4. Marque con una (x) el cuadro junto al inciso que mejor describa su opinión en cuanto a la **TEXTURA** la barrita que acaba de probar

Barrita 704	Descripción
	Me gusta muchísimo
	Me gusta mucho
	Me gusta moderadamente
	Me gusta poquito
	Ni me gusta ni me disgusta
	Me disgusta poquito
	Me disgusta moderadamente
	Me disgusta mucho
	Me disgusta muchísimo

Por favor, continúe respondiendo las siguientes preguntas o marcando su respuesta con una X

5. ¿Algún comentario sobre la textura?

6. ¿Te gustaría que estuviera disponible en?

a) Cafetería de las escuelas _____ b) Tiendas de autoservicio _____

c) Máquinas despachadoras _____ d) Todas las anteriores _____

e) Ninguna de las anteriores: _____

7. ¿Estarías dispuesto a comprar la barrita, de estar a un precio accesible y justo?

Si: ____ **No:** ____.

8. ¿Por qué? _____

9. En tamaño original de la barra es de 3 veces más a lo que has probado ¿Cuántas barras consumirías al día? 1 _____ 2 _____ 3 _____

10. ¿Por qué?: _____

11. Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN, SERÁ MUY VALIOSA.

Anexo 4.

Formato de prueba de evaluación organoléptica de nivel de agrado para la barra “muy gruesa” (1.5cm), con huevo y sin fortificar. El juez consumidor no conoce estas características.

PRUEBA DE EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE NIVEL DE AGRADO

SUS REPUESTAS SON MUY IMPORTANTES; POR FAVOR, CONTESTE LO MAS HONESTAMENTE POSIBLE.

Nombre: _____ **Sexo** _____ **Edad:** _____ **Fecha:** _____

Producto: Barrita **451**

Por favor, lea completamente las opciones antes de contestar cada pregunta.

Instrucción: Primero perciba el aroma, después la textura, sabor y color de la Barrita **451** y califique en la línea correspondiente hasta completar todos los atributos.

1. Marque con una (x) el cuadro junto al inciso que mejor describa su opinión en cuanto el **AROMA** de la barrita que acaba de oler.

Barrita 451	Descripción
	Buenísimo
	Muy bueno
	Bueno
	Algo bueno
	Ni bueno ni malo
	Algo malo
	Malo
	Muy malo
	Malísimo

2. Marque con una (x) el cuadro junto al inciso que mejor describa su opinión en cuanto a la **TEXTURA** de la barrita que acaba de probar

Barrita 451	Descripción
	Me gusta muchísimo
	Me gusta mucho
	Me gusta moderadamente
	Me gusta poquito
	Ni me gusta ni me disgusta
	Me disgusta poquito
	Me disgusta moderadamente
	Me disgusta mucho
	Me disgusta muchísimo

Continúe en la siguiente página

3. Marque con una (x) el cuadro junto al inciso que mejor describa su opinión en cuanto el **SABOR** en de la barrita que acaba de probar

Barrita 451	Descripción
	Me gusta muchísimo
	Me gusta mucho
	Me gusta moderadamente
	Me gusta poquito
	Ni me gusta ni me disgusta
	Me disgusta poquito
	Me disgusta moderadamente
	Me disgusta mucho
	Me disgusta muchísimo

4. Marque con una (x) el cuadro junto al inciso que mejor describa su opinión en cuanto el **COLOR** de la barrita que acaba de probar

Barrita 451	Descripción
	Me gusta muchísimo
	Me gusta mucho
	Me gusta moderadamente
	Me gusta poquito
	Ni me gusta ni me disgusta
	Me disgusta poquito
	Me disgusta moderadamente
	Me disgusta mucho
	Me disgusta muchísimo

¡MUCHAS GRACIAS !

Anexo 5. Resumen del valor nutrimental completo de la barra optimizada y su comparación con el % de la Recomendación Nutrimental diaria para población mexicana joven y adulta, en base a la NOM-051(DOF, 2010) y “Recomendaciones nutrimentales promedio para mujeres y hombres de 18- 34 años”, (INNSZ, 1970).

Porcentaje de Ingesta Diaria Recomendada (%IDR) para población joven y adulta mexicana y/o NOM-051(DOF 2010) y aportados por una porción de Unibarra.

Valor nutrimental	Reporte en 40g, una porción de barra*	% IDR****
Energía**	139 Kcal	6.0
Proteína	5.04 g	6.5
Grasa	3.09 g	4.3
H de C (Chodf***)	21.95 g	6.02
Fibra dietética Total	4.55 g	15.2++
Riboflavina	204µg	24.3+
Ac. Fólico	144µg	40.0+
Vitamina A	67.84µEq	12.0+
Vitamina C	7mg	11.7++
Zinc	3mg	30.0+
Sodio	27.8 mg	0.90+
Fósforo	1.4 mg	0.21++
Fierro	1.6 mg	9.41+
Calcio	180.0 mg	20.00+

*Cantidades calculadas en base a los resultados de laboratorio de análisis químicos.

**Las Kilocorías (Kcal) se calcularon en base a los resultados del análisis de Laboratorio, considerando, 4 Kcal por gramo de proteína, 9 Kcal por gramo de grasa, 4 Kcal por gramo de Hidratos de Carbono (H de C), y 2 Kcal por gramos de fibra soluble. NOM 051-SCOFI-2010 (DOF, 2010).

***Chodf, significa: Hidratos de carbono obtenidos por diferencia.

****%IDR Ingesta diaria Recomendada ponderada, para la energía, las proteínas, grasas y H de C, calculada tomando de: “Recomendaciones nutrimentales promedio para mujeres y hombres de 18- 34 años”. (INNSZ, 1970, Anexo 7)

+%IDR Ingesta diaria Sugerida, calculada tomando de la tabla de Valores nutrimentales de referencia para la población mexicana NOM-051-SCFI-2010 (DOF, 2010).

++%IDR Ingesta diaria Recomendada, calculada tomando de la tabla de Valores nutrimentales de referencia para la población mexicana NOM-051-SCFI-2010 (DOF, 2010). Anexo 9.

Anexo 6. Figuras de fotografías de texturómetro “TA2-XT plus.



Figura 1. Texturómetro modelo “TA2-XT plus”. Laboratorio de Facultad de Agronomía, UANL.

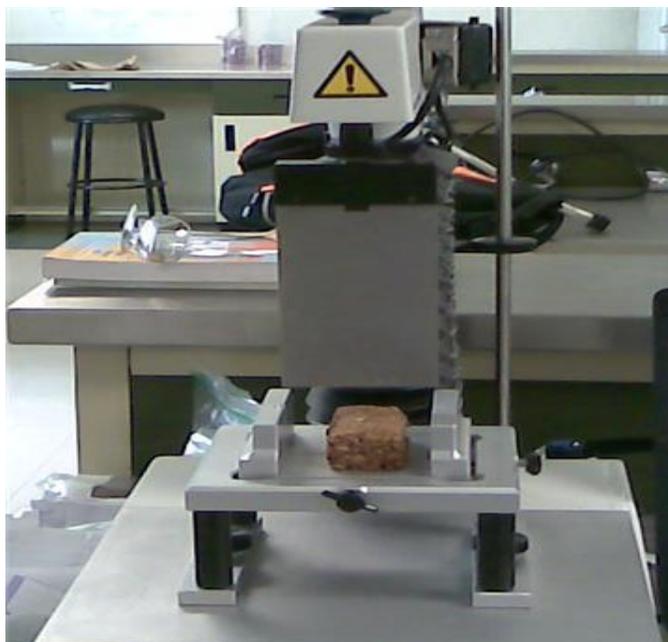


Figura 2. Texturómetro, modelo “TA2-XT plus”. Se muestra la Unibarra colocada en la plataforma para ser tocada y fracturada por la cuchilla de un solo filo (“Warner bratzeler”) y medir la fuerza de corte. Laboratorio de Facultad de Agronomía, UANL.

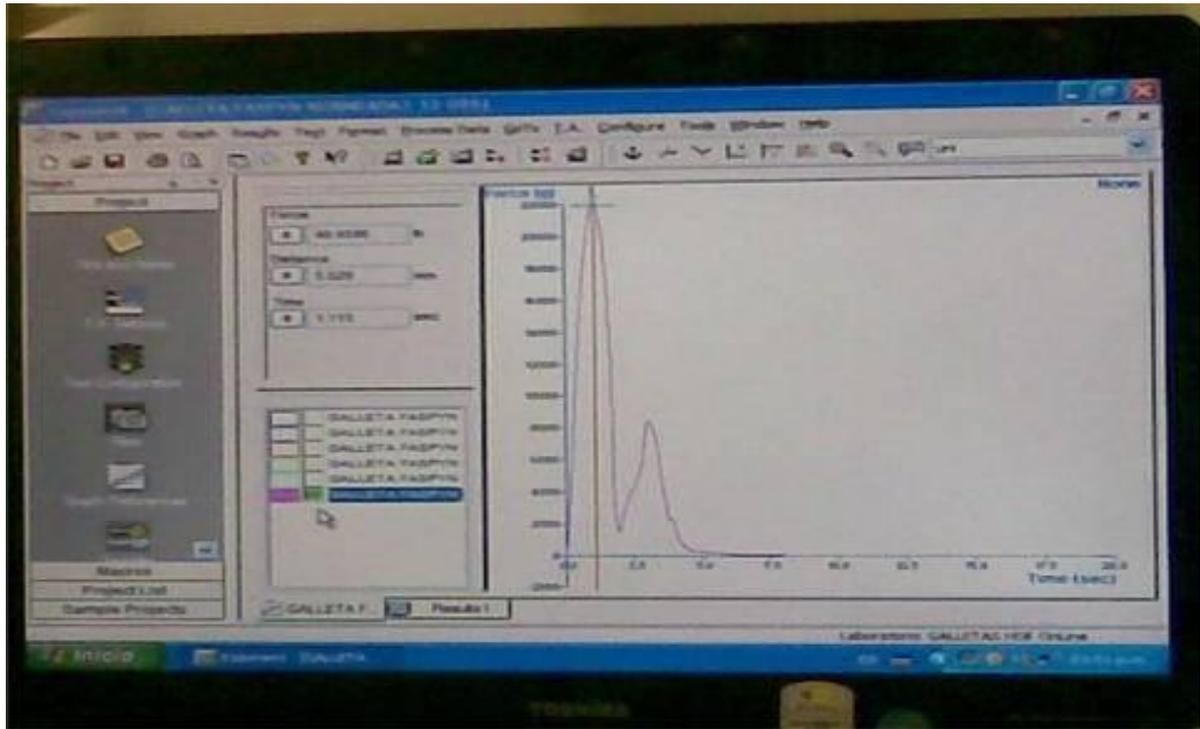


Figura 3. Monitor conectado al Texturómetro modelo “TA2-XT plus”, que muestra la gráfica que expresa los puntos de corte, marcando el punto más alto de la gráfica el valor máximo de la fuerza de corte cuando se fractura por primera vez la muestra por la cuchilla. Laboratorio de Facultad de Agronomía, UANL.

Anexo 7. Recomendaciones de Nutrimientos para la población Mexicana

EDADES (meses y años cumplidos) niños ambos sexos	Peso Teórico (Kg)	Eerg. (Kcal.)	Ps Ani. (g)	Ps Veg (g)	Ps Total (g)	Gs P (g)	Gs S (g)	Gs M (g)	Gs Total (g)	CHO'S Simples (g)	CHO'S Comp. (g)	CHO'S Totales (g)	Ca (mg)	Fe (mg)	B1 (mg)	B2 (mg)	B3 (mgEq)	Vit.C (mg)	Vit.A (mcgE)	*Fibr (g)	Col. (mg)	
0-3 meses	4.515	120/Kg.	3.5	6.9	10.4	1.9	1.9	15.6	19.4	16.3	65.0	81.3	600	10	0.06	0.07	1.17	40	500	40	300	
4-11 meses	3.105	110/Kg.	6.8	13.5	20.3	3.1	3.1	24.4	30.6	26.8	107.0	133.8	600	15	0.05	0.06	1.07	40	500	40	300	
12-23 meses	10.6	1000	9.0	18.0	27	3.2	3.2	26.0	32.4	30.0	120.0	150.0	600	15	0.80	0.80	11.0	40	500	40	300	
2-3 años	13.8	1250	10.7	21.3	32	4.1	4.1	33.2	41.4	37.5	150.0	187.5	500	15	0.60	0.80	11.0	40	500	40	300	
4-6 años	13.2	1500	13.3	26.7	40	4.9	4.9	39.0	48.8	45.0	180.0	225.0	500	10	0.80	0.80	13.5	40	500	40	300	
7-10 años	25.2	2000	17.3	34.7	52	6.6	6.6	52.6	65.8	60.0	240.0	300.0	500	10	1.10	1.80	18.9	40	500	40	300	
Adolescente masculino																						
11-13 años	39.3	2500	20	40.0	60	8.4	8.4	67.6	84.4	75.0	300.0	375.0	700	18	1.30	1.80	23.0	50	1000	40	300	
14-18 años	57.8	3000	25	50.0	75	10	10	80.0	100.0	90.0	360.0	450.0	700	18	1.50	1.80	27.0	50	1000	40	300	
Adolescente femenino																						
11-18 años	53.3	2300	22.3	44.7	67	7.2	7.2	57.9	72.3	69.0	276.0	345.0	700	18	1.20	1.10	20.7	50	1000	40	300	
Hombres																						
18-34 años	65	2750	27.7	55.3	83	8.6	8.6	68.4	85.6	82.5	330.0	412.5	500	10	1.40	1.70	24.8	50	1000	40	300	
35-54 años	65	2500	27.7	55.3	83	7.4	7.4	59.4	74.2	75.0	300.0	375.0	500	10	1.30	1.50	22.5	50	1000	40	300	
55 y mas años	65	2250	27.7	55.3	83	6.3	6.3	50.4	63.0	67.5	270.0	337.5	500	10	1.10	1.40	20.3	50	1000	40	300	
Mujeres																						
18-34 años	55	2000	23.7	47.3	71	5.7	5.7	45.9	57.3	60.0	240.0	300.0	500	18	1.00	1.20	18.0	50	1000	40	300	
35-54 años	55	1850	23.7	47.3	71	5.1	5.1	40.4	50.6	55.5	222.0	277.5	500	18	1.00	1.20	16.6	50	1000	40	300	
55 y mas años	55	1700	23.7	47.3	71	4.4	4.4	35.2	44.0	51.0	204.0	255.0	500	10	1.00	1.20	16.0	50	1000	40	300	
Embarazada **	-	200 **	3.3 **	6.7 **	10 **	4.0 **	4.0 **	36.0 **	44.0 **	6.0 **	24.0**	30.0**	1000	25	0.20 **	0.30 **	3.0 **	80	1500	40	300	
Lactantes **	-	1000 **	10.0 **	20.0 **	30 **	3.1 **	3.1 **	24.9 **	31.1 **	30.0 **	120.0	150.0	1000	25	0.5 **	0.7 **	2.0 **	80	1500	40	300	

*Recomendaciones de Nutrimientos para la población Mexicana. (Bourges R, H. *et al.*, 1970. (vigente).

GsP: Grasas poliinsaturadas

GsS: Grasas saturadas

GsM: Grasas monoinsaturadas

GsT: Grasas totales

Cho`sS: Hidratos de carbono simples

Cho`sC: Hidratos de carbono complejos

Chos`T: Hidratos de carbono totales

Col.: Colesterol

**Las cantidades recomendadas se suman al grupo de edad correspondiente

Ps Anim: proteína de origen animal

Ps Veg: proteína de origen vegetal

Ca: Calcio

Fe: Hierro

B1: Tiamina

B2: Riboflavina

Niac: Niacina

Vit.C: Ácido Ascórbico

Vit. A: Retinol

Fibr: Fibra

ANEXO 8. Normas mexicanas que hacen referencia a la fibra dietética.

Se mencionan los puntos de importancia con su numeración original en cada norma que hacen referencia a la fibra dietética.

Norma Oficial Mexicana 051-SCFI/SSA1-2010 (Diario Oficial de la federación (DOF), 2010). (Sustituyó a la *NOM-051-SCFI-1994*). (DOF, 1994).

Definición, marcada en el punto 3.19 Fibra dietética. Respecto a la definición de la *fibra dietética* se redacta lo que sigue según los puntos señalados en la misma.

Punto 3.19 Fibra dietética. Se define como los polímeros de hidratos de carbono con tres o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado humano y que pertenecen a las categorías siguientes:

- Polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran naturalmente en los alimentos en la forma en que se consumen;
- Polímeros de carbohidratos obtenidos de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos, y que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas y aportadas a las autoridades competentes
- Polímeros de carbohidratos sintéticos que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas aportadas a las autoridades competentes. (DOF, 2010)

Ingesta diaria y sus declaraciones.- Se señala la Ingesta o ingestión Diaria Recomendada (IDR) de fibra Dietética, (DOF, 2010) que establece como 30g dentro del Valor Nutricional recomendado (VNR) para la población mexicana de los Valores de referencia para la población mexicana (Anexo10).

En el *punto 4.2.8.3.4* dice: la declaración numérica sobre fibra dietética, vitaminas y nutrimentos inorgánicos (minerales) debe expresarse en unidades de medida o en porcentaje de los valores nutrimentales de referencia, o en ambos por 100g, o por 100mL, o por porción en envases que contengan varias porciones, o por envase cuando éste contiene sólo una porción.

En el punto 4.2.8.3.5, dice que para estos casos, se debe emplear la Tabla del Anexo 9 de ingestión diaria sugerida e ingestión diaria recomendada, para la población mexicana según corresponda.

Declaraciones nutrimentales y saludables.- En el punto 6.3, habla de las Declaraciones nutrimentales y saludables, que se mencionan a continuación con su numeración original.

Este tipo de declaraciones podrán referirse al contenido calórico, proteínas, carbohidratos (hidratos de carbono), grasas (lípidos) y los derivados de las mismas, *fibra dietética*, sodio, vitaminas y nutrimentos inorgánicos (minerales) para los cuales se han establecido valores nutrimentales de referencia (DOF, 2010).

Las declaraciones de propiedades que se definen a continuación están permitidas en los términos señalados en cada caso.

Según el punto 6.3.1 Por declaración de propiedades relativas al contenido de nutrimentos se entiende una declaración de propiedades nutrimentales que describe el nivel de un determinado nutrimento contenido en un alimento. (Ejemplos: "Fuente de calcio"; "alto contenido de fibra y bajo en grasa".)

Según el punto 6.3.2 Por declaración de propiedades de comparación de nutrimentos se entiende una declaración de propiedades que compara los niveles de nutrimentos y/o el valor energético de dos o más alimentos. (Ejemplos: "reducido"; "menos que"; "menos"; "aumentado"; "más que".)

Según el punto 6.3.3 Declaración de propiedades saludables significa cualquier representación que declara, sugiere o implica que existe una relación entre un alimento, o un constituyente de dicho alimento, y la salud.

Las declaraciones de propiedades saludables incluyen lo siguiente:

Según el punto 6.3.3.1 Por declaración de función de los nutrimentos se entiende una declaración de propiedades nutrimentales que describe la función fisiológica del nutrimento en el crecimiento, el desarrollo y las funciones normales del organismo.

Ejemplo: "El nutrimento A (nombrando un papel fisiológico del nutrimento A en el organismo respecto al mantenimiento de la salud y la promoción del crecimiento y del desarrollo normal). El alimento X es una fuente del/alto en el nutrimento A".

Según el punto 6.3.3.2 Otras Declaraciones de propiedades de función - Estas declaraciones de propiedades conciernen efectos benéficos específicos del consumo de alimentos o sus

constituyentes en el contexto de una dieta total sobre las funciones o actividades biológicas normales del organismo. Tales declaraciones de propiedades se relacionan a una contribución positiva a la salud o a la mejora de una función o la modificación o preservación de la salud. Ejemplo: "La sustancia A (nombrando los efectos de la sustancia A sobre el mejoramiento o modificación de una función fisiológica o la actividad biológica asociada con la salud). El alimento Y contiene X gramos de sustancia A".

Según el *punto 6.3.4*, No se podrán hacer declaraciones de propiedades cuando se pretenda atribuir al producto características que no contiene o posee ni declaraciones asociadas a la disminución o reducción de riesgo de enfermedad.

Norma Oficial Mexicana-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales (DOF, 1994).

Nota: los incisos numéricos marcados son los que corresponde a la numeración en la NOM 086; en este trabajo solo se hace mención a los puntos referentes a la fibra dietética y no a toda la norma. En cuanto a fibra dietética se declara lo siguiente.

En el *punto 3. Definiciones.*- Para fines de esta norma se entiende por:

Según el *punto 3.10* Fibra dietética, componentes del material vegetal (polisacáridos no amiláceos y lignina) que no son digeridos por las enzimas del sistema digestivo de los mamíferos.

El *punto 6. Disposiciones.*- Los productos objeto de esta norma, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento, deben ajustarse a las siguientes disposiciones:

Según el *punto 6.1* Cuando se haya identificado un alimento como fuente importante de energía o de nutrimentos esenciales en la alimentación, pueden restaurarse aquellos que se hayan perdido durante la elaboración

Se menciona a la fibra dietética entre los nutrimentos que se puede adicionar como se especifica en el siguiente párrafo.

Según el *punto 6.2*. Los nutrimentos que se permiten adicionar a los alimentos, siempre y cuando se cumpla con lo establecido en el *punto 6.3*, son los siguientes:

Punto 6.2.1 Aminoácidos: para mejorar la calidad nutritiva de las proteínas, pueden añadirse aminoácidos esenciales, únicamente en las cantidades estrictamente necesarias, las cuales deben ser en su forma natural;

Punto 6.2.2 Las vitaminas: ácido ascórbico, niacinamida, riboflavina, tiamina, vitamina A, vitamina E, vitamina B₆, vitamina B₁₂, D-pantotenamida, ácido fólico, vitamina D, vitamina K y biotina;

Punto 6.2.3 Los minerales: calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio, zinc y yodo (como yodato de potasio);

Punto 6.2.4 Proteínas: de pescado, de soya, ovoalbúmina, de leche y de suero de leche y otras fuentes inocuas, y

Punto 6.2.5 *Fibra dietética*

En el *punto 7. Especificaciones nutrimentales* (- solo se menciona lo de importancia para este trabajo).- Los productos objeto de este ordenamiento deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Punto 7.6.2 Producto bajo en colesterol: su contenido de colesterol es menor o igual a 20mg/porción. Para porciones menores o iguales a 30 g, el contenido debe ser menor o igual a 20mg/50 g de producto.

Punto 7.17 Los productos adicionados de fibra: son aquellos en los que el contenido de fibra es igual o mayor de 2,5g/porción en relación al contenido del alimento original o de su similar.

En punto 11. Etiquetado.- La etiqueta de los productos objeto de esta norma, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento y la Norma Oficial Mexicana correspondiente, debe sujetarse a lo siguiente:

Punto 11.8 Para los productos adicionados, su denominación de acuerdo a las especificaciones correspondientes en esta norma, así como el contenido total del nutrimento en el alimento por porción;

Punto 11.9 No está permitido emplear indicaciones que les atribuyan una acción terapéutica, preventiva o rehabilitatoria.

Punto 11.10 No está permitido incluir declaraciones que relacionen el contenido de un nutrimento con algún padecimiento.

Punto 11.11 No está permitido emplear términos descriptivos relacionados con modificaciones en la composición de alimentos y bebidas no alcohólicas, distintos a los definidos en esta Norma Oficial Mexicana.

Punto 11.12 No está permitido emplear denominaciones distintas a las establecidas en esta Norma Oficial Mexicana. (DOF, 1994).

En cuanto a datos de importancia para este trabajo, también en el Apéndice informativo A se señalan los puntos siguientes:

APENDICE NORMATIVO A.- Inciso A. DE LAS PORCIONES DE ALIMENTOS Y BEBIDAS NO ALCÓHOLICAS (DOF, 1994).

Las porciones aquí señaladas son exclusivamente para el cumplimiento y verificación de las denominaciones descritas en esta norma y no con fines de etiquetado.

Punto 1. Porciones de alimentos

Punto 1.1 Cereales, leguminosas, sus productos y botanas.

Alimento: Barras de granos con o sin cobertura, porción: 40 g.

Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación (DOF, 2012).

En el punto 3 de *Definiciones.-*

Con el punto 3.27 Fibra dietética: a la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y la absorción en el intestino humano y que sufren una fermentación total o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y otras sustancias asociadas con las plantas. Se les divide en solubles e insolubles. Epidemiológicamente su consumo insuficiente se ha asociado con la aparición de enfermedades crónicas. Se encuentra en leguminosas, cereales integrales, verduras y frutas.

En el punto 4. De Disposiciones Generales, se señala:

En el punto 4.3 Criterios generales de la alimentación.

En el punto 4.3.1 Los alimentos se agruparán en tres grupos:

Verduras y frutas

Cereales

Leguminosas y alimentos de origen animal. (DOF, 2012).

En el punto 4.3.2.1 Se debe promover el consumo de verduras y frutas regionales y de la estación, en lo posible crudas y con cáscara, ya que incorporarlas a la alimentación diaria ayuda a reducir la densidad energética de la dieta, y además son fuente de carotenos, de vitaminas A y C, de ácido fólico y *de fibra dietética* y dan color y textura a los platillos, así como otras vitaminas y nutrimentos inorgánicos (Apéndice Informativo B) (DOF, 2012).

En el punto 4.3.2.2 Se debe recomendar el consumo de cereales, de preferencia de grano entero y sus derivados integrales sin azúcar adicionada y tubérculos. *Se destacará su aporte de fibra dietética* y energía (Apéndice Informativo B) (DOF, 2012).

En el punto 4.3.2.3 Se debe promover la recuperación del consumo de la amplia variedad de frijoles y la diversificación con otras leguminosas: lentejas, habas, garbanzos y arvejas, *por su contenido de fibra* y proteínas.

En el punto 4.4.10 Se debe promover el consumo de verduras, frutas y leguminosas como fuente de fibra dietética y nutrimentos antioxidantes. Asimismo, se promoverá el consumo de cereales integrales y sus derivados como fuente de fibra dietética

En el punto 5.10 Grupo de edad de sesenta años y más.

En el punto 5.10.2 Se debe fomentar el consumo de alimentos haciendo énfasis en el consumo de hierro, calcio, *fibras dietéticas* y agua simple potable y fraccionar la dieta en más de tres comidas al día. (Apéndice informativo B) (DOF, 2012).

Apéndice informativo B.- En este Apéndice se detallan las fuentes de varios nutrientes y de la *fibra dietética*, apareciendo aquí con su numeral original y textual, lo referido a la FD (DOF, 2012).

FUENTES DE:

B7. Fibra dietética:

B7.1 Cereales: tortillas y otros productos elaborados con maíz nixtamalizado, cebada, salvado, harinas integrales, *avena*, pan y cereales integrales.

B7.2 Verduras (de preferencia, crudas y con cáscara): brócoli, coles de bruselas, col, zanahoria, coliflor, elote, chícharos, espinacas, *nopales*, acelgas, huauzontles, verdolagas y berros.

B7.3 Frutas (de preferencia crudas y con cáscara): chabacano, plátano, moras, dátiles, higos, guayaba, naranja y toronja en gajos, pera, manzana, mango y tamarindo.

B7.4 Leguminosas: frijol, lentejas, habas, alverjón, garbanzos, soya.

B7.5 Otros: orejones de chabacano o durazno, ciruela pasa, *pasas*, cacahuates, almendras y *nueces* (DOF, 2012).

Anexo 9 Tabla de Valores nutrimentales de referencia para la población mexicana NOM-051-SCFI-2010 (DOF, 2010).

Valores nutrimentales de referencia para la población mexicana

Nutrimiento/unidad de medida	VNR	
	IDR	IDS
Proteína g/kg de peso corporal	1	
Fibra dietética g	30	
Vitamina A µg (equivalentes de Retinol)		568
Vitamina B1 µg (Tiamina)		800
Vitamina B2 µg (Riboflavina)		840
Vitamina B6 µg (Piridoxina)		930
Niacina mg (equivalente a Ácido nicotínico)		11
Ácido fólico µg (Folacina)		380
Vitamina B12 µg (Cobalamina)		2,1
Vitamina C mg (Ácido ascórbico)	60	
Vitamina D µg (como colecalciferol)		5,6
Vitamina E mg (equivalente a tocoferol)		11
Vitamina K µg		78
Ácido pantoténico mg		4,0
Calcio mg		900
Cobre µg		650
Cromo µg		22
Flúor mg		2,2
Fósforo mg	664	
Hierro mg		17
Magnesio mg		248
Selenio µg		41
Yodo µg		99
Zinc mg		10

Ingesta o ingestión Diaria Sugerida (IDS): se usa en lugar de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) en los casos que la información sobre requerimientos es insuficiente, NOM-051-SCFI-2010 (DOF, 2010).

Anexo 10. Ficha Técnica de Nopalitoz #0272.





No. 0272

Código/Bar Code: 601455000272

Nopal en Polvo por peso / Nopal Powder by weight

Uds. por empaque / Units per package	1 Kg. - 2.2 Lb. / Pounds	20 Kg. - 44 Lb. / Pounds
1. DUN 14	-	-
2. cms.- pulg. / cms.- inches	↕20/8 ↔14/5.5 ↻6/2.5	↕80/31.5 ↔40/16 ↻25/10
3. Mts ³ - Pulgadas ³ / Mts ³ - Inch ³	.00168 / .0001	.08 / .0049
4. Peso Kg. Lb. / Weight Kg. Pounds	1 / 2.2	20 / 44
5. Vida anaquel / Shelf Life	3 Años / 3 Years	3 Años / 3 Years
6. Cajas x cama / Unit per level	50 / 50	5 / 5
7. No. camas / Levels	12 / 12	6 / 6
8. Unidades x tarima / Units per palet	600 / 600	30 / 30

↕ Alto / Hight ↔ Ancho / Weight ↻ Profundidad / Depth

Ingredientes principales / Main Ingredients:
100 % Nopal deshidratado, variedad estandar Opuntia Ficus Indica.

100 % Dehydrated Nopal Cactus. Standar variety Opuntia Ficus Indica.

Valor nutrimental / Nutrition Facts:

• Cenizas / Ashes	18.96%
• Humedad / Humidity	6.26%
• Proteinas / Proteins	3.71%
• Extracto etero / Fat	0.63%
• Calcio / Calcium	6.00%
• Fibra cruda /	9.87%
• Fibra dietetica total / Dietary fiber	45.99%
• Fibra dietetica soluble / Soluble fiber	5.60%
• Fibra dietetica insoluble / Insoluble fiber	40.39%

Usos principales: Sirve como materia prima para hacer tortillas, galletas, pan; mezclado entre un 5% o 20% a la harina base del producto. También puede adicionarse a cualquier líquido enriqueciendolo con fibra. En cantidades moderadas no modifica el sabor. Puede adicionarse a cualquier alimento en general.

It works like high fiber raw material to mix any type of flour. It is mixed from 5% to 20% to the total of the flour to make cakes, tortillas, bread and so on. Also it can be added to any liquid. In moderated amounts it do no modify the flavor.

Indicadores de calidad / Quality indicators and controls:
Se seleccionan las pencas del Nopal, eliminando las que cuentan con algún tipo de plaga, se quitan el 100% de las espinas, el Nopal se deshidrata a baja temperatura, obteniendo un polvo color verde de alto contenido de fibra y calcio principalmente.

To obtain a good quality of green color and high fiber and calcium cactus powder, the process includes the selection of raw material free of plague, taking off the thorns, and the dehydration under low temperature.

Observaciones adicionales / Additional remarks: