



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

DESARROLLO DE UN HELADO DESLACTOSADO DE NOPAL

T E S I S

Que para obtener el título de:

Ingeniero en Alimentos

Presenta

Virginia Andrade Gallardo

Asesora

I. B. Q. Leticia Figueroa Villarreal

Co-Asesora

Dra. Alma V. Lara Sagahón

Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Desarrollo de un helado deslactosado de nopal.

Que presenta la pasante: Virginia Andrade Gallardo

Con número de cuenta: 307089911 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 09 de Septiembre de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

| | NOMBRE | FIRMA |
|---------------|--|-------|
| PRESIDENTE | I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal | |
| VOCAL | Dra. Elsa Gutiérrez Cortez | |
| SECRETARIO | L.A. Ma. del Consuelo Molina Arciniega | |
| 1er. SUPLENTE | I.A. Maritza Rocandio Pineda | |
| 2do. SUPLENTE | M. en C. Selene Pascual Bustamante | |

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

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

A mis padres

A mis hermanos

A mi familia

A mis amigos

Y a Jens

Agradecimientos

A mi papá, a mi mamá y a mis hermanos por estar siempre presentes a pesar de los horarios y la distancia. Gracias por permitirme concluir a su lado una de las etapas más importantes de mi vida. Sin ustedes no hubiera sido posible concluir con esta etapa.

A ti Jens, por llegar en el momento indicado a mi vida y permitirme ser parte de tu vida. Gracias por estar siempre a mi lado tomándome de la mano y venciendo cualquier adversidad que se nos presente.

A mis asesoras de tesis I. B. Q. Leticia Figueroa Villareal y a la Dra. Alma Virginia Lara Sagahón por su tiempo, valiosos consejos, apoyo y por ser mis guías en éste último tramo del camino.

Al laboratorio de Bacteriología de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y en especial a la Dra. Clara Inés Álvarez Manrique por su apoyo en los análisis microbiológicos realizados en este trabajo.

A mis sinodales, la Dra. Elsa Gutiérrez Cortez, L. A. Ma. Del Consuelo Molina Arciniega, la I. A. Maritza Rocandio Pineda y a la M. en C. Selene Pascual Bustamante por sus valiosas observaciones.

A los laboratoristas Miguel Alvarado Copado y Miguel Ángel Valdes Luna por su valioso tiempo y apoyo en todo momento.

A la Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz por todo su apoyo y consejos, buena vibra y risas. Gracias infinitas por ser mi amiga.

A Jesús Gutiérrez de los Santos por todo su apoyo y contribución a este trabajo que sin duda no sólo es mío, sino también es tuyo. Gracias por tus consejos y por tu apoyo siempre.

A Pao, Angie, Luis y Brian por hacer de la universidad una etapa inolvidable, estoy agradecida con la vida de haberlos puesto en mi camino y que ustedes me hayan hecho parte de sus locuras.

A Ana, Fanny, Yess, Gaby, Tiaré, Rosy, Josué y a cada uno de mis amigos y compañeros que aportaron algo a mi vida, siempre los llevaré en mi corazón.

Y a la UNAM por abrirme sus puertas y acogerme como una de sus hijas desde los 15 años, por la formación que has dejado en mí y me ha hecho ser la persona que soy ahora.

Por mi raza hablará el espíritu.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------------|
| ÍNDICE DE TABLAS | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | IX |
| RESUMEN | X |
| INTRODUCCIÓN | XII |
| CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1 GENERALIDADES DEL NOPAL | 1 |
| 1.1.1 Definición | 1 |
| 1.1.2 Composición química | 1 |
| 1.1.3 Compuestos funcionales | 2 |
| 1.1.4 Producción de nopal en México | 3 |
| 1.1.5 Productos derivados del nopal | 6 |
| 1.2 PRODUCTOS LACTEOS | 6 |
| 1.2.1 Definición | 6 |
| 1.2.2 Derivados lácteos. Helados | 6 |
| 1.2.3. Intolerancia a la lactosa | 16 |
| 1.2.4 Productos deslactosados (leche deslactosada) | 16 |
| 1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL | 17 |
| 1.3.1 Definición | 17 |
| 1.3.2 Tipos de pruebas | 18 |
| 1.4 MERCADOTECNIA | 19 |
| 1.4.1 Definición de mercadotecnia | 19 |
| 1.4.2 Definición de mercado | 20 |
| 1.4.3 Tipos de mercado | 20 |
| 1.4.4 Segmentación de mercado | 20 |
| 1.4.5 Variables de la mercadotecnia | 21 |
| 1.4.6 Definición de mercado meta (estudio de mercado) | 22 |
| 1.4.7 Atributos del producto y servicio | 23 |
| 1.5 DESARROLLO DE PRODUCTOS | 26 |
| 1.5.1 Proceso de desarrollo de nuevos productos | 26 |
| 1.5.2 Etapas del desarrollo de nuevos productos | 27 |
| 1.5.3 Ciclo de vida de un producto | 29 |

| | |
|---|-----------|
| 1.6 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL | 30 |
| 1.6.1 Definición | 30 |
| 1.6.2 Factores que afectan la calidad y vida útil | 31 |
| 1.6.3 Métodos para determinar la vida útil | 31 |
| 1.6.4 Diseño de vida útil | 33 |
| 1.6.5 Vida útil sensorial | 33 |
| | |
| CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA | 34 |
| | |
| 2.1 OBJETIVOS | 34 |
| 2.1.1 Objetivo general | 34 |
| 2.1.2 Objetivos particulares | 34 |
| | |
| 2.2 CUADRO METODOLÓGICO | 35 |
| | |
| 2.3 DESCRIPCIÓN DEL CUADRO METODOLÓGICO | 36 |
| | |
| OBJETIVOS PARTICULARES. | 40 |
| | |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS | 50 |
| | |
| CONCLUSIONES | 74 |
| | |
| RECOMENDACIONES | 77 |
| | |
| REFERENCIAS | 78 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabla 1. | Producción de nopal verdura en México. | 3 |
| Tabla 2. | Clasificación del helado de acuerdo a la reglamentación técnico-sanitaria en España. | 7 |
| Tabla 3. | Clasificación del helado según su calidad. | 8 |
| Tabla 4. | Diseño experimental para determinar condiciones de escaldado. | 39 |
| Tabla 5. | Diseño experimental de 12 formulaciones con un punto de repetición. | 43 |
| Tabla 6. | Comparación de resultados experimentales y teóricos del AQP del nopal con intervalos del 95% de confianza para la media. | 50 |
| Tabla 7. | Comparación de resultados experimentales y teóricos del AQP de la leche con intervalos del 95% de confianza para la media. | 51 |
| Tabla 8. | ΔG (de RGB) para las diferentes condiciones de escaldado. | 51 |
| Tabla 9. | ANOVA para la determinación de las condiciones de escaldado óptimas. | 52 |
| Tabla 10. | ¿Posees esta deficiencia? vs ¿Consumes productos deslactosados? | 54 |
| Tabla 11. | Relación del gusto por el helado deslactosado y la edad. | 55 |
| Tabla 12. | ¿Te gustaría probar un helado deslactosado de nopal? vs Sexo. | 56 |
| Tabla 13. | Tabla ANOVA para el tamaño de burbuja para las formulaciones realizadas. | 57 |
| Tabla 14. | Tamaño de burbuja promedio de las diferentes formulaciones. | 61 |
| Tabla 15. | Overrun de cada una de las formulaciones. | 62 |
| Tabla 16. | ANOVA del overrun. | 62 |
| Tabla 17. | Tiempos de drenado para cada una de las formulaciones. | 63 |
| Tabla 18. | ANOVA del tiempo de drenado. | 63 |
| Tabla 19. | Formulaciones más estables por tamaño de burbuja. | 64 |
| Tabla 20. | Tabla de mediana de resultados y análisis estadístico de la evaluación sensorial. | 65 |
| Tabla 21. | Composición química experimental del helado desarrollado. | 66 |
| Tabla 22. | Comparación entre composiciones de helados. | 67 |
| Tabla 23. | Acidez (g/L) y pH experimentales para el helado deslactosado de nopal. | 68 |
| Tabla 24. | Características de la etiqueta. | 71 |
| Tabla 25. | Balance de costos para la elaboración del helado deslactosado de nopal. | 73 |
| Tabla 26. | Vida útil estimada. | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Superficie y producción de nopal verdura en México por un periodo de 30 años (1980-2010). | 4 |
| Figura 2. | Rendimiento del nopal verdura en México (2000-2009). | 5 |
| Figura 3. | Principales estados productores de nopal verdura en México durante el 2009. | 5 |
| Figura 4. | Diagrama de bloques de la elaboración del helado. | 9 |
| Figura 5. | Unidad monomérica de la goma xantana. | 15 |
| Figura 6. | Unidad monomérica de la goma de algarrobo. | 16 |
| Figura 7. | Representación gráfica del ciclo de vida de un producto. | 30 |
| Figura 8. | Cuadro metodológico para la elaboración del helado deslactosado de nopal. | 35 |
| Figura 9. | Diagrama de bloques modificado para la elaboración del helado deslactosado de nopal. | 42 |
| Figura 10. | Encuesta aplicada para la evaluación sensorial de la selección de prototipos. | 45 |
| Figura 11. | Encuesta aplicada para la evaluación sensorial de la vida útil del helado deslactosado de nopal. | 49 |
| Figura 12. | Gráfico de medias de las condiciones probadas en el escaldado de nopal. | 52 |
| Figura 13. | Estudio de mercado. Frecuencia de consumo de nopal. | 54 |
| Figura 14. | Estudio de mercado. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por una presentación de 500 mL? | 56 |
| Figura 15. | Comparación de medias en las formulaciones con y sin presencia de gomas. | 59 |
| Figura 16. | Gráfico radial de la evaluación sensorial del helado deslactosado de nopal. | 65 |
| Figura 17. | Imagen del envase utilizado del helado deslactosado de nopal. | 70 |
| Figura 18. | Diseño de la etiqueta del helado deslactosado de nopal. | 72 |

RESUMEN

La utilización del nopal es extensa: los cladodios (nopal) pueden utilizarse en ensaladas y guisos mientras que los frutos son comestibles; también algunas especies son utilizadas como forraje para ganado. Actualmente se buscan alternativas de industrialización del nopal (en salmuera, mermeladas, etc), contribuyendo con dichas alternativas, en este estudio se desarrolló un helado deslactosado de nopal, ya que la intolerancia a la lactosa es un problema de salud social más común de lo que se cree. Según estudios realizados sobre la prevalencia de dicho trastorno, afirman que en México dicha deficiencia se presenta en aproximadamente el 80% de la población. Los síntomas se confunden con los de otros padecimientos, como lo es la colitis. El producto desarrollado fue creado con el fin de poder brindar una alternativa de consumo a la población afectada por dicha deficiencia.

Se realizó un estudio de mercado en el cual se aplicaron 50 encuestas a personas de ambos sexos en un rango de edad de 18 a 68 años, los resultados del mismo indican que el 100% de la muestra poblacional gusta del helado, y el 34% consume productos deslactosados, destacando que a pesar de no poseer dicha deficiencia consumen dichos productos. Se realizó un experimento para evaluar el efecto de estabilizantes (goma xantana y algarrobo en una proporción de 0-100, 50-50 y 100-0) y la concentración de pulpa de nopal (20, 25 y 30) sobre la estabilidad, el overrun y el tamaño de burbuja, se eligieron 4 prototipos del helado con el tamaño de burbuja más homogéneo para su posterior evaluación sensorial, dando como resultado que el prototipo mejor aceptado fue aquel que tenía 25% de nopal estabilizado con 0.03% goma de algarrobo. Se realizaron los análisis químicos y fisicoquímicos de azúcares (17.75%), proteína (4.53%), grasas (8.19%), fibra (7.95%), humedad (59.76%), cenizas (1.65%), acidez (0.52%) y pH (6.08). El análisis microbiológico se hizo de acuerdo a la normatividad respectiva para coliformes totales, mesófilos aerobios y mohos y levaduras, confirmando la calidad sanitaria del helado deslactosado de nopal. Se propuso un envase de polipropileno con una capacidad de 500 ml para el almacenamiento y conservación del producto, a su vez se desarrolló una etiqueta para su venta al público según la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-051_SCFI/SSA1-2010. Finalmente se estimó la vida útil sensorial del producto mediante la evaluación sensorial del producto obteniendo que para la aceptación general la vida útil estimada es de 80.95 días.

Se puede concluir que con base a los resultados obtenidos del estudio de mercado que aparentemente el porcentaje de la población que consume productos deslactosados (34%) es mayor que la que presenta síntomas de intolerancia a la lactosa (20%). Existe una interacción compleja entre la goma de algarrobo y el mucílago de nopal, parecida a la existente entre la goma xantana y la goma de algarrobo. El helado deslactosado de nopal desarrollado posee un alto contenido en fibra del 7.95%, casi 8 veces por encima del aporte de fibra de helados convencionales (1%), así como un contenido reducido en azúcares (17.75%) si lo comparamos con helados comerciales (del 23.6 al 27.72%). La vida útil estimada del helado deslactosado de nopal es de 80.95 días con base a su sabor, haciendo especial énfasis al hecho de no ser adicionado con conservadores.

Palabras clave: nopal, intolerancia a la lactosa, helado deslactosado de nopal, fibra, mucílago del nopal, goma xantana, goma de algarrobo.

INTRODUCCIÓN

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 una águila posada sobre un nopal (Sáenz, 2006). El nopal es un alimento ampliamente consumido en México. Según Valencia *et al.* (2010) el nopal (*Opuntia* spp.) es un alimento funcional que está formado por aquellos frutos y cladodios (nopal verdura) que son fuente importante de fibra (soluble e insoluble), hidrocoloides (mucílago), pigmentos (betalaínas y carotenóides), minerales como el calcio (Ca) y el potasio (K), y vitamina C; compuestos muy apreciados para una dieta saludable y como ingredientes para diseñar nuevos alimentos. El nopal (*Opuntia* spp.) es una especie básica para el consumo de los mexicanos, ya que en torno a este producto giran innumerables actividades económicas del campo y la industria (Valencia *et al.*, 2010). De acuerdo al Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida - SIAPRO (2014), en México existen 22 variedades de nopal verdura, de ellas la variedad Atlixco la proveniente del municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México (Flores *et al.*, 1995), la cual fue utilizada en este trabajo.

Por otro lado, la leche es otro alimento de mayor consumo en la población, la cual contiene como disacárido a la lactosa (Fennema, 2000); la mala absorción de este disacárido es un padecimiento muy común que se presenta en la población, un 80% a nivel mundial y en un 83% en México (Rodríguez y Pérez, 2006; Novillo *et al.*, 2010). En el mercado encontramos una amplia variedad de productos lácteos: cremas, quesos, diversos tipos de leche, yogures, helados, entre otros. El helado es definido en la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010 como un alimento producido mediante congelación con o sin agitación de una mezcla pasteurizada, compuesta por una combinación de ingredientes lácteos pudiendo contener grasas vegetales, frutas, huevo y sus derivados, saborizantes, edulcorantes y otros aditivos. El consumo de helado muestra una alza del 15% anual y se prevé que el alza sea mayor debido a la tendencia de mercado hacia propuestas más saludables (Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio - ANTAD, 2013). En este trabajo se desarrolló un helado deslactosado de nopal para ofrecer una nueva alternativa a la población que desee obtener los beneficios que aporta el nopal y evitar los problemas que ocasiona la intolerancia a la lactosa.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES DEL NOPAL

1.1.1 Definición

Según la norma NMX-FF-068-1988 se entiende por nopal verdura con espinas al cladodio de la planta cultivada perteneciente a la familia de las cactáceas, del género *Oppuntia* y de las especies *ficus indica*, *tomentosa*, *hypticantha*, *robusta*, *inermis* Coultier y *ondulata*.

Sáenz (2006) define al nopal como los tallos suculentos y articulados o cladodios, comúnmente llamados pencas, presentan forma de raqueta ovoide o alongada alcanzando hasta 60-70 cm de longitud, dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles. Cuando miden de 10 a 12 cm son tiernos y se pueden consumir como verdura.

Para fines prácticos en éste trabajo se referirá al nopal verdura y a los cladodios como nopal.

1.1.2 Composición química

Los nopales (cladodios), por su parte tienen interés desde el punto de vista industrial ya que cuando los brotes son tiernos (10-15 cm) se usan para la producción de nopalitos, y los que están parcialmente lignificados (cladodios de 2-3 años), para la producción de harinas y otros productos.

En un estudio realizado por Flores *et al.* (1995) en 20 variedades de nopal en el cual se analizaron tallos (suberificados), cladodios maduros (penca anual) y cladodios jóvenes (brotes), concluyó, al igual que Pimienta (1990), que el contenido de proteínas es mayor en los brotes o renuevos; la fibra cruda aumentó con la edad del cladodio, llegando a 16.1% en los tallos suberificados, pero siendo cercana a 8% promedio en los renuevos; este hecho también lo observó Tegegne (2002) en un ensayo efectuado en Etiopía. El contenido de cenizas en los renuevos sigue la misma tendencia en los tallos y pencas; dicha variación puede deberse a la serie de compuestos y elementos que conforman la ceniza y a la estrecha relación de estos con la química de suelos y a los complejos fenómenos de la disponibilidad de sus elementos para la planta (Bravo, 1978).

Por su parte, Rodríguez-Félix y Cantwell (1988), indican que la composición química de los nopalitos frescos es principalmente agua (91%), y 1.5% de proteínas; 0.2% de lípidos; 4.5% de hidratos de carbono totales; 1.3% de cenizas, de la cual 90% es calcio; además, contiene

11 mg/100g de vitamina C y 30 µg/100g de carotenoides; el contenido de fibra (1.1%) es comparable con la espinaca.

Según Stintzing y Carle (2005) la composición química del nopal fresco es: humedad de 88 al 95%, 3-7% de carbohidratos, 1-2% de fibra, 1-2% de cenizas, 0.5-1% de proteínas y sólo el 0.2% de lípidos. El potasio constituye el 60% del contenido total de cenizas (166 mg/100g de nopal fresco), seguido del calcio (93 mg/100g), sodio (2 mg/100g) y finalmente, hierro (1.6 mg/100g). Aunque se debe tener en consideración el sitio de cultivo así como el estado fisiológico del tejido del nopal (cladodio).

1.1.3 Compuestos funcionales

Los compuestos funcionales son aquellos que tienen efectos benéficos para la salud y para la prevención de enfermedades (Sáenz, 2004) los cladodios son una fuente interesante de tales compuestos, entre los que destacan la fibra, los hidrocoloides (mucílagos), los pigmentos (betalaínas y carotenoides), los minerales (calcio, potasio), y algunas vitaminas como la vitamina C, buscada entre otros motivos, por sus propiedades antioxidantes; todos estos compuestos son muy apreciados desde el punto de vista de una dieta saludable y también como ingredientes para el diseño de nuevos alimentos. Los cladodios poseen un contenido rico en fibra. Las betalaínas y los carotenoides pueden estar presentes en la cáscara y en la pulpa (Sáenz, 2006).

Estos compuestos forman parte de los alimentos que se conocen como funcionales. Entre los compuestos funcionales, la fibra dietética es uno de los más estudiados desde el punto de vista de la nutrición y la relación que existe entre la fibra y salud, por ejemplo para el control de colesterol y prevención de algunas enfermedades como diabetes y obesidad (Hollingsworth, 1996; Grijspaardt-Vink, 1996; Sloan, 1994).

La fibra puede clasificarse en función a su solubilidad en el agua como soluble e insoluble; la primera la conforman mucílagos, gomas, pectinas y hemicelulosa y la insoluble es principalmente celulosa, lignina y una gran fracción de hemicelulosa (Sáenz, 2006). Estas fracciones de fibra tienen efectos fisiológicos distintos: es así como la fibra soluble se asocia con la reducción de los niveles de glucosa y de colesterol y la estabilización del vaciamiento gástrico y la fibra insoluble con la capacidad de retención de agua (aumento del peso de las heces), el intercambio iónico, la absorción de los ácidos biliares, minerales, vitaminas y otros y su interacción con la flora microbiana (Sáenz, 2006).



1.1.4 Producción de nopal en México

El nopal verdura ocupó en el año 2009 el 2.2% de la superficie sembrada de hortalizas en México. Entre este grupo de 56 cultivos, el nopal verdura ocupa la cuarta posición en importancia con respecto al volumen producido, ya que representó el 7.2% del total, después del jitomate (19.2%), el chile verde (19.0%) y la cebolla (11.6%). Con relación al valor monetario producido por las hortalizas, el nopal verdura aportó en 2009 el 3.3%, ocupando la séptima posición entre las verduras. Lo anterior demuestra la importancia que tiene esta especie en la agricultura mexicana.

Tabla 1. Producción de nopal verdura en México.

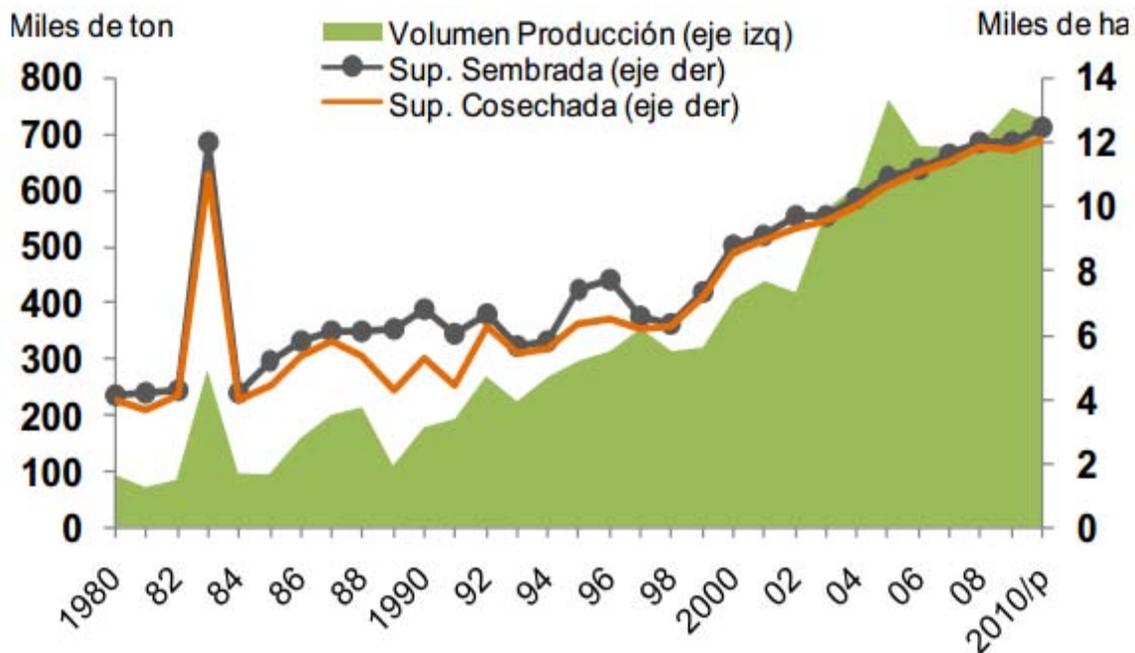
| Año | Producción (Miles de Ton) |
|------------|----------------------------------|
| 2000 | 404.5 |
| 2001 | 436.2 |
| 2002 | 416.0 |
| 2003 | 563.4 |
| 2004 | 607.7 |
| 2005 | 759.1 |
| 2006 | 676.2 |
| 2007 | 673.6 |
| 2008 | 683.1 |
| 2009 | 744.1 |
| 2010/p | 721.4 |

Fuente: SIAP-SAGARPA e INEGI (2011).

Según estadísticas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación - SAGARPA (2011), en México, la superficie sembrada de nopal verdura fue de 12,500 hectáreas y la superficie cosechada fue de 12,071 hectáreas. La superficie ha crecido en poco más del 40% en un periodo que comprende 10 años (2000-2010) (Figura 1). La superficie siniestrada en ese periodo fue en promedio de 2.1% de la superficie sembrada, lo cual refleja las cualidades resistentes de este cultivo a las condiciones climáticas.

La producción de las áreas cultivadas se ha incrementado a la par de la superficie y el rendimiento. Mientras que en el año 2000 se produjeron 405 mil toneladas (con valor de 720 millones de pesos), en el año 2010 la producción alcanzó 721 mil (con un valor cercano a los 1,850 millones de pesos), lo que representó un crecimiento de casi 80% (Tabla 1) (SIAP-SAGARPA, 2011).





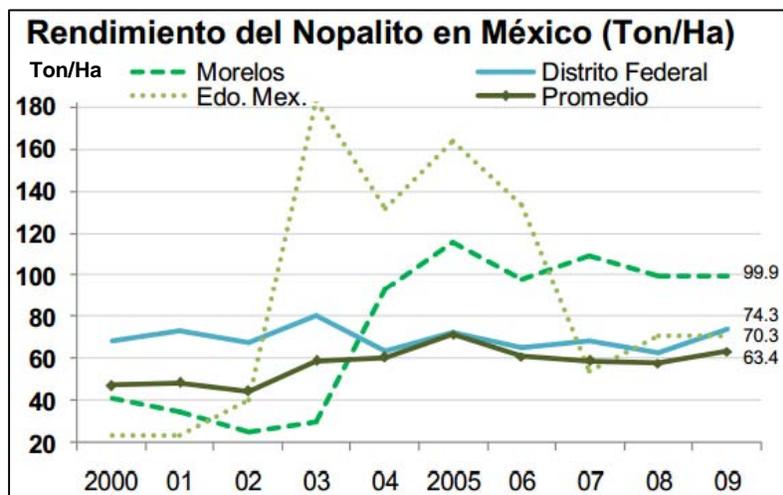
FUENTE: SIAP-SAGARPA (2011).

Figura 1. Superficie y producción de nopal verdura en México por un periodo de 30 años (1980-2010).

Por su parte, el rendimiento promedio a nivel nacional pasó de 47.2 ton/ha en el año 2000 a 63.4 en el año 2009, lo que significó un crecimiento de 16.2 ton/ha en diez años. En el año 2010 el rendimiento promedio bajó un 5.7%, alcanzando 59.8 ton/ha.

El rendimiento más alto en la producción de nopal verdura lo alcanzó el estado de Morelos, el segundo productor nacional, con casi 100 ton/ha en el año 2009, esto es un 60% más que el rendimiento promedio nacional, En tanto que el Distrito federal, que es el primer productor nacional de nopalito, alcanzó un rendimiento de 74.3 ton/ha, ocupando así el cuarto lugar en esta variable, después de Hidalgo y Puebla, que alcanzaron ese año rendimientos de 78.3 y 76.0 ton/ha, respectivamente (Figura 2).

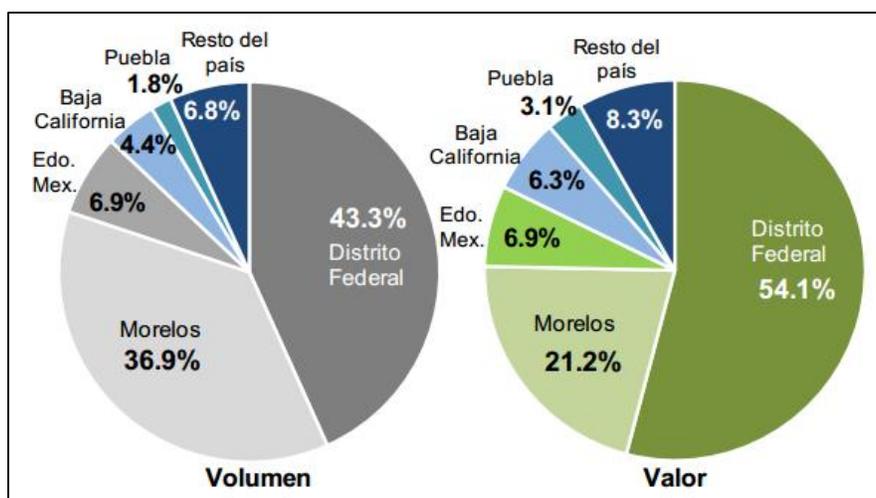
El Distrito Federal y Morelos son los dos principales productores de nopalito en México. En el año 2009, el Distrito Federal produjo 322 mil toneladas, el 43.3% de volumen total, con un valor de 775 millones de pesos, poco más de la mitad del valor generado por este cultivo a nivel nacional. En tanto, Morelos produjo en el mismo año 247 mil toneladas de 305 millones de pesos, poco más del 20% del valor total.



FUENTE: SIAP-SAGARPA (2011).

Figura 2. Rendimiento del nopal verdura en México (2000-2009).

Otras entidades, cuya producción de nopalito es importante, son: Estado de México, Baja California y Puebla, que representan en conjunto 13.1% de volumen y el 16.4% del valor total (Figura 3).



FUENTE: SIAP-SAGARPA (2011).

Figura 3. Principales estados productores de nopal verdura en México durante el 2009.

1.1.5 Productos derivados del nopal

Según la SAGARPA (2011) existen diversas industrias que utilizan al nopal como materia prima para la elaboración de diversos productos.

- **Industria cosmética:** elaboración de cremas, mascarillas y shampoos.
- **Industria farmacéutica:** elaboración de cápsulas de nopal deshidratado.
- **Industria alimenticia:** elaboración de nopales en salmuera, en escabeche, jugos y bebidas, harinas, mermeladas y dulces, entre otros.

Actualmente, la mayoría de tales industrias no está diferenciada por producto, lo que da muestra de la forma artesanal de producción, ya que los diferentes procesos de transformación no se encuentran todos automatizados y no existe la división del trabajo en la mano de obra. Generalmente, estas industrias son pequeñas y se conforman como empresas familiares. Es necesario, en este sentido, la adopción de tecnología y el mejoramiento de los procesos, que permitan a las industrias ser internacionalmente competitivas.

1.2 PRODUCTOS LACTEOS

1.2.1 Definición

También conocidos como derivados lácteos, son los productos que se obtienen al someter a la leche de distintas especies de animales a determinados procesos tecnológicos, pudiendo contener aditivos alimentarios u otros ingredientes funcionalmente importantes para su elaboración (Rodríguez y Pérez, 2006).

Dentro de estos productos podemos encontrar: nata, mantequilla, cuajada y queso, requesón, yogur, helados, entre otros.

1.2.2 Derivados lácteos. Helados

Definición

La Norma Oficial Mexicana NOM-036-SSA1-1993, BIENES Y SERVICIOS. HELADOS DE CREMA, DE LECHE O GRASA VEGETAL, SORBETES Y BASES O MEZCLAS PARA HELADOS. ESPECIFICACIONES SANITARIAS, define a los helados como “alimentos producidos mediante la congelación con o sin agitación de una mezcla pasteurizada compuesta por una combinación de ingredientes lácteos pudiendo contener



grasas vegetales, fruta, huevo y sus derivados, saborizantes, edulcorantes y otros aditivos alimentarios.

Clasificación

Existen diferentes maneras de clasificación de los helados, a pesar de que no todas de ellas son legalmente utilizadas.

En España, en el año de 1998, el Real Decreto aprobó la Reglamentación técnico-sanitaria aplicable a la elaboración, distribución y comercio de helados y mezclas envasadas para congelar la cual hasta la fecha sigue vigente y está basada en la clasificación alemana (Madrid y Cenzano, 2003). Este documento clasifica a los helados como se aprecia en la Tabla 2, en él se observan todas las variedades de helado: helado de crema, helado de leche, helado de leche desnatada, entre otros.

Tabla 2. Clasificación del helado de acuerdo a la Reglamentación técnico-sanitaria en España.

| Tipo de helado | Materia grasa | Extracto seco | Fruta | “Con” fruta | Mantecado | Granizados | Peso mínimo | Postre de helado |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------|---|---------------------|--|--|--|
| Helado de crema | Mínimo 8% de grasa de origen lácteo | 2.5% de proteínas de leche | NA | 15% mín. de frutas en gral* 10% mín. de cítricos | 4% de yema de huevo | NA | Mínimo 430g por litro Si el peso se encuentra entre 430 y 375 g precederá al nombre las denominaciones “espuma”, “mousse” o “montado” | Sometidos a un proceso de elaboración y decoración |
| Helado de leche | Mínimo 2.5% de grasa de origen lácteo | 6% de proteínas de leche | NA | (acidez \geq 2.5% de ácido cítrico), frutas exóticas* 7% mín. cáscara* *En caso de no cumplir con los porcentajes mínimos llevarán la mención “sabor” a. | | NA | | |
| Helado de leche desnatada | Máximo 0.3% de grasa de origen lácteo | 6% de proteínas de leche | NA | | | NA | | |
| Helado | Mínimo 5% de grasa alimenticia | Exclusivamente de origen lácteo | NA | | | NA | | |
| Helado de agua | NA | 12% | NA | | NA | Semisólido (mínimo 10% de extracto seco total) | NA | |
| Sorbete | NA | 20% | 25% | | NA | NA | NA | |

Sin embargo, en el mercado la clasificación de los helados es diferente, y a todos los antes mencionados los agrupa en cuatro grandes categorías a pesar de que estas no estén definidas legalmente. La clasificación se ha puesto en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de helado según calidad.

| Calidad (marca) | Contenido de grasa (%) | Sólidos totales (%) | Overrun (%) | Costo |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------|
| Económica | Límite mínimo 10 | Límite mínimo 36 | Límite máximo 120 | Bajo |
| Estándar | 10-12 | 38-38 | 100-120 | Promedio |
| Premium | 12-15 | 38-40 | 60-90 | Más alto que el promedio |
| Súper-Premium | 15-18 | >40 | 25-50 | Alto |

Fuente: Douglas, 2009.

Descripción y diagrama de bloques de producción de helado

En la Figura 4 se muestra el diagrama de proceso general para la elaboración de helado y a continuación se describe cada una de las etapas que se mencionan en el diagrama.

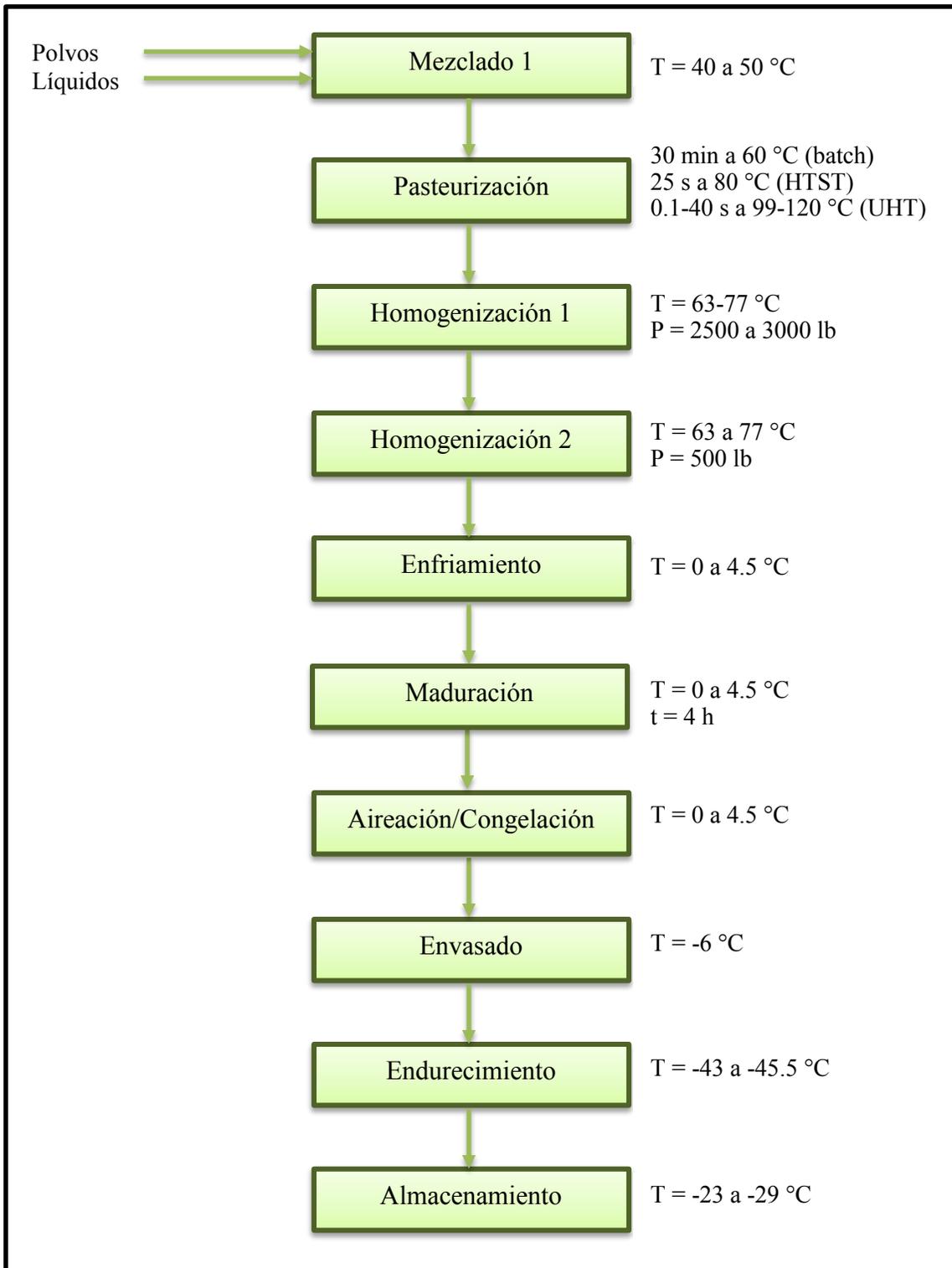
Mezclado

Los ingredientes son seleccionados en base a la formulación deseada; se realiza el cálculo de la formulación con los ingredientes escogidos. Después los ingredientes son pesados y mezclados juntos para producir lo que es conocido como “base para helado”. El mezclado requiere una agitación rápida para la incorporación de los sólidos, para lo cual usualmente son usadas licuadoras de alta velocidad (Goff, 2009).

Pasteurización

La base para helado es pasteurizada. La pasteurización es un punto de control biológico en el sistema, diseñado para la destrucción de bacterias patógenas, también reduciendo el deterioro por microorganismos como los psicrótopos. Ayudan a la hidratación de ciertos componentes (proteínas, estabilizantes) (Goff, 2009).

Existen dos tipos de pasteurización que son utilizados: por lotes (o batch) y la pasteurización continua (HTST).



FUENTE: Arbuckle (1986).

Figura 4. Diagrama de bloques de elaboración del helado.



- *Por lotes (batch)*: desnaturaliza en mayor proporción las proteínas del suero de leche (responsables de darle mejor cuerpo al helado). En este tipo de pasteurización mezclado apropiado de los ingredientes es hecho en ollas enchaquetadas equipadas con medios de calentamiento, usualmente vapor o agua caliente. El producto es calentado en la olla a 69 °C y es mantenido ahí durante 30 minutos para asegurar los requerimientos legales de pasteurización necesarios para la destrucción de bacterias patógenas. Se pueden utilizar diferentes combinaciones de temperatura/tiempo siempre y cuando tengan el mismo efecto que el de 69 °C/30 min. El tratamiento térmico debe de ser lo suficientemente severo para asegurar la destrucción de patógenos y reducir la cuenta máxima de bacterias que es de 100.000 por gramo. Los tanques que se utilizan usualmente por pares, mientras uno está en el proceso de pasteurización el otro está siendo preparado.
- *Continua*: mejor conocida como HTST por sus siglas en inglés (High Temperature Short Time) que en español significa temperatura alta, tiempo corto. La mezcla necesita un precalentamiento para solubilizar los componentes. Después por un intercambiador de calor, el cual está equipado con una sección de calentamiento, otra de enfriamiento y una última de regeneración. Las secciones de enfriamiento en el sistema HTST son tanques largos a presión (Goff, 2009).

Homogeneización

Según Goff (2009) la mezcla es sometida a altas presiones. En esta parte del proceso es donde se forma la emulsión por la reducción del tamaño de los glóbulos de grasa hasta 1 µm. Dos etapas de homogeneización son usualmente preferidas para la base del helado. La coalescencia de los glóbulos de grasa es reducida de modo que se produzca un batido muy rápido de la mezcla. La homogeneización tiene las siguientes funciones en la industria manufacturera de helado:

- Reduce el glóbulo de grasa
- Incrementa el área superficial
- Forma membranas
- Hace posible el uso de mantequilla, crema congelada, etc.



La formación de la estructura de la grasa también tiene efectos indirectos:

- Hace un helado más suave
- Da una apariencia más apetitosa y palatabilidad
- Mejor estabilidad del aire
- Incrementa la resistencia al derretimiento.

La homogeneización de la base debe de realizarse a la temperatura de pasteurización. Altas temperaturas producen un rompimiento más eficiente de los glóbulos de grasa sin la necesidad de utilizar altas presiones y reduce la coalescencia y la tendencia de que se espese la base. Se recomienda que la homogeneización se haga a presión normal para dar buenos resultados en todas las condiciones. Mientras mayor cantidad de sólidos grasos y no grasos, menor presión debe utilizarse. Si son utilizadas dos etapas en la homogeneización, La primera debe tener una presión entre 2000 y 2500 psi y en la segunda entre 500-1000 psi en la segunda, dando resultados satisfactorios en la mayoría de las condiciones (Goff, 2009).

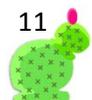
Enfriamiento

Después de la pasteurización y la homogeneización sigue el enfriamiento. Esto sucede debido a que la base atraviesa por un intercambiador de calor (de placas o de doble o triple tubo) con el propósito de enfriarla a temperatura de refrigeración (4 °C) (Goff, 2009).

Maduración

Después del enfriamiento, la base es madurada aproximadamente por 4 horas y usualmente durante toda la noche. Esperar este tiempo permite el completo enfriamiento de la grasa y su cristalización además de la completa hidratación de proteínas y polisacáridos. La maduración imparte cualidades de batido en la base y le da cuerpo y estructura al helado porque

- Proporciona tiempo para la cristalización de las grasas, así la grasa puede coalescerse parcialmente;
- Permite la completa hidratación de proteínas y estabilizantes lo que resulta en un leve incremento en la viscosidad;
- Proporciona tiempo para el arreglo membranar de las interacciones entre proteína y emulsificante y para que este último desplace las proteínas de la superficie de los



glóbulos de grasa, los cuales permiten una reducción en la estabilización de los glóbulos de grasa y mejoran parcialmente la coalescencia.

La maduración se realiza en tanques aislados o en tanques refrigerados, silos, etc. La temperatura de la base debe mantenerse lo más baja posible sin llegar a la temperatura de congelación, debajo de los 5 °C. El tiempo de maduración que dura toda la noche es para darle mejores resultados en una planta en condiciones promedio (Goff, 2009).

Aireación/Congelación

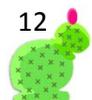
Durante la etapa de mezclado, la base es “pintada” dentro del tanque en el que se adiciona el sabor ya sea con sabores artificiales, pulpas de fruta o colores añadidos. Después la mezcla entra en un proceso dinámico de congelación en el cual se congela y se incorpora aire dentro de la mezcla. El “barril” de congelación es un intercambiador de calor de superficie raspada, el cual está enchaquetado con un refrigerante como amonio o freón. La mezcla es bombeada en el intercambiador de calor y tarda en pasar por él 30 segundos, (o de 10 a 15 min en el caso de congeladores batch) con un 50% de su agua congelada. El intercambiador tiene cuchillas rotatorias que permite despegar el hielo que se forma en la superficie de los tubos y también boquillas que permiten que la máquina incorpore aire.

El helado contiene una cantidad considerable de aire. El aire da al producto la característica de ligereza. Sin aire, el helado pudiera ser similar a un cubo de hielo. El contenido de aire es denominado overrun, el cual puede ser calculado matemáticamente.

Así como el helado es pintado con aproximadamente la mitad de su agua congelada, materia particulada como frutas, semillas, dulces, galletas o cualquiera que se quiere, es adicionado al líquido semi-congelado con consistencia similar a un helado suave. La única diferencia entre el helado duro y el suave es que el suave se sirve en conos en este punto y el duro se empaca para su posterior endurecimiento (Goff, 2009).

Endurecimiento/Almacenamiento/Distribución

Después de que las partículas se han añadido (en caso de que se añadan), el helado es envasado y situado dentro de un túnel de congelación a una temperatura de entre -30 a -40°C donde la mayoría del agua es congelada. Debajo de -25°C, el helado es estable por periodos



indefinidos sin riesgos de crecimiento de cristales; sin embargo, por encima de esta temperatura, el crecimiento de cristales es posible y la tasa de crecimiento de cristales depende de la temperatura de almacenamiento. Esto es conocido como la vida útil del helado (Goff, 2009).

Descripción de materias primas utilizadas en la fabricación de helado

Leche.

Aporta proteínas que son apreciadas para la incorporación de aire a la mezcla, así como de una proporción de grasa de la leche (Goff, 2009).

Grasa

La grasa se desestabiliza durante la congelación del helado. La desestabilización de la grasa contribuye a la consistencia del helado y también provee fuerza a las células de aire. Esta fuerza puede ser importante para la estabilidad del helado. El almacenado, congelamiento y deshielo repetidos facilitan la pérdida de aire. Los productos altos en grasa pueden ser capaces de resistir la reducción de volumen por pérdida de aire (encogimiento), por un alto periodo de tiempo. La cristalinidad de la grasa de leche es un importante atributo de calidad de los productos, ésta se desarrolla durante la maduración de la mezcla. La mejor fuente de grasa láctea es la crema fresca y en su ausencia, la mantequilla sin sal (Goff, 2009).

Emulsificantes

Tienen como función estabilizar las mezclas de los líquidos inmiscibles, como son las emulsiones. En la industria de alimentos, las emulsiones pueden ser básicamente: a) de aceite en agua, que es cuando la fase continua es el agua, y las gotas de aceite están dispersas (helados, mayonesas, aderezos, leche, etc.); b) de agua en aceite, cuyo ejemplo más representativo es la margarina o la mantequilla, en dónde las gotas de agua se distribuyen en la fase continua del aceite.

La adición de emulsificante en la mezcla del helado es necesaria para el control en la desestabilización de la grasa durante el proceso de congelación. Los tensoactivos usados en la elaboración del helado son monoglicéridos, diglicéridos, lecitina, polisorbato, lactilado de estéril y varios ésteres de ácidos grasos. Sin embargo, los más comunes son los mono y



diglicéridos. Las ventajas de usar emulsificantes son las de proporcionar firmeza al helado, un overrun alto y estable, mejor textura, conservación de la forma, control del derretimiento, mayor estabilidad en el deshielo y resistencia al encogimiento.

Los emulsificantes mejoran la textura del helado al permitir que el aire se disperse más uniformemente en pequeñas células a través de la matriz. Se puede decir, que los emulsificantes hidrofílicos fomentan la aglomeración de la grasa en el helado permitiendo la formación de una débil película de proteínas-emulsificante alrededor de las gotas de grasa, como la película es débil, la agitación durante la congelación desestabiliza a la película e influencia la aglomeración de las gotas de grasa. Si los ácidos grasos forman parte de mono y diglicéridos insaturados la película es fuerte, más flexible y le da al helado una textura firme. La proporción usada de emulsificante es importante en la desestabilización de la grasa. Al incrementarse el nivel de emulsificante, disminuye el tiempo necesario para la desestabilización de la grasa. Un batido completo de la grasa es indeseable, porque va en detrimento de la suavidad del helado (Goff, 2009).

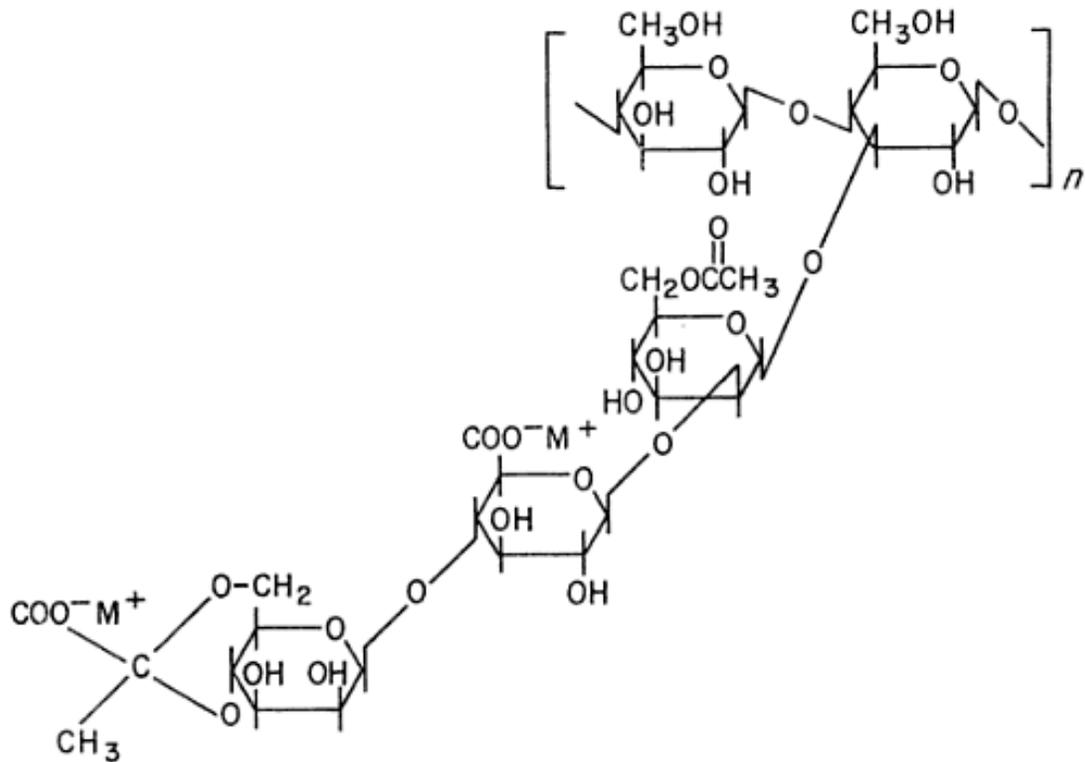
Estabilizantes

Ayudan a dar soporte a la estructura del helado de manera física y en ocasiones química (por interacciones) (Goff, 2009). Entre la gama de estabilizantes que pueden utilizarse en helados, los relevantes en este trabajo son los que se mencionan a continuación.

- *Goma xantana*

La goma xantana muestra una viscosidad alta a pesar de encontrarse en bajas concentraciones si se compara con otras soluciones de polisacáridos. Esta propiedad la convierte en un espesante y estabilizante muy efectivo. Las soluciones de dicha goma son muy resistentes a las variaciones de pH (1-13) así como independientes a la variación de la temperatura (desde congelación hasta ebullición del agua pura) lo cual es de suma importancia en el caso de los helados. También interactúa con las gomas guar y de algarrobo para dar un aumento sinérgico a la viscosidad de la solución. En el caso de la goma de algarrobo se observa un incremento sinérgico grande en la viscosidad a bajas concentraciones de la goma y conforme aumenta la concentración de la goma, se forma un gel de calor reversible. Esta propiedad sinérgica facilita el uso de la goma xantana en varias aplicaciones como en helados, dip de queso pasteurizado y untable, así como una variedad de postes congelados (Sharma *et al*, 2006).





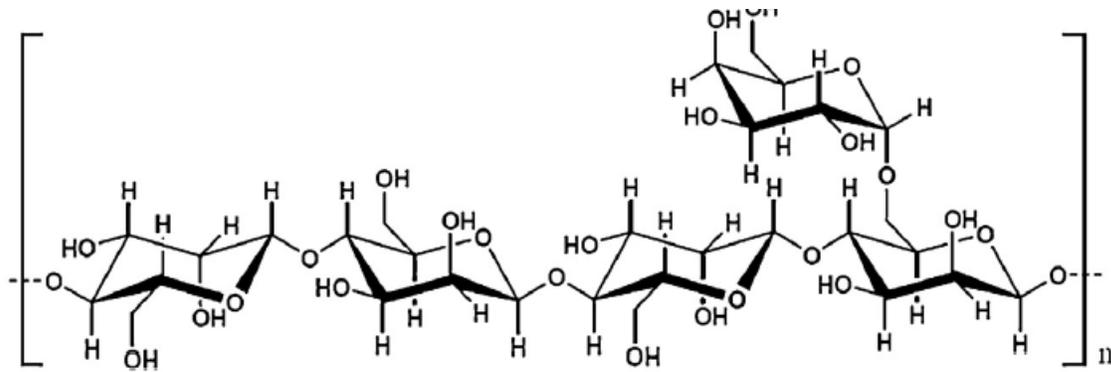
FUENTE: García *et al* (2004)

Figura 5. Unidad monomérica de la goma xantana.

- Goma de algarrobo

La goma de algarrobo está compuesta por moléculas con forma irregular con ramificaciones de unidades beta-1-4-D-galactomanana. Es ligeramente soluble en agua fría y requiere calor para poder hidratarse completamente y alcanzar su máxima viscosidad. No forma gel y crea una textura menos gomosa que la goma guar. Requiere calentarse a 76.6 °C para una hidratación completa, generalmente lograda durante la pasteurización. Es inerte al ácido y al calcio. Aumenta la aereación e imparte buen cuerpo al helado. Si se utiliza sola, puede causar sinéresis del suero durante el procesamiento, por lo que generalmente se usa en combinación de carragenina o guar. Puede actuar sinérgicamente con Kappa-carragenina y goma xantana. Los niveles de uso son similares a los de la goma guar, dependiendo de qué otras gomas se usen en conjunto con ella (Narres y Shailaja, 2006).





FUENTE: Barak y Mugdil (2014).

Figura 6. Unidad monomérica de la goma de algarrobo.

1.2.3. Intolerancia a la lactosa

La lactosa es el azúcar de la leche. La causa de la intolerancia a la lactosa es la incapacidad del intestino para digerirla y transformarla en sus constituyentes (glucosa y galactosa). Esta incapacidad es resultado de la escasez de la enzima denominada lactasa, que se produce en el intestino delgado.

Existen múltiples causas de la intolerancia a la lactosa, la más frecuente es la intolerancia primaria a la lactosa. La actividad de la lactasa es alta y vital durante la infancia, pero en la mayoría de los mamíferos, incluyendo los humanos, disminuye de forma fisiológica a partir del destete. Por eso, la intolerancia primaria a la lactosa se manifiesta en la mayoría de los casos en la pubertad o en la adolescencia tardía. La intolerancia secundaria a la lactosa es causada por cualquier daño de la mucosa intestinal o reducción de la superficie de absorción (Rodríguez *et al.*, 2006).

1.2.4 Productos deslactosados (leche deslactosada)

Se puede definir a los productos deslactosados como aquellos carentes de lactosa (disacárido) por adición de enzimas (lactasa) para la descomposición de la lactosa en glucosa y galactosa.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones físicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, la leche deslactosada es aquella que ha sido sometida a un proceso de transformación parcial de la lactosa, por medios enzimáticos, en glucosa y galactosa.



Dentro de los productos deslactosados podemos encontrar la leche y sus derivados, como son queso, crema, yogur, entre otros.

Productos deslactosados en el mercado mexicano

Actualmente el mercado mexicano cuenta con diversidad de productos deslactosados, entre los que se encuentran leches, cremas, algunos quesos y yogures. Las marcas Lala y Alpura son las que predominan en el mercado en cuanto a la producción de leches, yogur y crema con una producción mayor al 50%; en cuanto a la producción de quesos las principales marcas son Chilchota Alimentos y Sigma Alimentos, que conjuntamente tienen una participación del 50%, adicionalmente participan Lala, Alpura y La Esmeralda con aproximadamente el 18% (Secretaría de Economía - SE, 2012).

1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL

1.3.1 Definición

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos y otros materiales por medio de los sentidos. Es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos físicos, químicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que las personas que efectúan las mediciones llevan consigo sus propios instrumentos de análisis; o sea sus sentidos (Anzaldúa, 2005). Sin embargo, las sensaciones que motivan este rechazo o aceptación hacia algún producto varían con el tiempo y el momento en que se perciben. De esta manera, la calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre, dando origen a una sensación provocada por determinados estímulos procedentes del alimento a veces modulada por las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupos de personas que la evalúa (Hough y Fizman, 2005).

La utilización y aplicación de la evaluación sensorial comenzó a crecer rápidamente en la segunda mitad del siglo XX, debido principalmente a la expansión de los alimentos procesados listos para el consumo. La evaluación sensorial es una serie de técnicas que permiten precisar las respuestas humanas cuando consumen alimentos y que permiten identificar las preferencias y recepción de los consumidores. La evaluación sensorial permite caracterizar propiedades sensoriales de los alimentos que puedan dar información importante para el desarrollo de estos y además darles un sustento científico y comercial (Lawless y Heymann, 2010).



Los métodos utilizados para la evaluación de calidad son: escalas objetivas basadas en instrumentos de medición y métodos subjetivos basados en el juicio humano (Espino *et al.*, 2009).

Los métodos de evaluación sensorial o pruebas sensoriales son indispensables dentro del control de calidad de los alimentos, ya que frecuentemente se rechazan producciones por problemas sensoriales, iniciándose procesos de reclamación contra los productores; por tal motivo se requiere que se lleven a cabo las evaluaciones y se realicen con una fundamentación científica, asegurándose así la obtención de buenos resultados. Para lograr estos se requiere del constante desarrollo de los procedimientos de evaluación y la correcta planificación, diseño y obtención de la calidad sensorial adecuada (Torricella *et al.*, 2007).

1.3.2 Tipos de pruebas

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo a diferentes tipos de evaluación según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas: las afectivas, las discriminativas y las descriptivas (Anzaldúa, 2005).

Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas se dirigen, fundamentalmente, hacia los consumidores y pretenden evaluar su aceptación o preferencia por un determinado producto o productos (Siddiq *et al.*, 2011).

En este tipo de pruebas el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto. Son las pruebas que presentan mayor variabilidad en los resultados y estos son más difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales. Es necesario, en primer lugar, determinar si se desea evaluar simplemente preferencia o grado de satisfacción (gusto o disgusto) o si bien se quiere conocer la aceptación que tiene el producto entre los consumidores. Para las pruebas afectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados y éstos deben ser consumidores habituales o potenciales además de ser compradores del alimento en cuestión (Anzaldúa, 2005). Las pruebas afectivas pueden clasificarse en tres tipos: de preferencia, de aceptación y de grado de satisfacción.

Pruebas discriminativas

Son aquellas en las que no se quiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea conocer si hay o no diferencia entre dos y en algunos casos,

la magnitud o importancia de dicha diferencia (Anzaldúa, 2005). Estas pruebas son utilizadas en control de calidad. Para estas pruebas pueden utilizarse jueces semi-entrenados cuando las pruebas son sencillas (Sancho y Bota, 1999). Según Anzaldúa (2005) las pruebas discriminativas más comúnmente empleadas son: comparación apareada simple, triangular, dúo-trío, comparación pareada de Scheffé, comparaciones múltiples, ordenamiento (el juez evalúa tres o más muestras que difieren en alguna propiedad y se le pide que las ponga en orden creciente o decreciente de dicha propiedad).

Pruebas descriptivas

El análisis sensorial descriptivo representa la metodología más sofisticada en comparación con los métodos de discriminación y de aceptabilidad. Los resultados comprenden una descripción completa de los productos y proveen la base para determinar las características sensoriales que son importantes para la aceptabilidad; asimismo, podrán relacionar variables del proceso (o de formulación) con cambios puntuales en las características sensoriales (Hough, *et al.*, 2005).

En estas pruebas se trata de definir y medir las propiedades de la manera más objetiva posible. Aquí no son importantes las preferencias o aversiones de los jueces, y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas, sino cuál es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento (Anzaldúa, 2005). Los tipos de pruebas descriptivas son: calificación con escalas no estructuradas, calificación con escalas de intervalo, calificación con escalas estándar, calificación proporcional, medición de atributos sensoriales con relación al tiempo, descripción de perfiles sensoriales relaciones psicofísicas.

1.4 MERCADOTECNIA

1.4.1 Definición de mercadotecnia

Existen diferentes definiciones de mercadotecnia pero para los fines de éste trabajo se citará aquella de Fischer (1993) en dónde define que la mercadotecnia consiste en el desarrollo de una eficiente distribución de mercancías y servicios a determinados sectores del público consumidor.

1.4.2 Definición de mercado

Ibarra (2004) define mercado como una herramienta que sirve para asignar bienes y servicios. Esto es que, si se tiene cierta cantidad de productos y gente que necesita el producto, mediante el mecanismo de mercado se distribuirán.

Pero el concepto de mercado varía con respecto al área de estudio. Si lo focalizamos en el área de la mercadotecnia el mercado son los consumidores reales y potenciales de un producto o servicio. Ésta definición se complementa con los siguientes tres elementos:

1. La presencia de uno o varios individuos con necesidades y deseos por satisfacer.
2. La presencia de un producto que pueda satisfacer necesidades.
3. La presencia de personas que ponen los productos a disposición de los individuos con necesidades, a cambio de una remuneración (Fischer, 1993).

1.4.3 Tipos de mercado

Mercado del consumidor

Los bienes y servicios son comprados o rentados por individuos para su uso personal, o para ser comercializados. Este mercado es el más amplio en México.

Éste tipo de mercado se ve influenciado por los hábitos de compra, el dinamismo de los mercados y las comunicaciones. En el mercado del consumidor, las personas compran frecuentemente pequeñas cantidades de productos y no realizan estudios para decidir la compra (Fischer, 1993).

Mercado del productor o industrial

Formado por individuos y organizaciones que adquiere productos, materias primas y servicios para la producción de otros bienes y servicios. Tienen fines lucrativos. En la industria se analizan precios, tiempos de entrega, créditos, entre otros antes de la compra. Se compra en grandes volúmenes y se busca obtener utilidades (Fischer, 1993).

1.4.4 Segmentación de mercado

La segmentación es la identificación de un grupo de consumidores que presumiblemente se comportan de un modo similar ante determinado producto y/o servicio (Dvoskin, 2004). Por lo tanto, el objetivo de la segmentación es crear maneras más efectivas de llegar a los

consumidores para satisfacer sus deseos y necesidades de la mejor manera. Ahora bien la segmentación de mercado se define como aquella parte del mercado que se compone de consumidores homogéneos, o sea, que tienen perfiles similares. La segmentación de mercado es un proceso multidimensional de análisis que abarca una gran cantidad de variables con el objetivo de definir estrategias comerciales diferenciadas, es decir, mezclas de marketing (marketing mix) tales que satisfagan necesidades de diferentes grupos de consumidores (Aldrete, 2010). La segmentación de mercado es única de cada producto. Esta mezcla está definida por un grupo diferenciado de consumidores.

El objetivo de la segmentación es identificar consumidores con requerimientos y características similares y reunirlos en un grupo para poder generar negocios, es decir, permitir que tanto la empresa como el cliente obtengan rédito. Estos son conocidos como *segmento efectivos* (Dvoskin, 2004).

Para la identificación de segmentos efectivos existen dos elementos fundamentales que son las bases de segmentación y los criterios de efectividad.

1.4.5 Variables de la mercadotecnia

El desarrollo de productos con estrategias mercadológicas implica cuatro etapas (Zikmund, 2003):

1. Identificación y evaluación de las oportunidades

Es la definición de los objetivos y meta, así como los medios para alcanzarlas. Es la identificación de tendencias, problemas, oportunidades de crecimiento en el mercado, estimaciones de mercados potenciales y predicciones sobre futuras condiciones del entorno.

2. Análisis de segmentos de mercado y elección de mercados objetivo (mercado meta)

Es el estudio de las características y tendencias del mercado.

2. Planificación y ejecución de la mercadotecnia que satisfaga las necesidades de los clientes. Son los estudios, planes y ejecución de decisiones acerca de:



- **Producto**

Se estudian y evalúan nuevos productos, así como la aceptación, y su viabilidad. El estudio de productos engloba todas las aplicaciones de la investigación de mercados que buscan desarrollar atributos de producto que le añaden valor para los consumidores.

- **Precio**

Es el estudio de precios competitivos para descubrir el precio ideal de un producto, así como la determinación de si los consumidores pagarían un precio determinado que cubra los costos de producción.

- **Distribución (Plaza)**

Es el estudio típico del área de distribución para seleccionar la localización de minoristas, mayoristas y almacenes.

- **Comunicación (Promoción)**

Este estudio investiga la efectividad de los premios, cupones, entrega de muestras, y otras promociones de ventas. Incluye estudios de motivación del comprador para generar ideas de desarrollo según modelo, estudios de medios de comunicación y estudios de efectividad de publicidad.

4. Análisis de resultados

Es la evaluación de los programas de comercialización, para la mejora continua del producto y la calidad del servicio; detección de errores y búsqueda de información que solucione esos detalles.

1.4.6 Definición de mercado meta (estudio de mercado)

La investigación de mercado es una técnica que permite recopilar datos acerca de cualquier aspecto que se desee conocer para que puedan ser interpretados y poder usarlos. Sirven al comerciante o empresario para realizar una adecuada toma de decisiones y para lograr la satisfacción de sus clientes.

Según la SECOFI (2000), los objetivos de la investigación se pueden dividir en tres:



- Objetivo social: satisface las necesidades del cliente, ya sea mediante un bien o servicio requerido, es decir, que el producto o servicio cumpla con los requerimientos y deseos exigidos cuando sea utilizado.
- Objetivo económico: determina el grado económico de éxito o fracaso que pueda tener una empresa al momento de introducir un nuevo producto o servicio al mercado para saber con certeza las acciones que se deben tomar.
- Objetivo administrativo: ayuda al desarrollo de su negocio, mediante la adecuada planeación, organización, control de los recursos y áreas que lo conforman, para que cubra las necesidades del mercado en el tiempo oportuno.

1.4.7 Atributos del producto y servicio

Marca

Vidales (1997) dice que una marca es el nombre, palabra, símbolo o diseño especial que identifica un producto o servicio en forma singular.

Es considerada como una de las características más importantes del producto, ya que nos permite identificarlo y a la vez diferenciarlo de los productos competidores (Gubern, 2009).

La AMA (American Marketing Association) define marca como el “nombre, término, símbolo, diseño, o una combinación de ellos, que trata de identificar los bienes o servicios de un vendedor o grupo de vendedores y diferenciarlos de los competidores”.

Existen tanto los nombres de marca o solamente “marca” y las imágenes de marca o “logotipos”. La marca compuesta, en consecuencia, es tanto un nombre de marca como su imagen de marca (Murphy, 1992).

Objetivos de la marca

1. Diferenciarlo de la competencia
2. Ser un signo de garantía y calidad
3. Dar prestigio al fabricante
4. Ayudar a la venta del producto mediante la promoción
5. Posicionar al producto en la mente del consumidor

Características de la marca

1. Tener nombre corto



2. Ser fácil de recordar
3. Agradable a la vista
4. Adaptable a cualquier medio de publicidad
5. Ser registrada y protegida por la ley (Fischer, 1993)

Envase

El envase es la unidad que contiene al producto y su objetivo principal consiste en proteger físicamente el producto durante todo el proceso que va desde la fabricación hasta el consumo del mismo. Esto quiere decir que esta función de protección incluye la manipulación en origen, el transporte, el almacenamiento y, también, el periodo de tiempo entre la apertura del producto y su consumo final (Gubern, 2009).

Según la norma del CODEX-SATN 1-1985 un envase es cualquier recipiente que contiene alimentos para su entrega como producto único, que los cubre total o parcialmente y que incluye los embalajes y envolturas. Un envase puede contener varias unidades o tipos de alimentos preenvasados cuando se ofrece al consumidor.

Funciones

Los envases y embalajes cumplen con una función económica y social, contribuyendo a asegurar la competitividad de la empresa. Entre las funciones más importantes del envase destacan:

1. Contener al producto, dosificándolo en unidades. El envasado debe contener una cantidad adecuada de producto y ser racional en cuanto a su manipulación, almacenaje y transporte.
2. Presentarlo e identificarlo, diferenciándolo de sus competidores a través de la forma, color, textura, material, etc.
3. Proteger su integridad, evitando manipulaciones y falsificaciones, El envase-contenedor debe proteger el contenido del entorno externo.
4. Conservar las propiedades y características de calidad.
5. Acondicionar el producto para su transporte, desde el fabricante hasta el consumidor, evitando devoluciones de mercancías pasando por toda la cadena comercial.



6. Proporcionar un valor añadido, informando del producto y haciéndolo deseable, estimulando su compra y contribuyendo a la venta de otros productos de la gama (Cervera, 2003).

Tipos de envases

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCF-1994 existen dos tipos de envases y se definen de la siguiente manera:

- **Envase**
Cualquier recipiente o envoltura en la cual está contenido el producto preenvasado para su venta al consumidor.
- **Envase colectivo o múltiple**
Cualquier recipiente o envoltura en el que se encuentren contenidos dos o más unidades de producto preenvasado iguales o diferentes, destinadas para su venta al consumidor en dicha presentación.

Etiqueta

Las etiquetas acompañan a los diferentes niveles de envase y embalaje que a su manera protegen el producto dando instrucciones de mantenimiento, de transporte y de uso. Según Mercado (1998) la etiqueta varía en su modelo según los objetivos que se persigan en el uso de la misma, pudiendo ser estos:

- Identificar el producto.
- Dar instrucciones sobre el uso del producto.
- Proporcionar el contenido o ingredientes del producto.
- Informar el precio a que se debe comprar el producto, así mismo el número de registro ante las autoridades correspondientes y el número de patente.
- Cuando el artículo o producto pueda perder poder de satisfacción dar la fecha de caducidad.
- Favorecer la venta del producto.

En la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 para etiquetado de alimentos y bebidas no alcohólicas, la etiqueta es definida como cualquier



rótulo, marbete, inscripción , imagen u otra materia descriptiva o gráfica, escrita, impresa, estarcida, marcada, grabada en alto o bajo relieve, adherida, sobrepuesta o fijada al envase del producto preenvasado o, cuando no sea posible por las características del producto, al embalaje.

Precio

Según Kloter y Armstrong (2008), el precio es la cantidad de dinero que se cobra por un producto o servicio en el sentido estricto de la palabra. En términos amplios, un precio es la suma de los valores que los clientes dan a cambio de los beneficios de tener o usar el producto o servicio.

A lo largo de la historia, el precio ha sido el principal factor que influye en la decisión de los compradores. En décadas recientes, otros factores han ganado mayor importancia. Sin embargo, el precio sigue siendo uno de los elementos más importantes en la determinación de la participación de mercado y de la rentabilidad de una compañía.

El precio es el único elemento de la mezcla de marketing que produce ingresos; todos los demás elementos representan costos. El precio también es uno de los elementos más flexibles de la mezcla de marketing.

A diferencia de las características de los productos y de los compromisos del canal, el precio se puede modificar rápidamente. Al mismo tiempo, la fijación de precios y la competencia de precios son el problema número uno que muchos ejecutivos de marketing enfrentan, y muchas compañías no manejan bien la fijación de precios. Un problema frecuente es que las compañías reducen los precios muy rápidamente para obtener una venta en vez de convencer a los compradores de que su producto tiene mayor valor y que el precio más alto vale la pena. Otras equivocaciones comunes incluyen precios orientados excesivamente hacia los costos en vez de hacia el valor para el cliente y precios que no toman en cuenta el resto de la mezcla de marketing.

1.5 DESARROLLO DE PRODUCTOS

1.5.1 Proceso de desarrollo de nuevos productos

Un producto es cualquier bien o servicio elaborado por el trabajo humano y que se ofrece al mercado con el propósito de satisfacer las necesidades y deseos de los consumidores o



usuarios, generando mediante el intercambio de un ingreso económico para un producto una probable ganancia.

El desarrollo de productos es una tarea que consiste en introducir o adicionar valor a los satisfactores, a fin de que cambien o incrementen sus características para cubrir o acrecentar el nivel de satisfacción de las necesidades y deseos de quienes lo consuman. También se puede decir que el desarrollo de nuevos productos es la tarea sistemática que tiene como propósito generar nuevos satisfactores, ya sea modificando algún producto existente o generando otros completamente nuevos y originales.

El desarrollo de nuevos productos es una tarea vital y estratégica para cualquier organización y parte del hecho de que todo producto tiene un ciclo de vida, si la empresa no reemplaza con nuevos productos a aquellos que llegan a su etapa de deterioro, dejará de ser rentable y perderá su razón de ser.

1.5.2 Etapas del desarrollo de nuevos productos

Para generar un nuevo producto es necesario pasar por varias etapas antes de llegar a tomar una decisión sobre cuál es la mejor opción. Las etapas por las cuales se pasa para la creación del producto son: generación de ideas, depuración, concepto de desarrollo y prueba, estrategia de mercadotecnia, desarrollo del producto, prueba del mercado y comercialización (Casado y Sellers, 2006).

A continuación se da una breve descripción de cada uno de las etapas en el desarrollo de nuevos productos.

Generación de ideas. Es la búsqueda sistemática de ideas para nuevos productos. Dicha búsqueda debe ser sistemática, pues de lo contrario, se podrían encontrar muchas ideas, pero no las adecuadas para el objetivo del proyecto. Las fuentes de nuevas ideas pueden ser (Lerma, 2010):

- Internas: es decir, que las ideas provienen del interior de la compañía, que las encuentran mediante la investigación y el desarrollo.
- Clientes: estas provienen de observar y escuchar al cliente. Las necesidades y deseos de los consumidores se detectan mediante encuestas.
- Competencia: estas ideas provienen del análisis de los artículos de la competencia.



- Proveedores: los revendedores están muy cerca del mercado y pueden proporcionar información sobre los problemas del consumidor y las posibilidades del nuevo producto.
- Otras fuentes: publicaciones, exposiciones y seminarios comerciales, agencias de publicidad, etc.

Depuración. La función primordial de la depuración es la de filtrar todas las ideas generadas en la etapa anterior, con respecto a una serie de criterios (Rábade y Alfaro, 2008).

Concepto y desarrollo de prueba. La idea de un producto es un posible producto que la empresa podrá ofrecer en el mercado. El concepto de un producto es una versión elaborada de la idea expresada en términos comprensibles para el consumidor. La imagen de un producto es el cuadro específico del producto que se forma el consumidor, de un producto real potencial. La prueba del concepto demanda la prueba de estos conceptos de competencia con un grupo adecuado de consumidores meta. Los conceptos pueden presentarse simbólica o básicamente. El concepto de desarrollo y metodología de prueba tiene aplicación para cualquier producto, servicio o idea.

Estrategia de mercadotecnia. El plan de la estrategia de mercadotecnia la integran tres partes. La primera describe el tamaño, la estructura y el comportamiento de mercado meta; el posicionamiento planeado para el producto y las ventas; la participación en el mercado y las utilidades meta que se pretenden en los primeros años. La segunda parte describe el precio que se planea para el producto, de estrategia de distribución y el presupuesto de mercadotecnia para el primer año. La tercera describe las ventas a largo plazo y las utilidades meta, así como la estrategia de mezcla de mercadotecnia en el transcurso del tiempo (Lerma, 2010).

Desarrollo del producto. En muchas ocasiones, el desarrollo de un nuevo producto exige un proceso paralelo de innovación de los procesos productivos. En esta etapa, observamos una serie de fases, que partiendo de lo conceptual, se trasladaron a una serie de pruebas piloto para continuar con una fase preindustrial, culminando con el inicio de la fabricación (Rábade y Alfaro, 2008).

Pruebas de mercado. Las pruebas de mercado pueden proporcionar información valiosa sobre compradores, distribuidores, eficacia de los programas de mercadotecnia, potencial de mercado y otros aspectos.

Comercialización. En la comercialización de un nuevo producto, la programación de la entrada en el mercado puede ser decisiva; la compañía tiene entonces tres alternativas, primera entrada, entrada paralela y entrada tardía. La compañía debe decidir si lanzará el producto en una sola localidad, en una región, varias regiones, en el mercado nacional o en el mercado internacional. Los principales criterios de evaluación son: potencial del mercado, prestigio local de la compañía, costo de cobertura de la red, calidad de la información en el área, influencia del área en otras áreas y penetración competitiva. En esta forma la compañía clasifica los mejores mercados y desarrolla un plan de extensión geográfica.

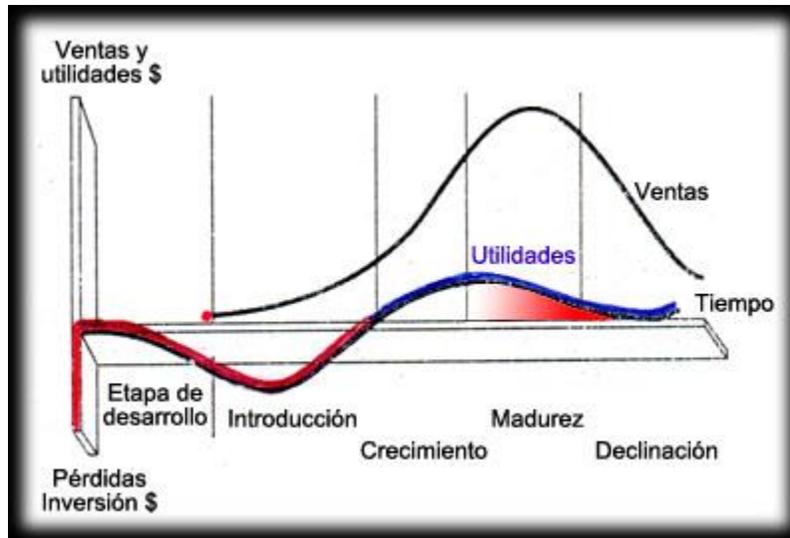
En la extensión de mercados de la compañía debe dirigir su distribución y su promoción a los mejores grupos prospecto. Además debe desarrollar un plan de acción para introducir el nuevo producto en los mercados de extensión (Lerma, 2010).

1.5.3 Ciclo de vida de un producto

Se define como el tiempo de existencia y las etapas de evolución que caracterizan el desarrollo de un producto en el mercado, desde que es lanzado hasta que se abandona su comercialización. Este modelo considera que el comportamiento de las ventas varía a lo largo del tiempo, por lo que es posible establecer cuatro etapas distintas:

1. **Introducción.** Periodo de lanzamiento del producto. Es una etapa difícil, de crecimiento lento de las ventas y requiere un gran esfuerzo comercial.
2. **Crecimiento.** En esta etapa, las ventas comienzan a elevarse de forma considerable. Lo conocen cada vez más consumidores y ya no requiere tanto esfuerzo de promoción y publicidad.
3. **Madurez.** Las ventas son altas, sin variaciones en el volumen. En esta etapa se encuentran la mayoría de los productos que se ofertan en el mercado, estableciéndose una gran competencia entre las empresas.
4. **Declinación.** Es la última etapa del producto, acabará cuando el producto deje de venderse por completo y se caracteriza por una disminución de las ventas, que puede ser lenta o rápida (Kloter y Armstrong, 2008).





FUENTE: Kloter *et al.* (2008).

Figura 7. Representación gráfica del ciclo de vida de un producto.

1.6 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL

1.6.1 Definición

La vida útil de un alimento representa aquel periodo de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough y Fizman, 2005)

Según Potter y Hotchkiss (1995) la vida útil o vida de almacén de un alimento se define como el tiempo que transcurre hasta que el producto se convierte en inaceptable. En muchos casos la vida útil es el periodo de tiempo durante el cual el producto permanece en buenas condiciones de venta. Es un juicio que debe llevar a cabo el fabricante o el vendedor del producto. El fabricante debe definir la calidad mínima aceptable del producto, la cual dependerá del grado de degradación que el fabricante permita en el producto antes de que decida no venderlo.

Así pues para cada alimento particular hay un periodo de tiempo determinado después de su producción, durante el cual mantienen el nivel requerido de sus cualidades organolépticas y de seguridad, bajo determinadas condiciones de conservación.



1.6.2 Factores que afectan la calidad y vida útil

Las causas de deterioro de los alimentos, se encuentran influenciadas por una serie de factores ambientales como lo son la temperatura, la humedad, las reacciones con el oxígeno, la luz y el tiempo; este último influencia la magnitud de degradación del producto pues una vez sobrepasado el periodo transitorio en el cual la calidad de los alimentos está al máximo, a mayor tiempo transcurrido mayores serán las influencias destructoras (Casp *et al*, 1999).

Existe una gran cantidad de reacciones que se pueden dar debido a estos factores, pero la mayoría pueden clasificarse dentro de las siguientes áreas:

- Oscurecimiento no enzimático. Una serie de reacciones complejas que inician con compuestos reductores y grupos amino que producen sabores amargos, pigmentos oscuros, pérdida de solubilidad de las proteínas y pérdida de características de sabor.
- Pérdida de vitaminas. Esto conlleva a la pérdida del valor nutricional del alimento. La destrucción de las vitaminas puede ocurrir a través de varios mecanismos como es la hidrólisis debido a la luz, calor o ácidos, a la oxidación directa en presencia de oxígeno y a la participación de éstas en reacciones de oxidación.
- Cambio de color. El color natural de los alimentos se pierde como consecuencia de varios tipos de reacciones como la oxidación directa de pigmentos o co-oxidación de lípidos.
- Actividad enzimática. Si los alimentos no se someten a tratamientos térmicos para inactivar las enzimas, éstas pueden catalizar ciertas reacciones que producen sabores, colores o texturas indeseadas (Labuza y Schmidt, 1995).

1.6.3 Métodos para determinar la vida útil

Para determinar la vida útil de un alimento o producto, primero deben de identificarse las reacciones químicas o biológicas que influyen en la calidad y seguridad del mismo, considerando la composición del alimento y el proceso a que es sometido y se procede a establecer las reacciones más críticas en la calidad (Casp y Abril, 1999; Rondon *et al.*, 2004).

El tiempo de vida útil se puede estimar mediante varios métodos: pueden tomarse valores reportados en la literatura especializada de alimentos similares y bajo condiciones similares al producto de nuestro interés; se pueden monitorear las quejas de los consumidores para

orientar los posibles valores de vida útil; se pueden evaluar tributos de calidad del alimento que varía durante la vida útil en el anaquel o mediante pruebas aceleradas (Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos - CITA, 2005).

- Ensayos en anaquel. Estos ofrecen excelentes datos, pero presentan, en algunos casos, el inconveniente del tiempo prolongado para su adquisición. Entre las consecuencias están que el dato obtenido es puntual y se obtiene en un lapso que puede no ser práctico para la empresa, como en el caso de lanzamiento de nuevos productos.
- Pruebas de vida útil acelerada. Durante éstas se debe tomar en cuenta no solamente la selección de las temperaturas para realizar las pruebas, sino que debe establecerse el diseño estadístico experimental, realizar las respectivas mediciones por duplicado o triplicado para evaluar las desviaciones de las muestras, y así, evaluar de manera más apropiada la vida útil. Esto sin dejar de lado el hecho de que existe siempre un error asociado con la naturaleza del sistema biológico que generalmente es complejo. Para los estudios acelerados se debe planear cuidadosamente el diseño experimental que contemple las variables por evaluar y controlar las variables que no se desean evaluar para evitar que interfieran en las mediciones, y por ende, en los resultados. Es esencial establecer aquellas variables críticas y disponer de métodos de cuantificación de respuesta rápida, pero confiable. Estas variables deben ser mayores a las de almacenamiento y las de comercialización para permitir que las reacciones de deterioro se aceleren y se obtengan los valores en periodos más cortos (Labuza y Schmidt, 1995).

Las pruebas de laboratorio simulan las condiciones reales, pero existen variables como las condiciones de transporte, cambios de presión, fluctuaciones de temperatura, entre otras, que son difíciles de duplicar. Por lo tanto, los resultados obtenidos son estimaciones de la vida útil del alimento. Cuando se utiliza un panel de expertos, es importante disponer de una muestra control o patrón del producto que se mantiene a temperaturas menores que las de almacenamiento y las de comercialización, para retardar las reacciones de deterioro (Rodríguez, 2004).



1.6.4 Diseño de vida útil

El primer paso en la creación de un estudio de vida útil es seleccionar una de las reacciones de degradación que se espera que ocurra en el producto a temperaturas típicas de almacenamiento, que se pueda medir y se puede utilizar como índice de pérdida de calidad. Posteriormente, se debe seleccionar el empaque con el que se protegerá el producto en los canales de distribución. Lo que permitirá generar datos más cercanos con la vida útil actual del producto. A continuación se debe escoger la temperatura de almacenamiento que dé resultados fiables en una cantidad razonable de tiempo.

Para la realización de los estudios de vida útil, se debe seguir una frecuencia de muestreo y análisis fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos, que permitan identificar a lo largo de la observación, en qué momento se presenta un deterioro significativo y se convierte en inseguro o inaceptable para los consumidores (Fennema, 2000).

1.6.5 Vida útil sensorial

Un estudio de vida útil consiste en realizar una serie de controles preestablecidos en el tiempo, de acuerdo con una frecuencia establecida, hasta alcanzar el deterioro elegido como limitante o hasta alcanzar límites prefijados (Hough y Fiszman, 2005).

Los puntos clave al diseñar un ensayo de vida útil son el tiempo durante el cual se va a realizar el estudio siguiendo una determinada frecuencia de muestreo y los controles que se van a llevar a cabo sobre el producto hasta que se presente un deterioro importante. Generalmente se cuenta con poca información previa, por lo que se deben programar controles simultáneos de calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial (Hough y Fiszman, 2005).

Antes de realizar el estudio de vida útil se debe de tratar de obtener la mayor cantidad de información sobre el producto que se evaluará para realizar el diseño que se llevará a cabo.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo general

Desarrollar un helado deslactosado de nopal adicionado con estabilizantes para ofrecer una alternativa saludable de consumo para la población.

2.1.2 Objetivos particulares

1. Determinar la factibilidad comercial del helado deslactosado de nopal mediante un estudio de mercado para delimitar la población meta del producto.
2. Determinar el efecto de los porcentajes de nopal (20, 25 y 30%) y de las gomas xantana y algarrobo (0, 0.015 y mezcla de ambas gomas al 0.03%) en la estabilidad del helado dada por el tamaño de burbuja, el overrun y el drenado para seleccionar las formulaciones más estables.
3. Evaluar sensorialmente los prototipos seleccionados a través de una prueba de ordenamiento para elegir el de las mejores características.
4. Caracterizar química y fisicoquímicamente el prototipo elegido por medio de técnicas establecidas por la normatividad vigente para establecer su composición química.
5. Analizar microbiológicamente el prototipo elegido por medio de técnicas establecidas por la normatividad vigente en microorganismos considerados estándares de calidad (coliformes totales, mesófilos aeróbios, mohos y levaduras) para determinar si es apto para consumo humano.
6. Seleccionar el tipo de envase, desarrollar la etiqueta y definir el precio al público del helado deslactosado de nopal a través del conocimiento de las características del producto para su introducción en el mercado.
7. Evaluar la vida útil del helado deslactosado de nopal a -16°C por medio de pruebas sensoriales de aceptación para determinar el tiempo máximo de consumo.



2.2 CUADRO METODOLÓGICO

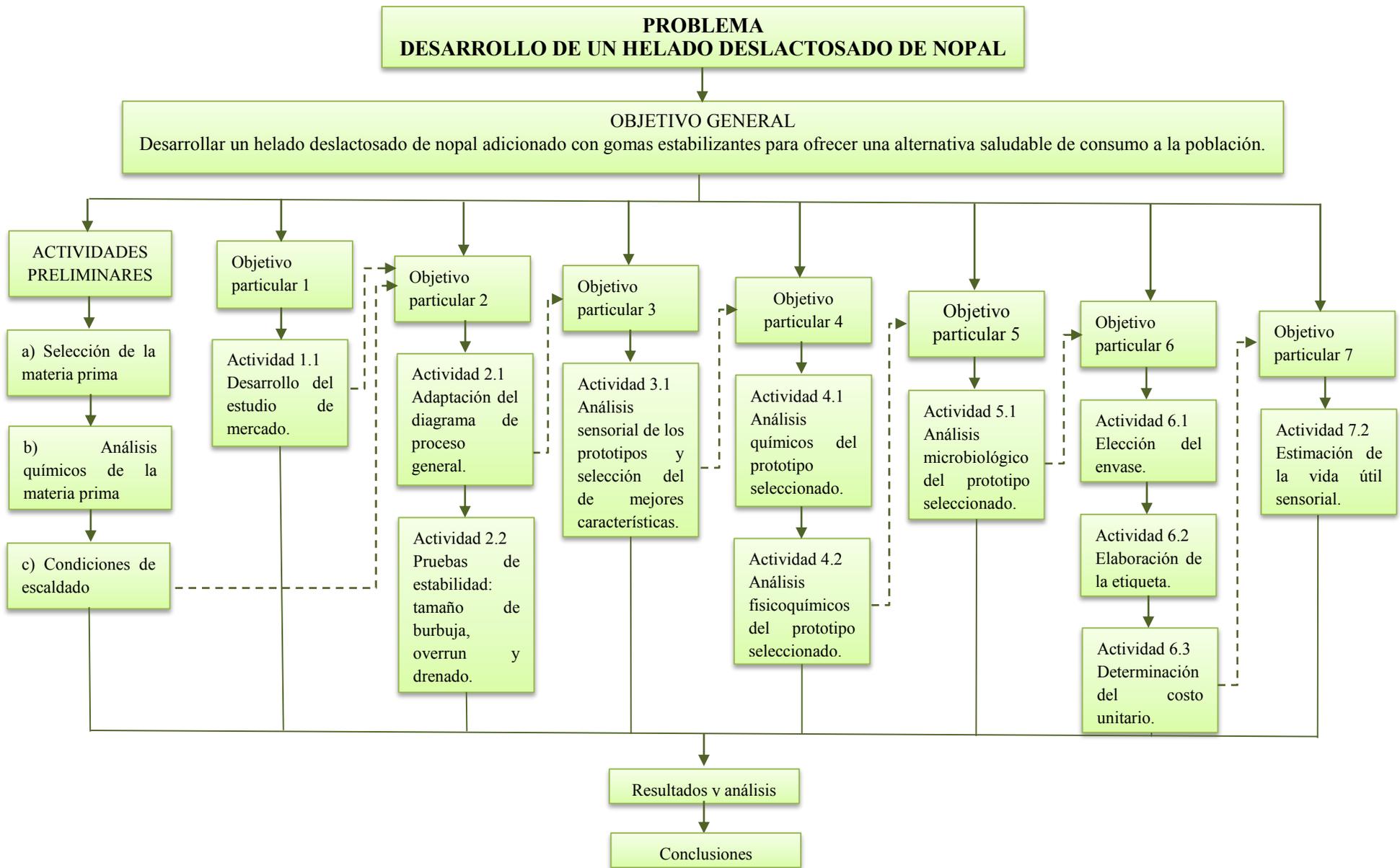


Figura 8. Cuadro metodológico para la elaboración del helado deslactosado de nopal.



2.3 DESCRIPCIÓN DEL CUADRO METODOLÓGICO

ACTIVIDADES PRELIMINARES

Actividad preliminar 1. Selección de la materia prima

El nopal se seleccionó de acuerdo a la disponibilidad y la región noreste del Estado de México siendo la variedad Atlixco la que predomina en la región; es cultivado en San Martín de las Pirámides, Estado de México. Su clasificación se realizó con base a la norma NMX-FF-068-1988 y la norma del CODEX Alimentarios para el nopal: CODEX STAN 185-1993. Según la norma la clasificación D es aquella en la que los cladodios poseen una longitud de 21 a 25 cm. Los cladios (aproximadamente 20 piezas) fueron adquiridos en la Central de abastos de Ecatepec cada vez que se requirió con el mismo proveedor

La selección de la leche se realizó con base a la disponibilidad en tiendas de autoservicio. La leche deslactosada con más presencia en el mercado es la de la marca Alpura.

Actividad preliminar 2. Análisis químicos de la materia prima

El análisis químico proximal (AQP) se realizó tanto a la leche como al nopal. Cada análisis se realizó por triplicado.

Aparatos y equipo

- Agitador Vortex Modelo 2: homogenización de diluciones en análisis microbiológico.
- Balanza analítica con sensibilidad de 0.1 mg marca August Saurer GmbH D-7470 Albstadt 1-Ebingen: diversos pesajes.
- Baño de agua marca Thermo Scientific Modelo 25: análisis microbiológico.
- Centrífuga manual de Gerber: determinación de grasa en leche.
- Digestor micro-Kjeldahl marca LABCONCO: determinación de proteínas.
- Horno o estufa eléctrica con control de temperatura marca MAPSA, modelo HDP-334: incubación en análisis microbiológico.
- Micro destilador Kjeldahl marca FIGURSA modelo MDK-650: determinación de proteínas.
- Mufla marca Blue M modelo M25A-2^a: determinación de cenizas.
- Potenciómetro Conductric pH 120: determinación de pH.

Determinación de cenizas por método de Klemm (NMX-F-066-S-1978)

Cálculos

$$\% \text{ cenizas} = \frac{A-B}{C} * 100$$

Ecuación 1

Dónde

A = peso del crisol con cenizas a peso constante (g)

B = peso del crisol a peso constante (g)

C = peso de la muestra (g)

Determinación de humedad por estufa de aire (NMX-F-083-1986)

Cálculos

$$\% \text{ Humedad} = \frac{Cm - Cmd}{Cm - Csm} * 100$$

Ecuación 2

Dónde:

Cm = Peso de caja con muestra (g)

Cmd = Peso de caja con muestra desecada (g)

Csm = Peso de caja sin muestra (g)

Determinación de proteínas por método micro Kjeldahl (AOAC 960.52)

Cálculos

- Porcentaje de nitrógeno en la muestra

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{(ml \text{ HCl} - ml \text{ Blanco}) * N * 14.0067 * 100}{mg \text{ muestra}}$$

Ecuación 3

Siendo

N= normalidad del ácido clorhídrico

14.0067 = peso atómico del nitrógeno

- Porcentaje de proteína

$$\% \text{ proteína} = \% \text{ Nitrogeno} * F$$

Ecuación 4

Dónde

F = Factor de conversión

Nopal = 6.38

Leche = 6.25

Determinación de grasa en leche por el método de Gerber (NMX-F-387-1982)

La lectura del contenido de grasa es directa del butirómetro.

Determinación de acidez por titulación alcalimétrica (NMX-F-511-1988)

Cálculos

$$\text{Acidez } \left(\frac{g}{L} \right) = \frac{V * N * 90}{M} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde

V = volumen gastado (ml)

N = normalidad del hidróxido de sodio

M = ml de muestra

90 = Equivalente del ácido láctico

Determinación de azúcares reductores directos y totales por método Lane-Eynon (NMX-F-312-1978)

Cálculos

$$\%ART = \frac{(F)(ml \text{ de solución})}{(ml \text{ gastados de muestra})(g \text{ de muestra})} * 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde

F = factor del reactivo en mg de lactosa

Actividad preliminar 3. Condiciones de escaldado

Se realizó un experimento factorial 2x3 con diseño completamente aleatorio con los tratamientos que se muestran en la Tabla 4. Para determinar las condiciones de escaldado del nopal, se probaron bicarbonato de sodio e hidróxido de calcio a una concentración del 0.125% (Gimmferrer, 2012), a dos condiciones de tiempo-temperatura: 2 min a 80 °C y 50 s a 91.5 °C.

Tabla 4. Diseño experimental para determinar condiciones de escaldado.

| Temperatura (°C) | Sal |
|---------------------|-----|
| 80 | 0 |
| 80 | 1 |
| 80 | 2 |
| 91.5 | 0 |
| 91.5 | 1 |
| 91.5 | 2 |

Donde:

0= Escaldado sin sal

1= Escaldado con 0.125% de bicarbonato de sodio

2= Escaldado con 0.125% de hidróxido de calcio

80= Escaldado a 80 °C durante 2 minutos

91.5= Escaldado a 91.5 °C durante 50 segundos

Procedimiento

Para realizar el escaldado se siguieron los siguientes pasos en cada una de las pruebas:

1. Se utilizó un cladodio (nopal) clasificación D (21 – 25 cm de longitud) libre de defectos tanto internos como externos.
2. Se eliminaron las impurezas con ayuda de agua y posteriormente se desinfectó en una solución de cloro a una concentración de 200 ppm.
3. Se tomó una fotografía a cada nopal antes de ser escaldado. Para evitar la influencia de la luz ambiental se realizó la toma de fotografía en una caja oscura con luz controlada.
4. Se calentó agua con bicarbonato de sodio, hidróxido de calcio o sola a 80 o 91 °C según la prueba correspondiente.
5. Se sumergieron los nopales en la solución durante 2 min o 50 s según correspondiera.



6. Una vez pasado el tiempo de escaldado, se retiraron los nopales del agua caliente y se sumergieron en agua con hielo para disminuir su temperatura entre 5 a 10 °C aproximadamente.
7. Finalmente se procedió a la toma de la fotografía con la luz controlada. El nopal fue previamente secado para evitar un brillo superior al real y tener una imagen más exacta.
8. Al finalizar todas las pruebas, las fotografías fueron procesadas con el programa de computadora Adobe Photoshop CS6, para obtener el valor de G, el cual dio la intensidad del color verde dentro de la escala RGB (Red, Green and Blue), así como los cambios que éste tuvo después del proceso de escaldado.

El experimento se realizó por duplicado.

Al obtener los valores de G en cada punto que se especificó en la superficie del nopal (30 valores), se realizó un promedio para posteriormente determinar la diferencia entre los valores iniciales y finales y así poder determinar cuál de las condiciones establecidas fue la que mejor preservaba el color verde o presentaba menor cambio en cuando a intensidad del color verde.

OBJETIVOS PARTICULARES.

Objetivo particular 1. Determinación de la factibilidad del helado deslactosado de nopal mediante un estudio de mercado.

Actividad 1.1 Desarrollo del estudio de mercado

Para determinar la factibilidad comercial del helado deslactosado de nopal y determinar el mercado meta, se realizó una encuesta de 11 preguntas a 50 personas de ambos sexos de entre 18 a 68 años.

El tamaño de la muestra se obtuvo con la Ecuación 7, la cual indica que éste no depende del tamaño de la población, sino que depende del nivel de confianza y el margen de error deseados, así como el valor de la desviación estándar (Triola, 2004).

$$n = \frac{Z_{\alpha/z}^2 \varphi(1-\varphi)}{d^2}$$

Ecuación 7

Donde

$Z_{\alpha/z}$ = nivel de confianza (valor de tablas)

Para el 95%, $Z_{\alpha/z} = 1.96$

φ = proporción = 0.5

d = error máximo de estimación (aquel que se está dispuesto a permitir)

Recalculando

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(1 - 0.5)}{(0.14)^2} = 49$$

En total se realizaron 50 encuestas y las preguntas se muestran en el Cuadro 1.

| ENCUESTA | | |
|---|--------------|------------------|
| Sexo: F M | Edad: _____ | Ocupación: _____ |
| Elige la respuesta que prefieras | | |
| 1. ¿Conoces personas con problemas de intolerancia a la lactosa? | | |
| a) Sí | b) No | |
| 2. ¿Posees esta deficiencia? | | |
| a) Sí | b) No | |
| 3. ¿Consumes productos deslactosados? | | |
| a) Sí | b) No | |
| 4. ¿Te gusta el nopal? | | |
| a) Sí | b) No | |
| 5. ¿Sabías que el nopal posee un alto contenido en fibra? | | |
| a) Sí | b) No | |
| 6. ¿Cuántas veces consumes nopal a la semana? | | |
| a) 1-2 veces | b) 3-4 veces | c) 5 veces o más |
| 7. ¿Consumes algún producto derivado del nopal? | | |
| a) Sí | b) No | ¿Cuál? _____ |
| 8. ¿Te gusta el helado? | | |
| a) Sí | b) No | |
| 9. ¿Consumes algún tipo de helado? | | |
| a) Sí | b) No | |
| 10. ¿Te gustaría probar un helado deslactosado de nopal? | | |
| a) Sí | b) No | |
| 11. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por una presentación de 500mL? | | |
| b) 40 pesos | b) 50 pesos | c) 60 pesos |

Cuadro 1. Encuesta realizada en el estudio de mercado para el desarrollo del helado deslactosado de nopal.

Objetivo particular 2. Determinación del efecto de los porcentajes de nopal, goma xantana y goma de algarrobo en la estabilidad del helado.

Actividad 2.1 Diagrama de proceso de elaboración de helado tradicional y desarrollo de prototipos

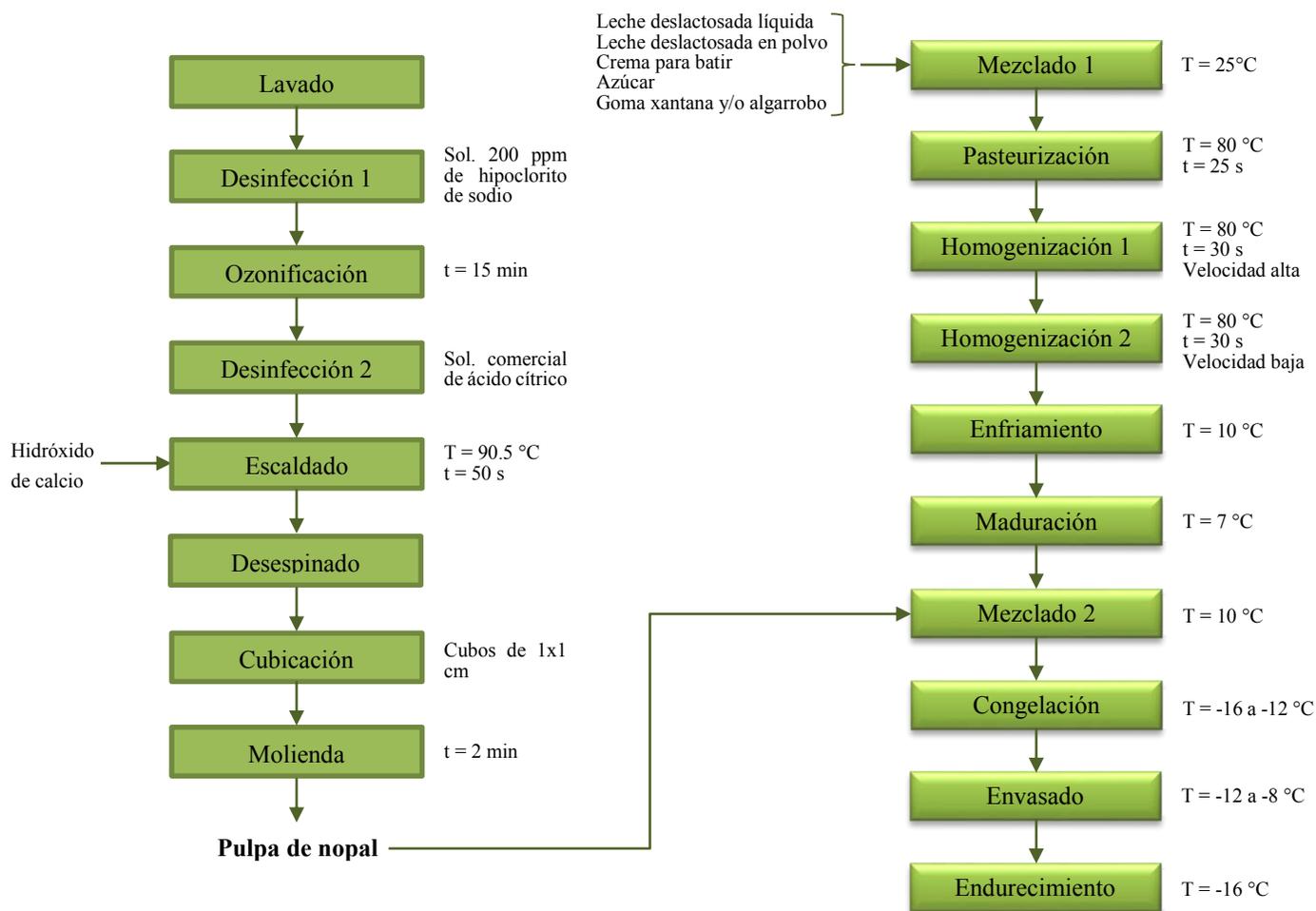


Figura 9. Diagrama de bloques modificado para la elaboración de helado deslactosado de nopal.

El diagrama de proceso utilizado en la elaboración del helado deslactosado de nopal se puede apreciar en la Figura 9, en éste se incluye el diagrama de proceso para la obtención de la pulpa de nopal. Se elaboraron 12 formulaciones de helado deslactosado de nopal como se muestra en la Tabla 5.

Materiales y equipo

- Leche deslactosada ultrapasteurizada Alpura (líquida)
- Leche deslactosada en polvo Alpura

- Crema para batir Lyncott
- Azúcar estándar
- Goma xantana de Sinergum
- Goma de algarrobo de Sinergum
- Nopal variedad Atlixco
- Batidora Philips
- Batidora de inmersión Oster
- Triturador de alimentos Moulinex

Diseño experimental

El diseño experimental se realizó con la combinación de un diseño de mezclas para los porcentajes de leche y nopal y un diseño factorial 2^2 para las gomas xantana y algarrobo. Las formulaciones obtenidas se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Diseño experimental de 12 formulaciones con un punto de repetición.

| Orden de elaboración | No. De prototipo | Nopal (%) | Leche (%) | Goma Xantana (%) | Goma de Algarrobo (%) |
|----------------------|------------------|-----------|-----------|------------------|-----------------------|
| 11 | 1 | 20 | 80 | 0 | 0 |
| 7 | 2 | 30 | 70 | 0 | 0 |
| 5 | 3 | 25 | 75 | 0 | 0 |
| 6 | 4 | 20 | 79.985 | 0 | 0.015 |
| 13 | 5 | 30 | 69.985 | 0 | 0.015 |
| 14 | 6 | 25 | 74.985 | 0 | 0.015 |
| 10 | 7 | 20 | 79.985 | 0.015 | 0 |
| 4 | 8 | 30 | 69.985 | 0.015 | 0 |
| 2 | 9 | 25 | 74.985 | 0.015 | 0 |
| 3 | 10 | 20 | 79.97 | 0.015 | 0.015 |
| 1 | 11 | 30 | 69.97 | 0.015 | 0.015 |
| 12 | 12 | 25 | 74.97 | 0.015 | 0.015 |
| 9 | 12 | 25 | 74.97 | 0.015 | 0.015 |
| 8 | 12 | 25 | 74.97 | 0.015 | 0.015 |

Estas formulaciones se elaboraron eligiendo la secuencia aleatoria que se muestra en la Tabla 5.

Actividad 2.2 Pruebas de estabilidad: overrun y drenado

Overrun

Se midió con una diferencia de volumen de la mezcla (antes y después del batido). El overrun se calculó como se muestra en la Ecuación 8.

$$\%Overrun = \frac{V_f - V_i}{V_i} * 100 \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde

V_i = Volumen inicial (mL)

V_f = Volumen final (mL)

Drenado

Se utilizó una modificación del método de espumado-drenado descrito por Petel *et al.* (1988). Se pesaron aproximadamente 10g de helado, los cuales se colocaron en un embudo montado encima de una probeta graduada de 25ml, se colocaron a una temperatura de 7°C y se realizaron mediciones cada 10 minutos hasta su completo drenado. Se contabilizó el tiempo en el cual se drenaron completamente las muestras. Se realizó para cada formulación por triplicado.

Tamaño de burbuja

Se colocó una muestra en un portaobjetos para después llevarlo al microscopio. Se determinó el tamaño de burbuja en un microscopio óptico con ocular de 10x graduado y objetivo 10x (Ecuación 10).

Aparatos y equipo

- Microscopio óptico marca Zeiss.

Cálculos

$$\text{Tamaño de la burbuja } (\mu\text{m}) = \text{Objetivo} * \text{Ocular} * x \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde

x = objeto de estudio bajo el microscopio

Objetivo particular 3. Evaluación sensorial de los prototipos seleccionados por medio de una prueba de ordenamiento.

Actividad 3.1 Evaluación sensorial

La evaluación se realizó a través de una prueba de ordenamiento con el formato mostrado en la Figura 10.

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Frente a usted hay 4 muestras de helado deslactosado de nopal con diferentes claves, que usted debe ordenar en forma creciente de acuerdo a los atributos indicados. Siendo:

1.- La de mayor intensidad, la mejor o la de más agrado |

Dulzura

| Muestra |
|---------|
| 1.- |
| 2.- |
| 3.- |
| 4.- |

Sabor a nopal

| Muestra |
|---------|
| 1.- |
| 2.- |
| 3.- |
| 4.- |

Color

| Muestra |
|---------|
| 1.- |
| 2.- |
| 3.- |
| 4.- |

Cremosidad

| Muestra |
|---------|
| 1.- |
| 2.- |
| 3.- |
| 4.- |

Comentarios: _____

¡Muchas gracias!

Figura 10. Encuesta aplicada para la evaluación sensorial de la selección de prototipos.

De las 12 formulaciones se seleccionaron 4 prototipos para realizar la evaluación sensorial, de acuerdo a las mejores propiedades de overrun, tiempo de drenado y tamaño de burbuja. Los prototipos a evaluar se colocaron aleatoriamente frente a los jueces asignándole un número distinto elegido al azar para evitar que el orden numérico influyera en la evaluación.

Para cada atributo se realizó la prueba de Friedman que es una prueba para comparación de medianas para un experimento en bloques, considerando a cada juez como un bloque.

Objetivo particular 4. Caracterización química y fisicoquímica del producto elegido para conocer la composición química.

Actividad 4.1 Caracterización química del prototipo seleccionado

La determinación de cenizas se realizó por el método de Klemm (NMX-F-066-S-1978), humedad por estufa de aire (NMX-F-083-1986), proteínas por el método de micro Kjeldahl (AOAC 960.52), fibra por el método de Kennedy (Less, 1982) y azúcares reductores directos y totales por el método de Lane-Eynon (NMX-F-312-1978).

Determinación de grasa por el método de Roesse-Gottlieb (Hidrólisis alcalina) (NOM-086-SSA1-1994)

Fundamento. El método es una modificación del de Roesse-Gottlieb. Se utiliza amoníaco para suavizar la caseína, alcohol etílico para romper la emulsión y la combinación grasa-proteína, así como favorecer la extracción de la grasa por el éter etílico. Se usa también éter de petróleo que disminuye la solubilidad del éter etílico en la capa acuosa. Extraída la grasa ésta se estima por diferencia de peso.

Aparatos y equipo

- Balanza con sensibilidad de 0.1 mg marca August Sauter GmbH D-7470 Albstadt 1-Ebingen.
- Horno o estufa eléctrica con control de temperatura marca MAPSA, modelo HDP-334.

Cálculos

$$\% \text{ grasa} = \left(\frac{P_2 - P_1}{M} \right) \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde

P_1 = peso constante del matraz bola (g)

P_2 = peso constante del matraz bola después de la extracción (g)

M = peso de la muestra (g)

Actividad 4.2 Caracterización fisicoquímica del prototipo seleccionado

La determinación de acidez se realizó de acuerdo a metodología establecida en la NOM-091-SSA1-1994 y el pH se midió con un potenciómetro Conductric pH 120 y la lectura es directa.

Objetivo particular 5. Análisis microbiológico del prototipo seleccionado.

Actividad 5.1 Análisis microbiológico del prototipo seleccionado

Se realizó el análisis microbiológico para los microorganismos considerados estándares de calidad (coliformes totales, mesófilos aeróbios, mohos y levaduras) de acuerdo a normatividad vigente (NOM-113-SSA1-1994, NOM-092-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994 respectivamente) los cuales se reportaron como UFC por ml de muestra. Se realizaron dos diluciones y se realizó el conteo de aquellas que el rango de colonias estuviera entre 25 a 250 UFC. Cada muestra se realizó por duplicado.

Aparatos y equipo

- Autoclave Presto 21 L.
- Baño termostático con agitación Anilab, modelo 501092.
- Horno o estufa eléctrica con control de temperatura marca MAPSA, modelo HDP-334.

Objetivo particular 6. Selección de envase, diseño de etiqueta y establecimiento del precio al público del helado deslactosado de nopal.

Actividad 6.1 Elección del tipo de envase (material, forma y volumen)

El envase se eligió de acuerdo a las necesidades requeridas para el almacenamiento del helado. Se tuvo en cuenta que debía ser opaco para evitar que la luz degradara la clorofila (Barreiro *et al.*, 2006) y el color se viera alterado así como impermeable a gases y olores. Otro aspecto considerado fue el mantenimiento de las características físicas del helado (dureza, estabilidad de la espuma y la emulsión) y a su vez la rapidez de enfriamiento al momento de envasar y almacenar.

Actividad 6.2 Elaboración de la etiqueta

El diseño de la etiqueta se realizó de acuerdo al público al que va destinado. Para esto se tomó en cuenta la normatividad vigente al momento de la realización del proyecto (2014) así como la normatividad que entrará en vigor en el 2015.

Actividad 6.3 Determinación del precio al público (balance de costos)

El balance de costos se realizó tomando en cuenta los costos de cada una de las materias primas requeridas, el porcentaje utilizado y el rendimiento total obtenido del helado. Considerando lo anterior se determinó el costo final de la producción de helado a nivel laboratorio.

Objetivo particular 7. Evaluación de la vida útil del helado deslactosado.

Actividad 7.1 Estimación de vida útil sensorial

Se elaboró un lote de 7 litros de helado. El lote fue dividido en 14 envases con capacidad de 500 mL cada uno. Las muestras de helado fueron almacenadas a $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 90 días suponiendo que el helado no se altera a ésta temperatura. Dos botes fueron cambiados de temperatura de almacenamiento de $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ cada 15 días hasta que todos los botes estuvieron almacenados a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. De este modo se obtuvieron muestras de helado con 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días de almacenamiento.

Antes de poder llevar a cabo la evaluación sensorial de la vida útil se realizó un análisis microbiológico para las muestras de 0, 30, 60 y 90 días de almacenamiento a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Posteriormente el helado fue evaluado por 60 consumidores los cuales fueron reclutados entre estudiantes y trabajadores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campus 1 con un rango de edad entre 22 y 55 años. El cuestionario de evaluación se muestra en la Figura 11.

Los datos fueron analizados con la metodología estadística del análisis de supervivencia por medio de la función *sslife* (Hough, 2010) con ayuda del paquete de cómputo estadístico R (R Core Team, 2013).

Helado de nopal

Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Prueba cada muestra de izquierda a derecha e indique en cada una su aceptación marcando con un X dónde corresponda.

| Muestra | Acepta | | Comentarios |
|---------|--------|----|-------------|
| | Si | No | |
| 107 | | | |
| 318 | | | |
| 236 | | | |
| 641 | | | |
| 467 | | | |
| 572 | | | |
| 893 | | | |

INSTRUCCIONES: Pruebe cada muestra de izquierda a derecha e indique su aceptación de acuerdo a cada uno de los atributos evaluados.

| | 107 | | 318 | | 236 | | 641 | | 467 | | 572 | | 893 | |
|---------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| Color | Si | No |
| Olor | Si | No |
| Textura | Si | No |
| Sabor | Si | No |

Figura 11. Encuesta aplicada para la evaluación sensorial de la vida útil del helado deslactosado de nopal.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Actividad preliminar 2. Análisis químicos de la materia prima

En la Tabla 6 se muestra la comparación de la composición química del nopal entre los datos obtenidos en este trabajo y la información de la literatura (Rodríguez *et al.*, 1988).

Tabla 6. Comparación de resultados experimentales y teóricos del AQP del nopal, con intervalos del 95% de confianza para la media.

| Nopal | | |
|-----------------------|---------------------|-----------------|
| Componente (%) | Experimental | Teórico* |
| Cenizas | 1.33±0.08 | 1.3 |
| Humedad | 91.11±0.11 | 91 |
| Proteínas | 1.31±1.06 | 1.5 |
| Lípidos | N.D. | 0.2 |
| Carbohidratos | 4.12 | 4.5 |
| Fibra | 1.93±0.83 | 1.1 |

*Fuente: Rodríguez *et al.*, (1988).

N.D. - No determinado.

N.C. - No calculado.

De acuerdo a los resultados obtenidos para cenizas, humedad, proteínas y carbohidratos no se observa diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los datos teóricos y los resultados experimentales.

Se puede observar una ligera variación en el contenido de fibra, sin embargo el valor teórico se encuentra comprendido dentro del intervalo de confianza calculado. Desafortunadamente la literatura no reporta desviación estándar, ni tamaño de muestra, ni condiciones experimentales que puedan aportar conocimiento de las causas de las diferencias observadas. En la Tabla 7 se muestran los datos experimentales del AQP de la leche en comparación de los datos experimentales.

Con respecto a la leche se puede observar que los datos experimentales son muy parecidos a los teóricos, a excepción del contenido de humedad, el cual tuvo una media con un valor superior, esto puede ser debido a que los datos teóricos son para leche entera (Durham, 2000)

y no para leche deslactosada ya que no existe referencia alguna de AQP para este tipo de leche.

Tabla 7. Comparación de resultados experimentales y teóricos del AQP de la leche, con intervalos del 95% de confianza para la media

| Leche | | |
|-----------------------|---------------------|-----------------|
| Componente (%) | Experimental | Teórico* |
| Cenizas | 0.61±0.17 | 0.75 |
| Humedad | 88.33±0.02 | 87.1 |
| Proteínas | 3.19±0.45 | 3.4 |
| Lípidos | 3.40±0.3 | 3.5 |
| Carbohidratos | 4.61±0.08 | 5.25 |
| Fibra | - | - |

*Fuente: Durham (2000).

Actividad preliminar 3. Condiciones de escaldado

Se obtuvieron los resultados de la Tabla 8, en donde se encuentran las diferencias de la escala G (de RGB) para cada condición de escaldado de cada una de las dos realizaciones del experimento.

Tabla 8. ΔG (de RGB) para las diferentes condiciones de escaldado.

| Temperatura | Sal | ΔG 1 | ΔG 2 | Media |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|
| 80 | Sin sal | 41.97 | 21.1 | 31.535 |
| 80 | Bicarbonato de sodio | 14.23 | 20.53 | 17.38 |
| 80 | Hidróxido de calcio | 5.53 | 6.96 | 6.245 |
| 91.5 | Sin sal | 17.56 | 26.81 | 22.185 |
| 91.5 | Bicarbonato de calcio | 21.76 | 24.1 | 22.93 |
| 91.5 | Hidróxido de calcio | 15.46 | 27.26 | 21.36 |

Como se puede observar en la Figura 12 (gráfico de medias), la media del cambio en intensidad del color verde es significativo ($p < 0.05$) al no utilizar sales o usar bicarbonato y la temperatura baja (80°C durante 2 minutos). Este efecto fue significativo ($p < 0.001$) como

se puede observar en la tabla del análisis de varianza (ANOVA) (Tabla 9). El mismo gráfico de medias (Figura 12) se observa que la degradación de color es mayor al utilizar o no cualquier tipo de sal a 90.5 °C. Por lo tanto el escaldado se llevó a cabo a 80 °C por 2 minutos con hidróxido de calcio.

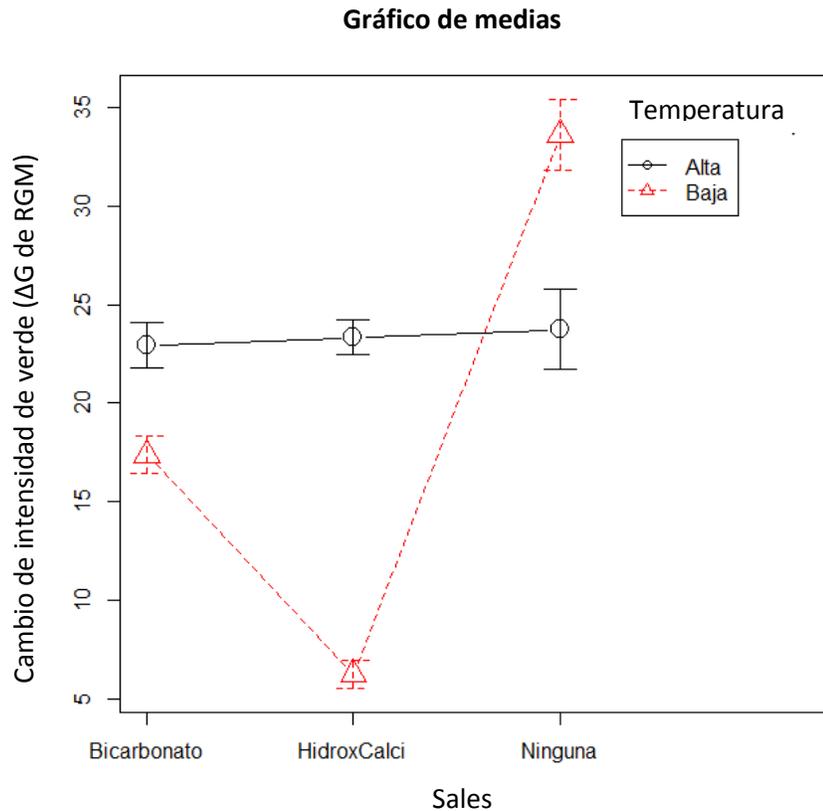


Figura 12. Gráfico de medias de las condiciones probadas en el escaldado de nopal.

Tabla 9. ANOVA para la determinación de las condiciones de escaldado óptimas

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | F calculada | Pr(>F) |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------|------------------|
| Sal | 11590 | 2 | 37.47 | 1.005e-15 *** |
| Temperatura | 1328 | 1 | 8.58 | 0.003569 ** |
| Sal-Temperatura | 14107 | 2 | 45.60 | < 2.2e-16 *** |
| Residuales | 66348 | 429 | | |

El hidróxido de calcio fijó el color verde del nopal, esto puede deberse a que la extracción acuosa de ácidos vegetales impide la hidrólisis de las clorofilas a feofitinas (Barreiro *et al.*, 2006); además de que se generan reacciones de los iones de las sales con las pectinas presentes creando una estructura rígida originada por puentes iónicos entre moléculas (Aguilar *et al.*, 1999).

El bicarbonato también fijó el color verde a 80°C, pero en menor magnitud que el hidróxido de calcio (Figura 12).

También se puede apreciar que al no utilizar sal, la diferencia de intensidad del color verde en el nopal es mayor que en cualquier otra condición. Esto concuerda con el hecho de que entre mayor sea el contacto del nopal con el medio acuoso a una temperatura elevada, más facilidad tiene la clorofila para degradarse, ya sea por el oxígeno presente en el agua o por los ácidos que se liberan del nopal por la alta temperatura.

Objetivo particular 1. Determinación de la factibilidad del helado deslactosado de nopal mediante un estudio de mercado.

Actividad particular 1.1 Desarrollo del estudio de mercado

Para poder conocer la factibilidad de la elaboración de helado deslactosado de nopal así como el mercado meta de dicho producto se realizó un estudio de mercado. Para tener idea del porcentaje de la población que posee deficiencia para la metabolización de la lactosa se preguntó a la gente encuestada si conocían gente con dicho padecimiento, obteniendo que un 78% de la población conocía a alguien con intolerancia a la lactosa. El porcentaje de la muestra con dicho padecimiento fue del 20% aproximadamente. Según la Secretaría de Salud (SSA), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y la Secretaría de Marina-Armada de México (SEMAR) (2014), el Consejo de Salubridad General en la Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intolerancia a la Lactosa se menciona que aproximadamente el 83% de la población mexicana es intolerante a la lactosa en algún grado. Según López *et al.* en un estudio realizado en México en el año de 1996 con personas de todas las edades, describió la prevalencia de la mala digestión de lactosa por regiones, en donde se encontró que la prevalencia fue del 30% en la zona centro, 22% en la zona sureste y 9% en la zona norte.

Se preguntó si el encuestado consumía productos deslactosados, obteniendo que aproximadamente el 34% de la población los consume, lo cual indica al parecer que este tipo

de productos no sólo lo consumen personas con intolerancia a la lactosa. En la Tabla 10 se puede ver que parece ser que cerca del 22% de personas que no poseen intolerancia a la lactosa consumen productos deslactosados.

Tabla 10. ¿Posees esta deficiencia? Vs. ¿Consumes productos deslactosados?

| ¿Consumes productos deslactosados? | | | | | |
|------------------------------------|----|--------------|------|--------------|------|
| ¿Posees esta deficiencia? | | No | | Si | |
| | | No. Personas | % | No. Personas | % |
| | No | 31 | 77.5 | 9 | 22.5 |
| Si | 2 | 20 | 8 | 80 | |
| (%) | 66 | | 34 | | |

Al preguntar si el nopal era del gusto de los encuestados el 94% respondió afirmativamente. Con respecto a los beneficios del nopal el 94% si conoce que el nopal tiene un alto contenido en fibra.

En la Figura 13 se puede observar que tres cuartas partes de la población consumen de 1 a 2 veces por semana, el 17% de 3 a 4 veces y en menor proporción (2%) 5 o más veces por semana.



Figura 13. Estudio de mercado. Frecuencia de consumo de nopal.

Para poder desarrollar un producto que contenga nopal fue necesario saber si la población encuestada consume productos derivados de éste, a lo cual el 92% respondió que no los consume. Generalmente el consumo de nopal es cocido o asado, y contenido en ensaladas y guisos.

Se encontró un 100% de agrado hacia los helados, del cual el 98% de los encuestados lo consumen, el 2% restante afirmó que no lo consumía por su problema de intolerancia a la lactosa.

Ante la posibilidad de probar el helado deslactosado de nopal se obtuvo un 72% que estaría dispuesto a probarlo (Tabla 11).

Tabla 11. Relación del gusto por el helado deslactosado y la edad.

| Pregunta. ¿Te gustaría probar un helado deslactosado de nopal? | | | | |
|---|-------------------|----------|-------------------|----------|
| Edad | No | | Si | |
| | # personas | % | # personas | % |
| A (18-22) | 12 | 38.71 | 19 | 61.29 |
| B (23-27) | 2 | 22.22 | 7 | 77.78 |
| C (28-68) | 0 | 0.00 | 10 | 100.00 |
| (%) | 28 | | 72 | |

Si comparamos la edad con la disposición para probar el helado deslactosado de nopal se observó que el sector que comprende de 28 a 68 años está 100% dispuesto a probarlo, seguido por el 77.78% en una edad de 23 a 27 años y por último un 61.29% en un rango de edades de 18 a 22 años (Tabla 11). Al parecer hay una tendencia de que el gusto por la verdura aumenta con la edad.

Ahora si se compara el sexo con la misma pregunta (¿Te gustaría probar un helado deslactosado de nopal?) se observa que el 84.62% de los hombres están dispuestos a probarlo seguido del 75% de las mujeres dispuestas a degustarlo (Tabla 13).

Tabla 12. ¿Te gustaría probar un helado deslactosado de nopal? Vs. Sexo.

| Pregunta. ¿Te gustaría probar un helado deslactosado de nopal? | | | | |
|--|------------|-------|------------|-------|
| Sexo | No | | Si | |
| | # personas | % | # personas | % |
| Femenino | 8 | 25.00 | 24 | 75.00 |
| Masculino | 2 | 15.38 | 11 | 84.62 |
| (%) | 28 | | 72 | |



Figura 14. Estudio de mercado. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por una presentación de 500 ml?

Se cuestionó sobre el precio al cuál adquirirían una presentación de 500 ml, obteniendo que el 60% pagaría 40 pesos, el 24% 50 pesos y el 6% 60 pesos; el 10% respondió “ninguna de las anteriores” argumentando que era un precio demasiado elevado para una presentación tan pequeña (Figura 14).

Objetivo particular 2. Determinación del efecto de los porcentajes de nopal, goma xantana y goma de algarrobo en la estabilidad del helado.

Actividad 2.1 Pruebas de estabilidad: tamaño de burbuja, overrun y drenado

Tamaño de burbuja

Se encontró que hay una interacción compleja entre los componentes ya que el efecto de la proporción de nopal y leche sobre el tamaño de burbuja depende de las concentraciones de las gomas de algarrobo y xantana, como se puede ver en la tabla de ANOVA (Tabla 13) en donde la interacción de las tres variables fue estadísticamente significativa.

El efecto de interacción significativo de las tres variables: porcentaje de nopal-leche, concentración goma xantana y concentración goma algarrobo, se puede apreciar en la Figura 16.

Tabla 13. Tabla ANOVA para el tamaño de burbuja para las formulaciones realizadas.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | F calculada | Pr(>F) |
|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------|------------------|
| Algarrobo | 0.001 | 1 | 0.0065 | 0.93563 |
| Mezcla | 0.152 | 2 | 0.4908 | 0.61229 |
| Xantana | 3.152 | 1 | 20.3994 | 6.911e-06 *** |
| Algarrobo-Mezcla | 9.326 | 2 | 30.1781 | 1.6443-06 *** |
| Algarrobo-Xantana | 0.037 | 1 | 0.2421 | 0.62278 |
| Mezcla-Xantana | 0.836 | 2 | 2.7058 | 0.06723 |
| Algarrobo-Mezcla-Xantana | 1.275 | 2 | 4.1267 | 0.01637 * |
| Residuales | 183.555 | 1188 | | |

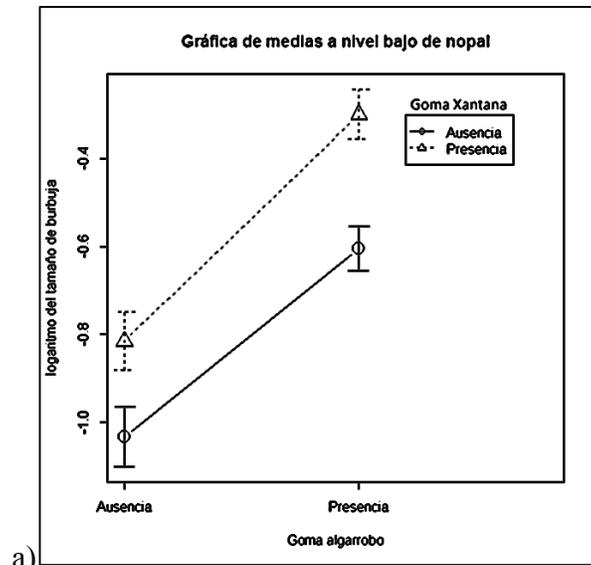
En la Figura 16.a se puede observar que usando nopal al 20%, en presencia tanto de goma de algarrobo como de goma xantana el tamaño de burbuja aumenta, y que el aumento promedio es mayor con la goma de algarrobo, el tamaño de burbuja promedio fue 4 micras mayor con goma xantana que con goma algarrobo ($p < 0.05$), lo cual puede ser atribuido al aumento en la tensión superficial que impide la ruptura de las burbujas en el proceso, el aumento de la tensión superficial puede deberse al efecto que la goma xantana y el algarrobo efectúan en el sistema completo, ya que dichas gomas al estar en interacción una con otra se produce un

efecto de sinergia el cual genera incremento en la viscosidad o formación de geles a concentraciones bajas (Khouryieh *et al.*, 2015), así como la interacción con el mucílago del nopal recordando que éste está compuesto por una mezcla de polisacáridos ácidos y neutrales como lo son la arabinosa, galactosa, ácido galacturónico, ramnosa y xilosa (Sáenz *et al.*, 2004), los cuales tienen un efecto de aumento en la viscosidad. El mucílago de nopal es considerado también como una goma.

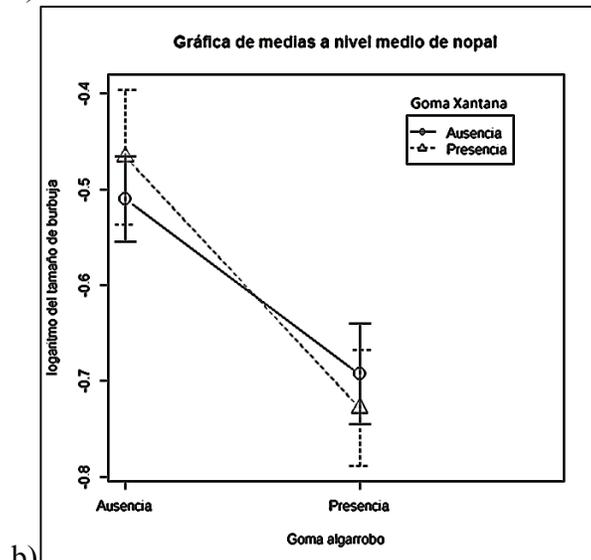
Se puede observar en la Figura 16.b que a un nivel medio de porcentaje de nopal del 25% el efecto de las gomas es muy diferente que cuando se utilizó el 20% de nopal, dos efectos destacan, uno es que el tamaño de burbuja disminuye al agregar goma algarrobo ($p < 0.05$) y el otro es que la goma xantana no tiene efecto ya que independientemente de la presencia de algarrobo, los promedios de tamaño de burbuja son muy similares en presencia y ausencia de goma xantana.

En la Figura 16.c se puede observar que en presencia de gomas el tamaño de burbuja disminuye, caso contrario a la Figura 16.a; dicho fenómeno puede atribuirse a que la concentración del mucílago de nopal aumenta, modificando nuevamente la viscosidad y permitiendo la formación de burbujas más pequeñas.

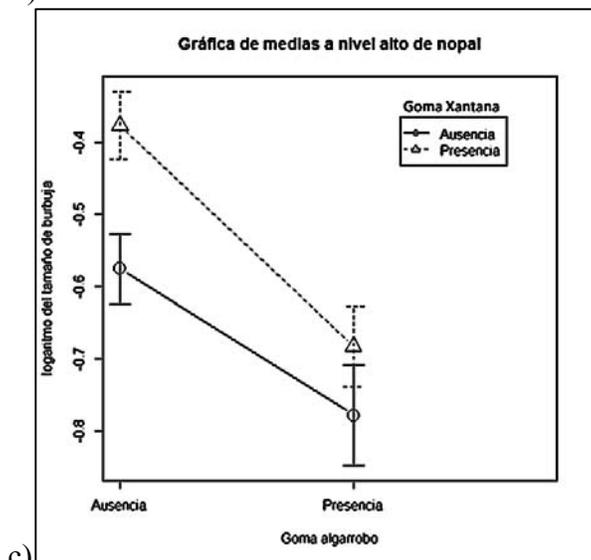
El tamaño de burbuja promedio con 25% de nopal y 0.015% de algarrobo fue de 57.7 micras, dicho tamaño se encuentra dentro del rango de diámetro reportado en literatura que va desde 30 hasta 150 micras (Chang *et al.*, 2002). Esto puede atribuirse a una posible interacción entre esta goma y el mucílago del nopal; la goma xantana está compuesta por 1 unidad de ácido glucurónico y 2 unidades de manosa (Nussinovitch, 1997) mientras que el mucílago está compuesto por arabinosa, galactosa, ácido glucurónico, ramnosa y xilosa (Sáenz *et al.*, 2004). La interacción entre goma de algarrobo y goma xantana si está documentada (Higiro *et al.*, 2007; Renou *et al.*, 2013; Khouryieh *et al.*, 2015). Cuando ambos polisacáridos son mezclados es bien conocido que tiene una fuerte interacción en solución acuosa (Renou *et al.*, 2013).



a)



b)



c)

Figura 15. Comparación de medias en las formulaciones con y sin presencia de gomas.



Como consecuencia se incrementa la viscosidad e incluso puede ocurrir formación de gel (Dea *et al.*, 1977; Mannion *et al.*, 1992; Morris & Foster, 1994; Tako & Nakamura, 1985). A pesar de que existe un efecto sinérgico entre ambas gomas, el mecanismo que gobierna la gelación está aún en debate y varios modelos han sido sugeridos (Renou *et al.*, 2013). El primer modelo está basado en interacciones cooperativas entre segmentos ordenados de goma xantana y zonas no sustituidas de la estructura de mananos en la goma de algarrobo (Dea *et al.*, 1977). Por otro lado, Tako y colaboradores (Tako, 1993; Tako & Nakamura, 1984, 1989) propusieron un modo de interacción “llave-cerradura” donde las cadenas laterales de la goma xantana son insertadas en los segmentos adyacentes no substituidos de la estructura de la goma de algarrobo. El tercer modelo propuesto al principio por Cairns *et al* (1986, 1987), asumen que las interacciones ocurren entre los segmentos desordenados de la goma xantana y la goma de algarrobo. Ellos sugieren que la desnaturalización de la estructura helicoidal de la goma xantana es necesaria para que ocurra la asociación intermolecular y después la gelación.

La goma de algarrobo está constituida por galactomananos (Maier *et al.*, 1993; Kok, 2007), la unidad monomérica de los galactomamanos está compuesta por dos unidades, galactosa y manosa (Barak *et al.*, 2014), la galactosa también se encuentra presente en el mucílago, esta similitud en composición pudiera explicar la interacción entre goma xantana y mucílago de nopal.

En la Tabla 14 se puede observar el tamaño de burbuja promedio de cada una de las formulaciones. Al no adicionar gomas y con un porcentaje bajo de nopal al (Formulación 1: 20% nopal, 0% goma xantana y 0% goma de algarrobo) el tamaño de burbuja fue más pequeño, sin embargo las burbujas fueron muy inestables, pues se observó en el microscopio que se rompían con facilidad. Con respecto a las otras dos formulaciones sin gomas (Formulación 3: 25% nopal, 0% goma xantana y 0% goma de algarrobo; Formulación 2: 30% nopal, 0% goma xantana y 0% goma de algarrobo) no presentaron el mismo comportamiento, ya que su tamaño de burbuja no es parecido al de la Formulación 1 (66.0 y 63.6 micras respectivamente).

Tabla 14. Tamaño de burbuja promedio de las diferentes formulaciones.

| Formulación | Nopal | Xantana | Algarrobo | Tamaño de burbuja promedio (micras) |
|-------------|-------|---------|-----------|-------------------------------------|
| 1 | 20 | No | No | 45.1 |
| 2 | 30 | No | No | 63.6 |
| 3 | 25 | No | No | 66.0 |
| 4 | 20 | No | Si | 61.7 |
| 5 | 30 | No | Si | 58.3 |
| 6 | 25 | No | Si | 57.5 |
| 7 | 20 | Si | No | 57.7 |
| 8 | 30 | Si | No | 76.5 |
| 9 | 25 | Si | No | 77.6 |
| 10 | 20 | Si | Si | 87.5 |
| 11 | 30 | Si | Si | 59.3 |
| 12 | 25 | Si | Si | 58.1 |
| 13 | 25 | Si | Si | 62.2 |
| 14 | 25 | Si | Si | 51.3 |

El tamaño promedio independientemente de la formulación, quedó comprendida en el rango reportado por Chang *et al* (2002) de 30 a 150 micras.

Overrun

No se encontró efecto significativo de las variables estudiadas, proporción nopal-leche, goma xantana y goma de algarrobo sobre el overrun. Los resultados se muestran en la Tabla 15 y el ANOVA en la Tabla 16. De acuerdo al overrun promedio y su intervalo de confianza (Tabla 15) tenemos que el intervalo de overrun comprende de 60.92% al 82.63% lo cual lo ubicaría en la categoría de helado Premium con un overrun que comprende del 60% al 90%, sin embargo no cumple con el contenido graso (12-15%) ni con el porcentaje de sólidos totales (38-40%) de esta categoría (Goff, 2009).

Tabla 15. Overrun de cada una de las formulaciones.

| Formulación | Mezcla | Xantana | Algarrobo | V inicial | V final | Overrun |
|-------------------------|--------|---------|-----------|-----------|---------|-------------|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 400 | 700 | 75.00 |
| 2 | 3 | 0 | 0 | 450 | 750 | 66.67 |
| 3 | 2 | 0 | 0 | 450 | 700 | 55.56 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 450 | 650 | 44.44 |
| 5 | 3 | 0 | 1 | 450 | 950 | 111.11 |
| 6 | 2 | 0 | 1 | 450 | 850 | 88.89 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 450 | 885 | 96.67 |
| 8 | 3 | 1 | 0 | 450 | 875 | 94.44 |
| 9 | 2 | 1 | 0 | 450 | 650 | 44.44 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 450 | 685 | 52.22 |
| 11 | 3 | 1 | 1 | 450 | 750 | 66.67 |
| 12 | 2 | 1 | 1 | 450 | 725 | 61.11 |
| 13 | 2 | 1 | 1 | 450 | 750 | 66.67 |
| 14 | 2 | 1 | 1 | 450 | 800 | 77.78 |
| Overrun promedio | | | | | | 71.55±10.63 |

Tabla 16. ANOVA del overrun.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | F calculada | Pr(>F) |
|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------|---------|
| Algarrobo | 9.37 | 1 | 0.1312 | 0.75185 |
| Mezcla | 833.85 | 2 | 5.8375 | 0.14625 |
| Xantana | 64.52 | 1 | 0.9034 | 0.44220 |
| Algarrobo-Mezcla | 2618.83 | 2 | 18.3336 | 0.05172 |
| Algarrobo-Xantana | 739.33 | 1 | 10.3516 | 0.08453 |
| Mezcla-Xantana | 482.10 | 2 | 3.3750 | 0.22857 |
| Algarrobo-Mezcla-Xantana | 638.90 | 2 | 4.4727 | 0.18272 |
| Residuales | 142.84 | 2 | | |

Tiempo de drenado

En la Tabla 17 se muestran los tiempos de drenado que se obtuvieron para las diferentes formulaciones de helado deslactosado de nopal. Al igual que en el overrun, al efectuarse el ANOVA para el tiempo de drenado no se encontró efecto significativo (Tabla 18).

Tabla 17. Tiempos de drenado para cada una de las formulaciones.

| Formulación | Mezcla | Xantana | Algarrobo | Tiempo (min) |
|-----------------|--------|---------|-----------|--------------|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 80 |
| 2 | 3 | 0 | 0 | 90 |
| 3 | 2 | 0 | 0 | 60 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 90 |
| 5 | 3 | 0 | 1 | 100 |
| 6 | 2 | 0 | 1 | 90 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 70 |
| 8 | 3 | 1 | 0 | 70 |
| 9 | 2 | 1 | 0 | 50 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 60 |
| 11 | 3 | 1 | 1 | 60 |
| 12 | 2 | 1 | 1 | 100 |
| 13 | 2 | 1 | 1 | 110 |
| 14 | 2 | 1 | 1 | 70 |
| Promedio | | | | 78.59 ±20.75 |
| D. S. | | | | 18.34 |
| C. V. | | | | 23.34 |

Tabla 18. ANOVA del tiempo de drenado.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | F calculada | Pr(>F) |
|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------|--------|
| Algarrobo | 694.23 | 1 | 1.6021 | 0.3331 |
| Mezcla | 63.89 | 2 | 0.0737 | 0.9313 |
| Xantana | 848.08 | 1 | 1.9571 | 0.2967 |
| Algarrobo-Mezcla | 1144.05 | 2 | 1.3201 | 0.4310 |
| Algarrobo-Xantana | 45.00 | 1 | 0.1038 | 0.7778 |
| Mezcla-Xantana | 479.76 | 2 | 0.5536 | 0.6437 |
| Algarrobo-Mezcla-Xantana | 208.33 | 2 | 0.2404 | 0.8062 |
| Residuales | 866.67 | 2 | | |

La variación obtenida en el tiempo de drenado es muy alta, ya que el coeficiente de variación fue de 20.75 (Tabla 17), lo que sugiere que el método de medición empleado es muy poco preciso o faltó control en la experimentación.

Debido a que el análisis de varianza no muestra diferencias estadísticamente significativas no se puede afirmar que la variación de los tiempos de drenado se deba a las diferencias en las formulaciones.

Objetivo particular 3. Evaluación sensorial de los prototipos seleccionados por medio de una prueba de ordenamiento.

Actividad 3.1 Evaluación sensorial

Selección de prototipos para evaluación sensorial

Para la elección de los prototipos que serían evaluados sensorialmente, se tomó como principal criterio el tamaño de burbuja, ya que con él se pudieron obtener efectos significativos de las variables estudiadas: porcentaje de nopal, porcentaje de gomas.

De acuerdo a lo anterior, se seleccionaron las formulaciones mostradas en la Tabla 19.

Tabla 19. Formulaciones más estables por tamaño de burbuja.

| Formulación | Nopal (%) | Xantana (%) | Algarrobo (%) | Tamaño de burbuja |
|--------------------|------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| 5 | 30 | 0 | 0.015 | 58.3 |
| 6 | 25 | 0 | 0.015 | 57.5 |
| 7 | 20 | 0.015 | 0 | 57.7 |
| 8 | 30 | 0.015 | 0 | 76.5 |

El overrun y el tamaño de burbuja son importantes al evaluar un helado, ya que le confieren características que el consumidor suele buscar en un helado como lo es la suavidad. Para el productor tener un overrun mayor significa ganancias mayores. Mientras mayor sea el overrun la calidad del helado disminuye, es por ello que existe una clasificación de helados con base a varios parámetros, uno de ellos es el overrun, el cuál no debe de sobrepasar el 120% para la calidad más baja que es la económica (Goff, 2009).

Una vez elegidos los prototipos, la evaluación sensorial se realizó a una muestra de 30 personas, estudiantes y profesores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, con un rango de edad de entre 18 a 59 años.

De acuerdo a los datos obtenidos de la evaluación sensorial, no existen diferencias significativas entre las medianas de los atributos de dulzor, color y cremosidad, se puede observar que en el sabor a nopal si se presenta diferencia significativa entre medianas (Tabla 20).

Tabla 20. Tabla de medianas y de resultados de análisis estadístico de la evaluación sensorial.

| Atributo | Formulación | | | | Valor P |
|----------------------|-------------|---|---|---|---------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Dulzor | 3 | 2 | 2 | 3 | 0.1348 |
| Sabor a nopal | 2 | 3 | 3 | 3 | 0.0052 |
| Color | 3 | 2 | 2 | 3 | 0.6240 |
| Cremosidad | 1 | 3 | 2 | 2 | 0.1348 |

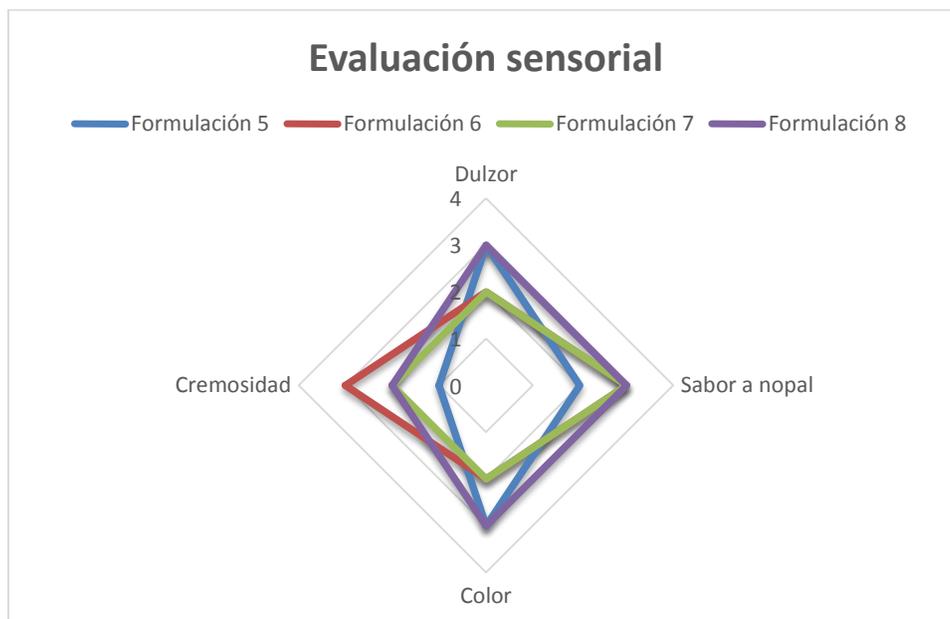


Figura 16. Gráfico radial de la evaluación sensorial del helado deslactosado de nopal.

En los atributos de dulzor, cremosidad y color no se observaron diferencias significativas (Figura 17). Con base al sabor a nopal, se ve claramente que la formulación 5 (Tabla 20) es la que más agradó (mediana de 2), por lo tanto fue la elegida para continuar con la experimentación.

Objetivo particular 4. Caracterización química y fisicoquímica.

Actividad 4.1 Caracterización química del prototipo seleccionado

En la Tabla 21 se muestran los valores obtenidos de los componentes químicos analizados.

Actualmente no existe un producto similar al desarrollado, por lo cual se tomaron como referencia 4 diferentes AQP de helados reportados en la literatura (Bejarano *et al.*, 2002; Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Organización Panamericana de la Salud, 2012; Jack, 2011; Rady *et al.*, 2011).

En cuanto al contenido de cenizas se puede apreciar que a pesar de que dos de sus análogos poseen un contenido importante de éstas (0.90%) el contenido obtenido para el helado desarrollado es casi del doble (1.65%), lo cual puede deberse a la diferencia de materias primas, fresa o frutas y nopal, siendo ésta última rica en minerales tales como Ca, Na y Fe (Stintzing *et al.*, 2005).

Tabla 21. Composición química experimental del helado desarrollado.

| Componente | Promedio | D.S. | C.V. (%) |
|----------------------|----------|------|----------|
| Cenizas | 1.65 | 0.03 | 2.03 |
| Humedad | 59.76 | 0.01 | 0.02 |
| Proteínas | 4.53 | 0.11 | 2.43 |
| Lípidos | 8.19 | 0.10 | 1.21 |
| Carbohidratos | 17.75 | 0.49 | 2.75 |
| Fibra | 7.95 | 0.38 | 1.97 |

La humedad para el prototipo seleccionado fue de 59.76%, valor muy parecido al de la formulación general de los helado (61%) (Bejarano *et al.*, 2002) y del helado de fresa (60.61) (Rady *et al.*, 2011).

En cuanto al contenido proteico se puede observar que el helado deslactosado de nopal contiene un porcentaje un poco mayor con 4.53% y las 4 referencias utilizadas contienen desde el 3% hasta casi el 4%.

Tanto para la humedad como para el contenido proteico, las diferencias que se observan en los resultados pueden deberse a las formulaciones de cada uno de los helados tomados como referencia: porcentaje de fruta y adición de leche para aumentar los sólidos no grasos (Goff, 2009).

Tabla 22. Comparación entre composiciones de helados

| Componente | Helado deslactosado de nopal ¹ | Intervalo de confianza | | Helado de crema con fruta ² | Helado bloque nata/fresa 1L-Camy ³ | Helado de fresa ⁴ | Helado ⁵ |
|----------------------|---|------------------------|-------|--|---|------------------------------|---------------------|
| Cenizas | 1.65 | 1.56 | 1.86 | 0.9 | 0.45 | - | 0.9 |
| Humedad | 59.76 | 59.74 | 59.77 | 63.2 | 66.8 | 60.61 | 61 |
| Proteínas | 4.53 | 4.4 | 4.65 | 3.9 | 3.3 | 3.03 | 3.5 |
| Lípidos | 8.19 | 8.05 | 8.32 | 11 | 5.3 | 9.1 | 11 |
| Carbohidratos | 17.75 | 17.2 | 17.89 | 23.9 | 23.8 | 27.27 | 23.6 |
| Fibra | 7.95 | 7.42 | 8.48 | - | - | 1.51 | - |

1. Composición química obtenida del Análisis Químico Proximal para el helado deslactosado de nopal.

2. Bejarano *et al.* (2002).

3. Jack (Ed) (2011)

4. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Organización Panamericana de la Salud (2012).

5. Rady *et al.* (2011)

Con respecto al porcentaje de lípidos se obtuvo 8.19% y el de las referencias va desde 5 hasta 11%, situándose dentro de este intervalo. Al contener alrededor del 8% de lípidos indica que está por debajo del límite mínimo permitido (10%) para clasificarlo como económico de acuerdo a Goff (2009), sin embargo de acuerdo con la clasificación de la Reglamentación técnico sanitaria aplicable a la elaboración, distribución y comercio de helados y mezclas envasadas (Madrid *et al.*, 2003), el helado de crema contiene como mínimo el 8% de materia grasa y 2.5% de proteínas de origen lácteo. También cumple con la disposición con la cual se puede nombrar al helado desarrollado en este proyecto como “de nopal” ya que el porcentaje mínimo de fruta es del 15% para poder adquirir la denominación de la fruta adicionada, en este caso, de nopal.

En cuanto a la cantidad de carbohidratos cuantificados como ARD y ART se puede observar que el porcentaje obtenido fue de 17.75%, éste sólo comprende a monosacáridos y

disacáridos. El valor obtenido de la experimentación se encuentra por debajo del porcentaje de las referencias.

De acuerdo con el contenido de fibra es importante destacar un 7.95% en el helado deslactosado de nopal, mayor al reportado en sólo una (helado de fresa) de las 4 referencias representa sólo el 1.51% lo cual indica que el nopal aportó una cantidad importante de fibra al helado desarrollado. Los cladodios son fuente importante de fibra, Ca y mucílago tres componentes que son necesarios para integrar una dieta saludable (Sáenz, 2004; Sáenz *et al.*, 2004), el hecho de que el helado tenga un porcentaje importante de fibra indica que puede ser considerado como fuente de fibra en comparación a helados análogos.

Actividad 4.2 Caracterización fisicoquímica del prototipo seleccionado **Determinación de acidez y pH**

El helado contiene un porcentaje de acidez del 0.52% (D.E. de 0.08%) y un pH de 6.08 (D.E. de 0.01%) (Tabla 23).

Tabla 23. Acidez (g/L) y pH experimentales para el helado deslactosado de nopal.

| Muestra | Acidez (g/L) | pH |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| Promedio | 0.52 | 6.08 |
| D.E. | 0.01 | 0.01 |
| C.V. (%) | 1.56 | 0.19 |

El resultado obtenido para la acidez titulable fue de 0.52 g/L; según Robles *et al* (2007) la acidez del nopal es de 0.64±0.0015% y la de la leche es de 0.14-0.18% (Revilla, 1982), lo cual parece concordar con el dato obtenido (Tabla 23) ya que cada uno de éstos dos componentes aportó cierta cantidad de ácidos (ácido málico y ácido láctico respectivamente).

Como se puede observar, el pH del helado deslactosado de nopal es de 6.08; el pH de la leche reportado en literatura es de 6.8 (Durham, 2000) y el del nopal es de 4.64±0.10 (Pérez *et al.*, 2015). Al encontrarse muy próximo a la neutralidad es muy probable que los microorganismos se desarrollen, lo que puede controlarse con un buen manejo de puntos críticos (principalmente el batido/congelación) y así evitar la contaminación cruzada que pueda existir en la elaboración del helado.

Objetivo particular 5. Análisis microbiológico del prototipo seleccionado.

Actividad 5.1 Análisis microbiológico del prototipo seleccionado

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010 para coliformes totales se permiten ≤ 50 UFC por g o ml de muestra, en este caso se obtuvieron 50 UFC por ml, por lo cual entra dentro de normatividad; para los mesófilos aerobios, el límite máximo permisible es de 200,000 UFC por g o ml de muestra, para el helado deslactosado de nopal se obtuvieron 1,250 UFC por ml; para mohos y levaduras se tiene un límite máximo permisible de 50 UFC por gramo o ml de muestra, de las cuales se detectaron 20 UFC en el helado deslactosado de nopal.

Como se puede observar el contenido microbiano se encuentra dentro de normatividad, por lo cual podemos asegurar que el helado deslactosado de nopal es adecuado para su consumo.

Objetivo particular 6. Selección de envase, diseño de etiqueta y establecimiento del precio al público del helado deslactosado de nopal.

Actividad 6.1 Propuesta de envase

El envase seleccionado para el helado de nopal se muestra en la Figura 25, y tiene las siguientes características:

- Diseño circular
- Material del contenedor: polipropileno
- Material de la tapa: polietileno de alta densidad
- Capacidad nominal de 500 mL
- Diámetro superior de 11.5 cm
- Altura de 7.5cm
- Superficie lisa
- Color blanco opaco



Figura 17. Imagen del envase utilizado en el envasado del helado deslactosado de nopal.

La selección de este envase se debe a que es de un material resistente al impacto y a las bajas temperaturas, beneficiando el transporte, evitando pérdidas del producto por daños físicos del envase y derramamiento del mismo. Además es opaco, lo cual evita la degradación de la clorofila debido a la luz, manteniendo el color característico del helado por más tiempo.

La tapa es hermética y de color blanco opaco, además de que permite la apertura y cierre del envase sin deformación alguna, garantizando que el producto se encuentra completamente sellado y sin contacto con el exterior, dando lugar a un almacenamiento por mayor tiempo a las condiciones establecidas.

Actividad 6.2 Diseño de la etiqueta

En la Figura 26 se muestra la propuesta de la etiqueta desarrollada para la presentación comercial del producto.

Se trata de una etiqueta lateral impresa directamente en el envase.

En la Tabla 24 se muestran las características de la etiqueta desarrollada.

Tabla 24. Características de la etiqueta.

| Características | Especificaciones |
|--|--|
| Tamaño | 55 x 340 mm |
| Tipo | Impresa en el envase |
| Elementos legales (Modificación de la NOM-051-SCFI/SSA1 2010) | <p>Denominación del producto: Helado de nopal. Marca: Helipal™ Lote</p> <p>Se marcará una clave indeleble y permanente frente al rótulo “Lote” que permita la rastreabilidad del producto</p> <p>Consumo preferente Se marcará una fecha correspondiente al día, mes y año de consumo preferente después del rótulo “Consumo preferente”</p> <p>Lista de ingredientes Encabezado por el término ingredientes Numerados en orden cuantitativo decreciente (m/m) Utilización de la denominación específica</p> <p>Contenido neto (NOM.030-SCFI-2006) Nombre y domicilio: Calle, número, código postal y entidad federativa País de origen Condiciones de conservación: “Manténgase en congelación” Información nutrimental: Contenido energético y cantidad de proteínas, carbohidratos, grasa y fibra por porción (100 ml) Etiquetado frontal nutrimental:</p> |
| Elementos gráficos | Logotipo |
| Otros elementos | <p>Código de barras en código EAN-13 Símbolos “deposite el envase vacío en la basura” y “hecho en México” Indicativos: “producto 100% mexicano” Sabor del producto: nopal</p> |

Lote: ----- Consumo preferente: dd/mm/aaaa

| Información Nutricional | |
|----------------------------------|-------------------------|
| Tamaño de la porción: 100 ml | |
| Porciones por envase: 5 | |
| Contenido energético por porción | 681.73 kJ (162.83 kcal) |
| Proteínas | 4.53g |
| Grasas | 8.19g |
| Carbohidratos | 25.7g |
| Azúcares | 17.75g |
| Fibra cruda | 7.95g |
| Minerales | 1.65g |

Producto 100% mexicano



Helipal™
Helado deslactosado de nopal

Ingredientes: Leche deslactosada, pulpa de nopal (25%), crema para batir, azúcar, leche deslactosada en polvo y goma de algarrobo como estabilizante.

“Manténgase en congelación”

HECHO EN MÉXICO

Elaborado por Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Av. 1° de Mayo s/n, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C. P. 54740

Una porción de 100 ml aporta:

| | | | | |
|---------------------|------------------------|----------|------------------|---------------------------|
| Grasa saturada 8.2g | Azúcares totales 17.8g | Sodio 0g | Energía 163 kcal | Energía por onza 615 kcal |
| 42% | 18% | 0% | 8% | 40% |

Contenido neto 500 ml

% de los nutrimentos diarios recomendados basados en una dieta de 2 000 kcal





Figura 18. Diseño de la etiqueta del helado de nopal.



Actividad 6.3 Balance de costos

Se realizó el balance de costos para conocer el costo directo del producto.

Para obtener el costo directo del helado deslactosado de nopal se consideraron sólo las materias primas ya que no se contó con los instrumentos necesarios para cuantificar el gasto de los insumos como lo son gas y luz.

En la Tabla 25 se muestra el costo de la materia prima para elaborar 850 ml de helado deslactosado de nopal así como el costo unitario teniendo en cuenta la presentación de venta al público.

Tabla 25. Balance de costos para la elaboración del helado deslactosado de nopal.

| <i>Cantidad</i> | | Concepto | Costo (\$) | Cantidad empleada | | Total (\$) |
|--------------------------------------|------|------------------------------------|-------------------|--------------------------|-----|-------------------|
| 1 | L | Leche deslactosada Alpura | 16.00 | 0.145 | L | 2.32 |
| 450 | g | Leche deslactosada en polvo Alpura | 55.00 | 60 | g | 7.33 |
| 497 | ml | Crema para batir Lyncott | 53.50 | 90 | ml | 9.69 |
| 2 | kg | Azúcar estándar | 30.00 | 0.075 | kg | 1.13 |
| 1 | kg | Goma de algarrobo | 1,000.00 | 0.000075 | kg | 0.08 |
| <i>Base para helado deslactosado</i> | | | | 325 | ml | 20.54 |
| 2 | kg | Nopal | 15.00 | 0.125 | kg | 0.94 |
| 20 | pzas | Envase | 30.00 | 1 | pza | 1.50 |
| <i>Total</i> | | | | 850 | ml | 22.98 |
| <i>Total unitario</i> | | | | 500 | ml | 13.52 |

Como se muestra en la Tabla 26, el costo unitario de una presentación de 500 ml de helado sería de 13.52 pesos sin considerar los insumos como lo son luz, gas y agua. Para poder ser comercializado es necesario considerar el costo de los insumos para obtener el costo real.

Considerando el precio comercial de productos similares (especialidades) el cual oscila entre los 35.00 y 40.00 existe un margen de hasta 26.48, en los cuales pueden incorporarse los costos indirectos y de comercialización.

Objetivo particular 7. Evaluación de la vida útil del helado deslactosado.

Actividad 7.1 Estimación de la vida útil sensorial

Antes de evaluar sensorialmente los prototipos sometidos a la prueba de estabilidad en condiciones no aceleradas para la determinación de la vida útil fueron analizados microbiológicamente para asegurar que fueran aptos para consumo humano. Todas las muestras con diferentes tiempos de almacenamiento analizadas (0, 30, 60 y 90 días) tuvieron un conteo de colonias menor a los límites máximos establecidos.

En el conteo de coliformes totales fue de 0 UFC/ml de helado para la 1ª y 2ª diluciones.

Para el conteo de mesófilos aerobios se obtuvo una media de 2425 UFC/ml de helado en el tiempo total de almacenamiento (90 días).

No se encontró una relación entre la carga microbiana y el tiempo de almacenamiento, independientemente del tipo de microorganismo.

De acuerdo al análisis realizado para mohos se obtuvo un crecimiento microbiano promedio contemplando todas las fechas de almacenamiento de 16.25 UFC/ml de muestra. Para levaduras el crecimiento microbiano promedio fue de 12.5 UFC/ml de muestra. Cada muestra tuvo un crecimiento microbiano por debajo de los límites máximos permisibles según la NOM-243-SSA1-2010. En total se cuantificó que entre mohos y levaduras el helado presenta un crecimiento microbiano promedio de 28.75 UFC/ml de muestra.

Con los datos obtenidos en el análisis microbiológico se consideró al helado deslactosado de nopal almacenado por 90 días como apto para consumo humano.

La vida útil sensorial se estimó en 80.95 días, tiempo en el que el 50% de los jueces rechazó el producto. Esta determinación se obtuvo con el modelo log normal para la función de supervivencia.

Como se muestra en la Tabla 26 se obtuvieron diferentes tiempos de vida útil de acuerdo al atributo evaluado. La vida útil para la aceptación general fue de 94.37 días. Para el olor la vida útil estimada fue de 111.59 días, lo cual indica que el olor se conserva por más tiempo

que la aceptación general. Sin embargo para el sabor, la vida útil estimada fue de 80.95 días, un valor que está por debajo del obtenido para la aceptación general. El color y la textura tuvieron una vida útil mayor a 90 días y no se estimó.

Tabla 26. Vida útil estimada.

| <i>Atributo</i> | Vida útil estimada | Intervalo de confianza | | Error estándar | Modelo |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------|---------------|
| <i>Aceptación general</i> | 94.37 | 81.34 | 109.49 | 7.15 | Lognormal |
| <i>Olor</i> | 111.59 | 93.61 | 129.58 | 9.18 | Logistic |
| <i>Sabor</i> | 80.95 | 70.37 | 93.13 | 5.79 | Weibull |

CONCLUSIONES

Con respecto al estudio de mercado se concluyó que es factible realizar el desarrollo del helado deslactosado de nopal ya que al 100% de la población encuestada le gusta el helado y el 72% estaría dispuesto a probarlo.

No se pudo tener evidencia suficiente del efecto sensorial (en la evaluación sensorial) que le imparte la variación del porcentaje de nopal y de gomas adicionadas, por lo que se procedió a elegir el prototipo que sólo contenía goma de algarrobo (0.015%) y el 25% de nopal (formulación 5), la cual tiene un tamaño de burbuja promedio de 58.3 micras y un overrun del 111%.

La composición química del helado deslactosado de nopal obtenida del AQP es muy parecida a la de los helados comerciales. Cabe destacar que el contenido de fibra que aporta el helado desarrollado es de aproximadamente 7%, aporte mayor con respecto al aporte promedio de los helados comerciales de fruta (1%).

El helado fue considerado apto para consumo humano al ser analizado microbiológicamente.

El envase propuesto preservó íntegramente al helado en el tiempo de almacenamiento dado (90 días).

El diseño de la etiqueta se realizó con base a la normatividad mexicana vigente además de contar con un diseño original y representativo del producto a comercializar.

El costo unitario de una presentación de helado de 500 mL es de 13.52 (no incluye insumos).

La vida útil estimada fue de 80.95 días.

RECOMENDACIONES

Reformular el helado considerando un emulsificante (mono y diglicéridos) que abata el punto de fusión del helado.

Seguir experimentando con el mucílago de nopal para conocer su interacción ante diferentes polisacáridos.

Realizar otras metodologías para el tratamiento de la muestra en el análisis de tamaño de burbuja bajo microscopio.

REFERENCIAS

- A.O.A.C. (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists A.O.A.C., food composition, additives; natural contaminants*. Volumen II, 17a Ed., publicado por Association of Official Analytical Chemist, Inc. Arlington. USA, pp. 1298.
- Aburto, P. (2010). *Alimentos no convencionales a base de jitomate: helado de jitomate*. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Química de Alimentos, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Aldrete Velasco, J. (2010). *Segmentos y nichos de mercado*. Alianza Médica. Obtenido de: http://mixacademico.alianzamedicamexicana.com/medicoTransforma/adminAM/Downloadable/95/Segmentos_y_Nichos_de_Mercado_Dr._Jorge_Aldrete.pdf
- Anzaldúa, A. (2005). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Arbuckle, W. (1911). *Ice cream*. Editorial Springer. Westport, Connecticut.
- Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales, A.C., ANTAD. (2013). *Helados, mercado con alto potencial de crecimiento*. México.
- Barak, S., Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: Processing, properties and food applications-A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 66 (2014) 74-80.
- Barreiro M. José A. y Sandoval B. Aleida J. (2006) *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Equinoccio, Universidad Simón Bolívar. 4: 109-110.
- Bejarano, E., Bravo, M., Huamán, M., Huapaya, C., Roca, A., Rojas, E. (2002). *Tabla de Composición de Alimentos Industrializados*. Ministerio de Salud; Instituto Nacional de Salud; Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima, Perú.
- Bravo, H. (1978). *Las cactáceas de México*. Tomo 1. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Cairns, P., Miles, M. J., Morris, V. J. (1986). Interaction binding of xanthan gum and carob gum. *Nature*, 322, 89-90.
- Cairns, P., Miles, M. J., Morris, V. J., Brownsey, G. J. (1987). X-ray fibre-diffraction studies of synergistic, binary polysaccharide gels. *Carbohydrate Research*, 160, 411-423.
- Casado, B. y Sellers, R. (2006) *Dirección de Marketing*. Editorial Club Universitario. España.
- Castro Corrales, Carmen. (1997). *Mercadotecnia*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de contaduría y administración. México.
- Casp, A. y Abril, J. (1999). *Procesos de conservación de los alimentos*. Editorial Mundi prensa. Madrid, España.
- Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos - CITA. (2005). *Curso teórico práctico: vida útil de los alimentos aplicados a la industria*. San José, Costa Rica.
- Cervera, A. (2003). *Envase y embalaje: la venta silenciosa* (Segunda ed.). Madrid: ESIC Editorial. pp 293.
- Chang, Y., Hartel, R. W. (2002). *Measurement of air cell distribution in dairy foams*. *International Dairy Journal*, 12, 463-472.
- Dea, I. C. M., Morris, E. R., Reed, D. A., Welsh, E. J., Barnes, H. A., Price, J. (1977). Associations of like and unlike polysaccharides: mechanism and specificity in galactomannans, interacting bacterial polysaccharides, and related systems. *Carbohydrate Research*, 57, 249-272.
- Dvoskin, R. (2004). *Fundamentos de marketing: teoría y experiencia*. 1ª. ed. Buenos Aires: Granica.
- Diario Oficial de la Comunidad Europea. (2006). Reglamento (CE) N. 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de Diciembre del 2006 relativo a las declaraciones nutricionales de propiedades saludables en los alimentos.
- Durham, J. R. (2000). *Development of a process for the purification of lactose from whey*. PhD Thesis, USW Hawkesbury, Richmond, NSW Australia.
- Espino-Díaz, M., Olivas-Orozco, G. I., González-Aguilar G. A., Gayosso. (2009) *Recubrimientos comestibles utilizados para preservar la calidad sensorial y nutricional de vegetales frescos cortados*. Aspectos Nutricionales y Sensoriales de Vegetales Frescos Cortados. Trillas. México, D. F.



- Fennema, O. R. (2000). *Química de los alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp 1280.
- Fischer, L. (1993). *Mercadotecnia*. Editorial McGraw Hill. México.
- Flores, C., de Luna, J., Ramírez, P. (1995). *Mercado mundial del nopalito*. ASERCA: México. pp 115.
- Flores, H. A., Murillo, M., Borrego, F. y Rodríguez, J. L. (1995). *Variación de la composición química de estratos de la planta de 20 variedades de nopal*. P. 110-115. *In: Memorias. VI Congreso Nacional y IV Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del nopal*. Guadalajara, México.
- Ford, A. y Dahl, W. J. (2012). *Functional foods*. Department of Food Science and Human Nutrition, University of Florida. 12-17.
- Frisco-Findus, A.G., (1983). *Procedimiento para escaldar verduras*. Patente de invención. España.
- García, M., Quintero, R. y López-Munguía, A. (2004). *Biotechnología alimentaria*. Editorial LIMUSA. pp. 636.
- Gimmferrer Morató, Natalia. (2012). *Escaldado de alimentos para mayor inocuidad*. Eroski Consumer, Revista en línea. España. Obtenido de: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/05/25/185488.php>
- Grijspardt-Vink, C. (1996). Ingredients for healthy foods featured at European expo. *Food Technology*. 2:30,
- Goff, H. Douglas (2009). *Ice cream*. <https://www.uoguelph.ca/foodscience/ice-cream> consultada el 29 de mayo de 2014.
- Gubern, M. (2009). *Políticas de producto*. Kindle edition. Catalunya, España.
- Higiro, J., Herald, T. J., Alavi, S., Bean, S. (2007). Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution: Effect of salt. *Food Research International* 40 (2007) 435-447.
- Hollingsworth, P. (1996). Food trends: Diversity and choice dominate. *Food Technology*. 5:40.
- Horwitz, W. (Ed). (2000) *Official methods of analysis of AOAC International*. Association of Official Analytical Chemists: Maryland.



- Hough, G. y Fiszman, S. (Eds.) (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos*. Martín Impresiones, S. L. Valencia, España.
- Ibarra Valdés, David. (2004). *¿Cómo le hago para vender más?: Mercadotecnia en 6 pasos*. Limusa noriega editores. México.
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Serviprensa, S.A.
- Jack, A. (Ed.) (2011). *Nutrient Guide. Food Composition Tables for More Than 400 Natural And conventional Foods*. Planetary Health/Amber Waves.
- Khouryieh, H., Puli, G., Williams, K., Aramouni, F. (2015). Effects of xanthan-locust vean gum mixtures on the physicochemical properties and oxidative stability od whey protein stabilised oil-in-water emulsions. *Food Chemistry* 167 (2015) 340-348.
- Kloter, P. y Armstrong, P. (2008). *Fundamentos de marketing*. Pearson Educación. México.
- Kok, S. M. (2007). *A comparative stury on the composition of crude and refined locust vean gum*. *Carbohydrates Polymers* (70), 68-76.
- Labuza, T y Schmidt, M. (1985). *Accelerated shelf- life dating of foods*. *Food Technology*. 39(9): 57-134.
- Lawless, T. H. y Heymann, H. (2010) *Sensory Evaluation of Food*. 2ª edición. Springer, U. S. A.
- Lerma, A. (2010). *Desarrollo de nuevos productos: una visión integral*. México.
- Less, R. (1982). *Análisis de los alimentos, métodos analíticos y de control de calidad*. 2ª edición. Editorial Acribia. España.
- López, P., Rosado, J. L., González, C., Valencia, M. E. (1996). *Poor digestión of lactose. Its defínition, prevalence in Mexico, and its implications in mil consumption*. *Investigación clínica*, 48, 15-22.
- Madrid, V. y Cenzano, I. (2003). *Helados: elaboración, análisis y control de calidad*. AMV Ediciones : Mundi-Prensa. Madrid, España.



- Maier, H., Anderson, M., Karl, C., Magnuson, K., Whistler, R. L. (1993). *Industrial Gums-Polysaccharides and Their Derivates*. Academic Press, New York, pp. 205-125.
- Mannion, R. O., Melia, C. D., Launay, B., Cuvelier, G., Hill, S. E., Harding, S. E., et al. (1992). *Xanthan/locust bean gum interactions at room temperature*. Carbohydrate Polymers, 19(2), 91-97.
- Marcelín, M. y Vélez, J. F. (2012) Proceso de elaboración y propiedades fisicoquímicas de las leches condensada azucarada y evaporada. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 6-1: 13-28.
- Mercado, S. (1998) *Mercadotecnia programada: principios y aplicaciones para orientar la empresa hacia el mercado*. 2ª edición. Limusa. México.
- Millione, M. V., Olagnero, G. F. y Santana, E. C. (2011) *Alimentos funcionales: análisis de la recomendación en la práctica diaria*. *Dieta*. 29(134), 7-15. Buenos Aires.
- MODIFICACIÓN de la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010. *Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria, publicada el 5 de abril de 2010. Se adicionan los incisos 3.2; 3.5; 3.17; 3.18; 3.21; 3.40; 4.2.9 con sus subincisos y se ajusta la numeración subsecuente; 4.5 con sus subincisos y el Apéndice Normativo A. Se modifica el capítulo 2 Referencias, así como el literal b) del inciso 3.11; 3.15; 4.2.8.1. Se ajusta numeración del capítulo 3 Definiciones, símbolos y abreviaturas.*
- Morris, E. R., Foster, T. J. (1994). *Role of conformation in synergistic interactions of xanthan*. Carbohydrate Polymers, 23(2), 133-135.
- Murphy, J. (1992) *What is Branding? (Branding a Key Marketing Tool)*. Macmillan, Basingstoke, pp. 1-12.
- Narres, L. y Shailaja, U. (2006). *Mezcla de estabilizantes y su importancia en la industria del helado*. New Zealand Food Magazine. Nueva Zelanda.
- NMX-F-066-S-1978. *Determinación de cenizas en alimentos. Foodstuff determination of ashes*. Normas mexicanas. Dirección general de Normas.

- NMX-F-083-1986. *Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. Foods. Moisture in food products determination.* Normas mexicanas. Dirección general de Normas.
- NMX-F-312-1978. *Determinación de azúcares reductores directos y totales en alimentos. Method of test for total and direct reducing substances in food.* Normas mexicanas. Dirección general de Normas.
- NMX-F-387-1982. *Alimentos. Leche fluida determinación de grasa butírica por el método de gerber. Foods. Fluid milk determination of butterfat by the gerber method.* Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NMX-F-511-1988. *Alimentos. Determinación de acidez en leche reconstituida. Foods. Acidity determination in reconstituted milk.* Normas mexicanas. Dirección general de Normas.
- NMX-FF-068-1988. *Productos alimenticios hortaliza fresca. Nopal verdura con espinas (Opuntia spp) especificaciones. Food products fresh vegetable. Prickly pear (Opuntia spp). Specifications. Normas mexicanas. Dirección general de normas.*
- Norma del codex para el nopal (CODEX STAN 185-1993).
- NORMA Oficial Mexicana NOM-036-SSA1-1993, *Bienes y servicios. Helados de crema, de leche o grasa vegetal, sorbetes y bases o mezclas para helados. Especificaciones sanitarias.*
- NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, *Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.*
- NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, *bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.*
- NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, *bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.*
- NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, *bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.*
- NORMA Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994, *Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.*



- NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, *Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.*
- NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, *Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.*
- Novillo, A., Peralta, D., Dima, G., Besasso, H., y Soifer, L. (2010) *Frecuencia de sobrecrecimiento bacteriano en pacientes con intolerancia a la lactosa.* Acta Gastroenterol Latinoam. Vol 40. 221-224. CEMIC: Argentina.
- Nussinovitch, A. (1997). *Hydrocolloid: Gum technology in the food and other industries.* London: Blackie Academic & Professional, pp. 156-158.
- Patel, P. Stripp, A. y Fry, J. (1988). Whipping test for the determination of foaming capacity of proteins. A collaborative study. *International Journal of Food, Science and Technology.* 23, 57-63.
- Pérez, L., tejera, F., Darias, J., Rodríguez, E., Díaz, C. (2015). Physicochemical characterization of cactus pads from *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica*. *Food Chemistry* 188 (2015) 393-398.
- Pimienta, E. (1990). *El nopal tunero.* Departamento de Investigación Científica y Superación Académica de la Universidad de Guadalajara, UG. Guadalajara Jalisco, México, pp. 246.
- Potter, N. y Hotchkiss, J. (1995). *Ciencia de los alimentos.* Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 274.
- R Core Team, (2013). *R: A language and Environment for Statistical Computing.* Vienna, Austria.
- Rábade, L. y Alfaro, J. (2008) *Desarrollo de nuevos productos: caso Grupo Industrias Alimentarias de Navarra.* Vol. 8. No. 1, pp. 89-102. Navarra, España.
- Rady, S., Pinna, K., Whitney, E. (2011). *Undersanding Normal and Clinical Nutrition.* Ed. Books Cole Pub Co. Belmont, USA.
- Real Decreto 618/1998. Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de helados y mezclas envasadas para congelar. Madrid, España.

- Renou, F., Petibon, O., Malhiac, C., Grisel, M. (2013). *Effect of xanthan structure on its interaction with locust bean gum: Toward prediction of rheological properties*. Food Hydrocolloids 32 (2013) 331-340.
- Revilla, A. (1982). *Tecnología de la leche. Procesamiento, manufactura y análisis*. Libros y materiales educativos. Costa Rica. pp 399.
- Rivera Camino, J. y de Garcillán López-Rua, M. (2007). *Dirección de Marketing: Fundamentos y aplicaciones*. ESIC Editorial. Madrid.
- Robles, L., Goycoolea, F., Silveira, M., Montoya, L. (2007). *Uso del quitosano durante el escaldado del nopal (Opuntia ficus indica) y efecto sobre su calidad*. Revista Mexicana de Ingeniería Química, Vol 6, No. 2, 193-201.
- Rodríguez, D. y Pérez, L. F. (2006) Intolerancia a la lactosa. *Revista española de enfermedades digestivas*. 98(2): 143-143. España.
- Rodríguez, V. (2004). *Estimación de la vida útil de la harina de pejibaye, obtenida por deshidratación*. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Rodríguez-Felix, A y Cantwell, M. (1988). Development changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods Human Nutrition*. 38: 83-93
- Rondon, E., Pacheco, E. y Ortega, F. (2004). *Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q10*. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 4(21): 63-68.
- Sáenz, C. (2004). Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. p.211-222. In: Esparza, G., Valdez, R y Méndez, S. eds. *El Nopal, Tópicos de Actualidad*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Carvalho, M. (2004). *Opuntia* spp. Mucilage's: functional component with perspectives. *Journal of Arid Environment*. 57(3), 275-290.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Matsuhira, B. (2004). *Opuntia* spp. Mucilages's: A functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environment*, 57, 275-290.
- Sáenz, C. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*. FAO. Roma. 162: 87-88.



- Sancho, J. y Bota, e. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Ediciones Universitat de Barcelona. Barcelona, España.
- Schiffman, Leon G., Lazar Kanuk, Leslie. (2005). *Comportamiento del consumidor*. Pearson, Prentice Hall.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). (2000). *Programa de capacitación y modernización del comercio detallista Investigación de mercados*. SECOFI. México.
- Secretaría de Economía (SE). (2012). *Análisis del Sector Lácteo en México*. Dirección General de Industrias Básicas.
- Sharma, B. R., Narres, L., Dhuldhoya, N. C., S.U. Comerciante y U.C. Comerciante Lucid Colloids Limited. (2006). La goma xantana en la industria alimentaria. *Food Promotion Chronicle*, 1(5): 27-30. India.
- SIAP, SAGARPA E INEGI. (2011). *Monografía del nopal y la tuna*. Financiera rural.
- Siddiq, M., Harte, J. B., Singh, S. P., Khan, A. A., Dolan, K. D. y Saha, K. (2011) Effect of processing, packaging and vibration treatment on the sensory quality of fresh-cut Apple slices. *Packaging Technology and Science*. 24.5 (2011): 309-315.
- Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida (SIAPRO). (2014) *Catálogo variedades nopal verdura*. México.
- Sloan, E. (1994). Ten trends to watch and work on. *Food Technology*. 7: 89-100.
- SSA, SEDENA, SEMAR. (2014). Guía Práctica Clínica. *Diagnóstico y tratamiento de la intolerancia a la lactosa en niños*. Guía de referencia rápida. Catálogo Maestro de Guías de Práctica Clínica: IMSS-733-14.
- Stintzing, F. C. y Carle, R. (2005). Coctus items (*Opuntia* spp.): A review in their chemistry, technology and uses. *Molecular Nutrition Food Research*. 49:175-194.
- Tako, M. (1993). Binding sites for mannose-specific interactions between xanthan and galactomannan, and glucomannan. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 1, 125-131.
- Tako, M. y Nakamura, S. (1984). Rheological properties of deacetylated xanthan gum in aqueous media. *Agricultural and Biological Chemistry*, 47, 2987-2993.
- Tako, M. y Nakamura, S. (1985), Synergistic interaction between xanthan and guar gum. *Carbohydrate Research*, 138(2), 207-213.



- Tako, M. y Nakamura, S. (1989). Evidence for untermolecular association in xanthan molecules in aqueous media. *Agricultural and Biological Chemistry*, 53(7), 1941-1946.
- Tegegne, F. (2002). Fodder potencial of *Opuntia ficus-indica*. *Acta Horticulturae*. 581: 343-345.
- Thompson, Ivan. (2006). *Tipos de mercado*. Promonegocios.net. Obtenido de: <http://www.promonegocios.net/mercado/tipos-de-mercado.html>
- Torricela, R. C., Zamora, E. y Pulido, H. (2007) *Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la Industria Alimentaria*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. 2ª edición. Universitaria, La Habana Cuba.
- Triola, M. (2004). *Probabilidad y estadística*. 9ª edición. Pearson Education. México.
- Valencia-Sandoval, Karina, Brambila-Paz, José de J., y Mora-Flores, José S. (2010). Evaluación del nopal verdura como alimento funcional mediante opciones reales. *Agrociencia*, 44(8), 955-963. México.
- Vidales, M. (1997). *El mundo del envase. Manual para el diseño y producción de envases y embalajes*. México: Gustavo Gili de México, S.A.
- Zikmud, W. (2003). *Fundamentos de Investigación de Mercados*. Ed. Thompson Editores Spain. España.

