



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

**DESARROLLO DE UN HELADO PARA DIABÉTICOS SABOR VAINILLA
BAJO EN CALORÍAS Y GRASA, EMPLEANDO INULINA Y
SUCRALOSA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTAN

JESSICA MANRIQUEZ MAYA

VANESSA SALINAS BIVIANO

ASESORA: DRA. CAROLINA MORENO RAMOS

COASESORA: DRA. SARA ESTHER VALDÉS MARTINEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



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**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

**ATN: I.A LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa 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 para diabéticos sabor vainilla bajo en calorías y grasa, empleando inulina y sucralosa.

Que presenta la pasante: **Jessica Manriquez Maya**
Con número de cuenta: **409083217** 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 15 de Marzo de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

| | NOMBRE | FIRMA |
|----------------------|---|-------|
| PRESIDENTE | Dr. José Francisco Montiel Sosa | |
| VOCAL | Dra. Carolina Moreno Ramos | |
| SECRETARIO | M. en C. María Guadalupe Amaya León | |
| 1er. SUPLENTE | I.A. Ana María Sabina de la Cruz Javier | |
| 2do. SUPLENTE | I.A. Zaira Berenice Guadarrama Álvarez | |

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

LMCF/cga*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



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

ATN: I.A LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa 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 para diabéticos sabor vainilla bajo en calorías y grasa, empleando inulina y sucralosa.

Que presenta la pasante: **Vanessa Salinas Biviano**

Con número de cuenta: **409066164** 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 15 de Marzo de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

| | NOMBRE | FIRMA |
|----------------------|---|-------|
| PRESIDENTE | Dr. José Francisco Montiel Sosa | |
| VOCAL | Dra. Carolina Moreno Ramos | |
| SECRETARIO | M. en C. María Guadalupe Amaya León | |
| 1er. SUPLENTE | I.A. Ana María Sabina de la Cruz Javier | |
| 2do. SUPLENTE | I.A. Zaira Berenice Guadarrama Álvarez | |

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

LMCF/cga*

Un día a la vez, un paso por movimiento, firme con tus metas, pero aferrada a tus grandes sueños...

Agradecimientos de Jess

A Dios

Por darme la vida, mi familia y amigos que han contribuido a formar parte de mi historia, la fortaleza, esperanza y fe que me has dado en los momentos más difíciles de mi vida, así como las alegrías, vivencias y momentos inolvidables hasta el día de hoy y permitirme estar en el momento exacto y perfecto en cada situación, pero sobre todo poder culminar profesionalmente esta primera etapa de mi vida que será también el comienzo de muchas.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Por darme ese aprendizaje, experiencias, vivencias, amigos, maestros que marcaron mi vida y que gracias a ti crecí en el aspecto personal y profesional para ser mejor persona cada día y querer ir por más sabiendo que siempre estarás dispuesta y con las puertas abiertas en cualquier momento como la segunda casa que por varios años lo fue.

A mi madre

Por ser mi héroe y mi ejemplo de fortaleza, alegría y nobleza, por siempre ir de la mano en cada etapa de mi vida, por ser mi amiga, mi confidente, mi motor, la razón y mi motivación para seguir adelante, gracias por acompañarme y apoyarme en toda mi trayectoria académica por nunca soltarme y preocupándote por mi bienestar físico y emocional, creer y confiar ciegamente en mí aunque a veces yo misma no crea que pueda hacerlo y darme esa seguridad de que siempre lograre lo que me proponga por muy difícil que sea y porque gracias a ti soy la mujer que soy y lo que he logrado es por ti, cada triunfo es tuyo también... TE AMO MAMÁ.

A mi padre

Por darme esa fortaleza, coraje y ganas de salir adelante en cada momento de mi vida, gracias por apoyarme en lo personal y profesional, por ti soy lo que soy y tengo el carácter de enfrentar cada situación que se presente en el camino,

por estar en las buenas y en las malas, aunque sea a la distancia eres un motor más en mi vida para salir adelante y recompensarte en lo necesario como muestra de agradecimiento por mi trayectoria académica, cada triunfo es tuyo también... TE AMO PAPÁ

A mi hermano Armando

Por ser ese ser humano que me enseña a ser atrevido y arriesgado, que me da el ejemplo de hacer lo que se proponga pese al riesgo que puedas enfrentarte hacerlo y sin importar la crítica que puedas tener bajo cualquier circunstancia, por ser diferente y único y estar en los momentos difíciles de mi vida, por ser mi hermano, amigo y compañero de historia y vida...TE AMO.

A mi hermano Gustavo

Por estar en las buenas y en las malas con esa actitud positiva y alegre, por hacerme ver que puedo lograr lo que me proponga y ser ese pequeño ser humano que me impulsa a ser mejor hermana y esforzarme por ser mejor y luchar por escalar más para ser ese ejemplo que tomes y te motive a salir adelante...TE AMO

A mi familia

Por esas palabras, consejos, confianza y motivación para lograr culminar esta meta y estar segura que lo mejor está por venir... a mis Abuelos, tíos, primos, padrinos que forman una parte de mi vida muy importante y saberme guiar cuando me enfrente a situaciones desconocidas y difíciles en lo personal y profesional, este logro también es para ustedes y gracias por ser esa familia que pese a todos los diferentes puntos de vista tratan de mantenerse unidos y contando uno con el otro, por ser única y muy diferente en su forma de ser que sin duda los caracteriza, a pesar de todo no los cambiaría por nada.

A ti... por tu apoyo total que contribuyó a que siguiera escalando en mi carrera profesional y que ayudo a no detenerme en mis estudios por la carencia material, por haber sido mi compañero en los momentos más difíciles y complicados, así

como en los más alegres e inolvidables en esos años de mi vida, por formar parte de mi historia dejándome como enseñanza tu nobleza, tenacidad, humildad, sencillez y esfuerzo, desde lo más profundo y de corazón gracias.

Vane

Gracias por ser esa hermana que no tuve, por tu alegría, apoyo incondicional y amistad, como una vez te lo dije juntas comenzamos esta meta y juntas la culminamos, eres mi confidente y una mujer que admiro y valoro y que al día de hoy Dios haya puesto en mi camino, gracias por tu apoyo en lo profesional como en lo personal desde el primer día que te conocí hasta el día de hoy, por querer vivir esta experiencia de titularnos pese a todos los obstáculos que hemos atravesado, espero sea el principio de muchos logros juntas y seguir alimentando nuestra amistad a pesar de la distancia por el rumbo que ahora tomaras, gracias por esos momentos y anécdotas vivimos que estoy segura nunca olvidaremos, deseándote todo el éxito del mundo que sé que lo tienes seguro, te quiero amiga.

Athzíri

Por ser esa mujer apasionada, comprometida y entregada, que inspira seguridad, confianza y alegría, eres una amiga muy importante en mi vida y me siento afortunada de tener tu amistad, gracias por tu apoyo, tus palabras, tiempo, risas, pero sobre todo tus momentos de ñoñez, te quiero mucho amiga y sé que nos esperan muchos momentos por vivir juntas, gracias por ser esa mujer de buena actitud que es lo que te caracteriza y que me enseñó a saber que es la clave de lograr lo que te propongas.

Nata

Gracias Nata por tus momentos de locura, alegrías, cuidado y protección, eres un gran ser humano que enseña y demuestra la humildad en el corazón y forma de ser, gracias por darme ese aprendizaje y aplicarlo en mi vida día a día, nos esperan momentos maravillosos amigo, gracias por no soltarme, te quiero.

Mary

Por tus risas, confianza y amistad, por enseñarme a no temer a los cambios en cualquier área de la vida, por estar dispuesta a lo que se enfrente día a día por enseñarme esa tenacidad que te caracteriza, tus consejos, tiempo y sencillez, espero lograr metas juntas y por ser esa amiga que me impulsa a seguir adelante, te quiero.

Erick

Amigo te agradezco por enseñarme y demostrarme ese ser que he aprendido de ti y que por ser ese ejemplo me ha mantenido firme y a pie... Tu valentía, esfuerzo y esperanza, te admiro por ser ese hombre que vence cualquier obstáculo para lograr estar bien y luchar por salir adelante. Por enseñarme que pese a las circunstancias no todo está perdido y que así sean mil batallas por vencer podemos ganar la guerra, sé que lo mejor está por venir y que Dios no se equivoca de haberme cruzado contigo para tener esa amistad llena de aprendizajes, logros y momentos inolvidables, te quiero guerrero.

Profesor Mauricio Vicuña

Por su apoyo y disposición de estar cuando lo requerimos, por ser mi profesor que desde inicio de la carrera estuvo al pendiente sin obtener nada a cambio, por esa amistad generada desde comienzo de esta trayectoria académica y ser ese ser humano entregado a su pasión y ser ese regalo para la universidad que día a día deja huella generación tras generación.

Doctora Carolina Moreno

Por ser mi maestra, asesora, amiga y confidente, por su apoyo incondicional y ser esa mujer comprometida, entregada y tenaz, que no es conformista y que día a día hace esa labor que nos forma y nos ayuda al día de mañana ser profesionistas y seres humanos de calidad y siempre retroalimentando cada paso hacia adelante, por enfrentarse a los cambio y no soltarnos de la mano en

ningún momento, gracias por ser esa mujer dadora de corazón llena de esperanza y nobleza para su familia, alumnos y amigos.

Doctora Andrea Trejo

Por abrirnos las puertas de su taller en el momento que más lo necesitábamos sin tener esa obligación de querer hacerlo y sin embargo una parte de este logro fue gracias a su contribución, por adoptarnos y hacernos parte de su equipo y lograr una amistad sincera y alegre, por esos momentos inolvidables ese pequeño tiempo y por ser esa mujer entregada, comprometida y noble, por apoyar a quienes vamos comenzando este camino logrando los triunfos de la mano.

Laura Cortázar

Por siempre estar dispuesta a ayudar a los que la rodean, por guiarnos y apoyarnos en culminar esta etapa lo más rápido posible, gracias por tener esa actitud y pasión de enseñar lo mejor de usted, así como dejar huella en cada uno de las personas que la rodean, de ser un gran ser humano tanto personal como profesional, mil gracias.

Laura Patricia Martínez Padilla

Por el apoyo y orientación del taller de Reología y Textura y contribuir a una pequeña parte de este proyecto el cual requirió de uso de equipos y apoyo profesional.

“El hombre es lo que su pensamiento le permite ser”

José Carlos del Salto

Agradecimientos de Vanessa

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de pertenecer a la Máxima Casa de Estudios la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la fortaleza, perseverancia y disciplina para concluir mi carrera.

Agradezco a la UNAM FESC-1 por brindarme las herramientas necesarias para mi desarrollo laboral, así como a cada uno de los profesores cuyas valiosas enseñanzas dejaron huella en mi crecimiento profesional.

Agradezco a mi Madre María Esther Biviano López, mamá gracias por respaldarme en cada uno de los pasos que doy, por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida, por tu apoyo incondicional para mi desarrollo profesional, por creer en mí en cada momento, por tus exigencias que ahora entiendo son para mi crecimiento y las valoro día a día. Mamá eres mi ejemplo de vida, me siento dichosa y plena de que Dios te haya concedido a mí como mi Mamá. No tengo como agradecer todo lo que día a día haces por mí, eres el pilar de mi carrera y sin duda alguna de mi vida, gracias por exigirme titularme, como tú dices, siempre vas a estar tú al lado de nosotros tus hijos y no me cabe la menor duda, porque nos los has demostrado, te amo Mamá.

A mi padre Luciano Salinas Rojas, por ser respaldo durante mi vida universitaria, agradezco que creíste en mí para lograr la culminación de mis estudios y ahora crecimiento laboral. Gracias por todo el amor que me brindas día a día. Te amo.

Agradezco a la Dra. Carolina Moreno Ramos por compartir sus valiosos conocimientos para el desarrollo de mi tesis, así como financiamiento de ésta; gracias Dra. Caro por no quitar el dedo del renglón con mi proyecto, por cada una de sus enseñanzas que sin duda alguna repercutieron de manera positiva en mi vida laboral y personal; le agradezco todo el apoyo que me brindó en cada etapa de mi vida universitaria. Es usted un ejemplo de crecimiento, responsabilidad, disciplina y nobleza. Sé que tengo en usted a mi guía profesional. y una valiosa amiga. La quiero mucho Dra. Caro.

Al Maestro Mauricio Vicuña quien fue mi primer instructor de laboratorio brindándome las bases del desarrollo experimental e investigación.

A la maestra Laura Cortázar Figueroa por su apoyo durante toda la carrera, por sus conocimientos impartidos, por su dedicación hacia la docencia, la cual realiza de manera extraordinaria, maestra agradezco sus valiosos consejos y de manera muy especial el apoyo brindado en esta última etapa, mi titulación, ya que usted fue pieza clave y pilar de todo el proceso a realizar para culminar este ciclo, maestra no tengo palabras para agradecerle todo el apoyo brindado hacia mí.

Agradezco a la Dra. Andrea Trejo Márquez por su valioso apoyo para la culminación del desarrollo experimental de mi tesis, y a la Dra. Laura Patricia Martínez Padilla por su apoyo y asesoría en el área de reología, así como el préstamo de sus equipos durante la experimentación.

Jess gracias por haber sido mi compañera de tesis, gracias por todo tu apoyo durante la carrera, por tu esfuerzo y perseverancia puestos en nuestro proyecto, gracias por estar ahí en los momentos más difíciles, por todos tus cuidados, eres una mujer fuerte, trabajadora e inteligente, sé que una vez culminada ésta etapa, nos esperan grandes oportunidades de crecimiento, que nuestra amistad perdure amiga y sigamos compartiendo momentos de felicidad, te quiero Jess.

Gracias Toño por tu valiosa compañía, por los gratos momentos de alegría, me siento contenta de tenerte a mi lado, gracias por tu apoyo incondicional en esta etapa que culmino, no tengo como agradecerte todo lo que haces por mí, eres ejemplo de crecimiento y superación profesional, te admiro y quiero mucho Toño, eres un gran hombre.

A mis amigos por su valiosa compañía que formaron mi familia académica, gracias Jessy y Mony, son mis hermanas por elección, gracias amigo Erik por todos los buenos momentos de alegría que compartimos, los quiero.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|--------|
| RESUMEN | - 1 - |
| 1.INTRODUCCIÓN | - 2 - |
| 2. ANTECEDENTES | - 4 - |
| 2.1 Generalidades del helado..... | - 4 - |
| 2.1.1 Definición..... | - 4 - |
| 2.1.2 Origen | - 4 - |
| 2.1.3 Importancia económica | - 5 - |
| 2.1.3.1 Mercado Internacional..... | - 5 - |
| 2.1.3.2 Mercado Nacional | - 9 - |
| 2.1.3.3 Normatividad | - 9 - |
| 2.1.4 Beneficios del consumo de helado | - 11 - |
| 2.1.5 Composición química, valor nutritivo y valor calórico | - 12 - |
| 2.1.6 Clasificación del helado y productos afines..... | 19 |
| 2.2 Componentes del helado y su importancia | 23 |
| 2.2.1 Leche y derivados lácteos | 23 |
| 2.2.2 Grasa (Grasas comestibles) | 25 |
| 2.2.3 Azúcares | 26 |
| 2.2.4 Agua..... | 27 |
| 2.2.5. Otros productos..... | 27 |
| 2.3 Fenómenos físicos y fisicoquímicos en el helado | 27 |
| 2.3.1 Estructura física | 28 |
| 2.3.2 Fenómenos fisicoquímicos..... | 28 |
| 2.3.2.1 Fase dispersante | 29 |
| 2.3.2.2 Aire | 30 |
| 2.3.2.3 Hielo | 31 |
| 2.4 Defectos en el helado | 34 |
| 2.4.1 Defectos de sabor | 34 |

| | |
|--|----|
| 2.4.2 Defectos en el cuerpo y textura del helado | 36 |
| 2.4.3 Defectos en las características de calidad de fusión | 38 |
| 2.4.4 Defectos de color | 40 |
| 2.4.5 Pérdida de volumen | 40 |
| 2.5 Microbiología del helado | 41 |
| 2.6 Aditivos y disposiciones legales | 44 |
| 2.6.1 Estabilizantes | 45 |
| 2.6.1.1 Razones de utilización del estabilizante | 47 |
| 2.6.2 Emulsificantes | 48 |
| 2.6.2.1 Razones de utilización de emulsificantes | 50 |
| 2.6.3. Hidrocoloides | 52 |
| 2.6.3.1 Razones de su utilización | 57 |
| 2.6.4 Colorantes | 58 |
| 2.6.4.1 Razones de utilización de colorantes..... | 59 |
| 2.6.5 Saborizantes | 59 |
| 2.6.5.1 Razones de utilización de saborizantes. | 61 |
| 2.6.6 Aromatizantes | 62 |
| 2.6.6.1 Razones de utilización de aromatizantes | 64 |
| 2.7 Sustitutos de azúcar bajos en calorías | 65 |
| 2.7.1 Características de un buen edulcorante | 65 |
| 2.7.2 Tipos y propiedades..... | 66 |
| 2.8 Sustitutos de grasa | 69 |
| 2.8.1 Tipos y propiedades..... | 70 |
| 2.9 Inulina | 72 |
| 2.9.1 Propiedades benéficas de la inulina | 73 |
| 2.9.1.1 Fibra dietética | 74 |
| 2.9.1.2 Aplicación a otros alimentos | 75 |
| 2.10 Diabetes | 77 |
| 2.10.1 Tipos de diabetes | 78 |

| | |
|---|-----|
| 2.10.2 Tratamiento nutricional | 81 |
| 2.10.3 Edulcorantes para diabéticos | 82 |
| 2.10.4 Importancia del consumo de fibra en diabéticos | 83 |
| 2.10.5 Alimentos funcionales para diabéticos..... | 83 |
| 2.11 Prebióticos | 85 |
| 3. OBJETIVOS | 86 |
| 4.MATERIALES Y MÉTODOS | 87 |
| 4.1 Revisión de normas aplicables al helado..... | 89 |
| 4.2 Selección de helados comerciales en el mercado | 90 |
| 4.3 Selección de ingredientes para las formulaciones de los helados..... | 91 |
| 4.4 Elaboración de prototipos de formulaciones propuestas de los helados | 93 |
| 4.5 Análisis microbiológico de suero de leche en polvo como materia prima | 95 |
| 4.5.1 Conteo de <i>Coliformes Totales</i> | 95 |
| 4.5.1.1 Conteo de <i>Coliformes Fecales (Escherichia coli)</i> | 99 |
| 4.5.2 Determinación de <i>Salmonella</i> | 100 |
| 4.6 Elaboración de los helados basados en las formulaciones propuestas | 103 |
| 4.6.1 Diagrama de proceso para la elaboración de los helados..... | 104 |
| 4.7 Evaluación sensorial de las diferentes formulaciones de los helados para la selección de la formulación de mayor agrado | 110 |
| 4.8 Análisis para helados comerciales y el experimental seleccionado..... | 111 |
| 4.8.1 Propiedades físicas | 112 |
| 4.8.1.1 Determinación de Densidad | 112 |
| 4.8.1.2 Determinación de Viscosidad | 113 |
| 4.8.2 Propiedades fisicoquímicas..... | 114 |
| 4.8.2.1 Determinación de acidez | 114 |
| 4.8.2.2 Determinación de pH | 116 |
| 4.8.3 Análisis Químico Proximal a helados comerciales y el experimental seleccionado | 116 |

| | |
|---|-----|
| 4.8.3.1 Humedad..... | 117 |
| 4.8.3.2 Grasa | 118 |
| 4.8.3.3 Proteína | 120 |
| 4.8.3.4 Carbohidratos | 123 |
| 4.8.3.5 Cenizas | 125 |
| 4.8.3.6 Fibra dietética | 126 |
| 4.8.3.7 Valor calórico | 129 |
| 4.8.4 Parámetros de calidad | 130 |
| 4.8.4.1 Índice de aireación (Overrun)..... | 130 |
| 4.8.4.2 Determinación de Masa derretida del helado (MDR) | 131 |
| 4.9 Análisis microbiológico al helado seleccionado (experimental) | 132 |
| 4.9.1 Determinación de <i>Mohos</i> y <i>Levaduras</i> | 132 |
| 4.9.2 Determinación de <i>Mesofílicos aerobios</i> | 134 |
| 4.10 Determinación de parámetros sensoriales | 136 |
| 4.11 Análisis estadístico | 136 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 137 |
| 5.1 Análisis microbiológico de suero de leche en polvo como materia | 137 |
| 5.2 Evaluación sensorial de las diferentes formulaciones de los helados para evaluar la preferencia de los edulcorantes | 137 |
| 5.3 Análisis para helados comerciales y el helado experimental..... | 142 |
| seleccionado..... | 142 |
| 5.3.1 Propiedades físicas | 142 |
| 5.3.1.1 Determinación de Densidad | 142 |
| 5.3.1.2 Determinación de Viscosidad | 143 |
| 5.3.2 Propiedades fisicoquímicas..... | 148 |
| 5.3.2.1 Determinación de acidez | 148 |
| 5.3.2.2 Determinación de pH | 149 |
| 5.3.3 Análisis Químico Proximal a helados comerciales y el helado experimental seleccionado | 150 |
| 5.3.3.1 Determinación de humedad | 150 |

| | |
|--|-----|
| 5.3.3.2 Determinación de grasa | 151 |
| 5.3.3.3 Determinación de proteína | 152 |
| 5.3.3.4 Determinación carbohidratos | 153 |
| 5.3.3.5 Determinación de cenizas | 154 |
| 5.3.3.6 Determinación de fibra dietética | 155 |
| 5.3.3.7 Valor calórico helado EXP..... | 156 |
| 5.3.4 Parámetros de calidad | 156 |
| 5.3.4.1 Índice de aireación (Overrun)..... | 156 |
| 5.3.4.2 Masa de derretimiento del helado (MDR) | 158 |
| 5.4 Análisis microbiológico del helado experimental seleccionado | 159 |
| 5.5 Determinación de parámetros sensoriales del helado experimental seleccionado..... | 160 |
| 6. CONCLUSIONES | 162 |
| 7. RECOMENDACIONES | 164 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | 165 |
| 9. ANEXOS | 172 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Tabla 1 | Línea de negocio de la industria de alimentos procesados en 2011 | 6 |
| Tabla 2 | Composición general la mezcla para elaboración de helados | 13 |
| tabla 3 | Contenido de nutrientes, ácidos frutales y valor calórico del helado | 15 |
| Tabla 4 | Composición de un helado | 18 |
| Tabla 5 | Composición leche en polvo desnatada | 18 |
| Tabla 6 | Clasificación del helado y productos afines | 20 |
| Tabla 7 | Porcentaje de componentes estructurales para helados | 29 |
| Tabla 8 | Especificaciones microbiológicas para helados | 44 |
| Tabla 9 | Características principales de gomas más usadas en alimentos | 53 |
| Tabla 10 | Utilización de aromas en la fabricación de alimentos | 63 |
| Tabla 11 | Propiedades funcionales de la inulina en alimentos | 75 |
| Tabla 12 | Campo de aplicación para el marco regulatorio de helados | 89 |
| Tabla 13 | Características de los helados comerciales encontrados | 90 |
| Tabla 14 | Ingredientes seleccionados para elaboración helados | 91 |
| Tabla 15 | Formulación 1 Acesulfame K | 93 |
| Tabla 16 | Formulación 2 Aspartame | 94 |
| Tabla 17 | Formulación 3 Sucralosa | 94 |
| Tabla 18 | Formulación 4 Acesulfame K-Aspartame | 94 |
| Tabla 19 | Formulación 5 Acesulfame k-Sucralosa | 94 |
| Tabla 20 | Formulación 6 Aspartame-Sucralosa | 95 |
| Tabla 21 | Cantidades de ingredientes en la formulación de los helados | 103 |
| Tabla 22 | Métodos para evaluación sensorial | 110 |
| Tabla 23 | Códigos de edulcorantes para evaluación sensorial | 111 |
| Tabla 24 | Composición del helado EXP | 129 |
| Tabla 25 | Porcentaje del rendimiento al batido y calificación de calidad | 131 |
| Tabla 26 | “Masa derretida del helado” y calificación de calidad | 132 |
| Tabla 27 | Análisis microbiológico a suero de leche | 137 |
| Tabla 28 | Densidades de helados comerciales y el helado exp. seleccionado | 142 |
| Tabla 29 | Promedios de parámetros reológicos de helados comerciales y base de helado experimental | 146 |
| Tabla 30 | Acidez de los helados comerciales y acidez | 149 |
| Tabla 31 | Valores de pH de los helados evaluados | 149 |
| Tabla 32 | Overrun de helado EXP | 156 |
| Tabla 33 | Masa de derretimiento de los helados | 158 |
| Tabla 34 | Resultados de análisis microbiológico al helado experimental | 159 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 1 | Orientación de proteínas en helado | 24 |
| Figura 2 | Estructura de la espuma del helado | 24 |
| Figura 3 | Estructura de espuma del helado | 25 |
| Figura 4 | Representación de la estructura del helado a -5°C | 28 |
| Figura 5 | Microfotografía de emulsión fase continua y fase dispersa | 30 |
| Figura 6 | Mecanismos de crecimiento de cristales | 32 |
| Figura 7 | Pérdida de volumen del helado | 40 |
| Figura 8 | Acción agente emulsificante en una solución | 48 |
| Figura 9 | Representación fracciones del emulsionante | 49 |
| Figura 10 | Glóbulos grasos con presiones de homogenización en exceso, óptimas y deficientes. | 51 |
| Figura 11 | Estructura molecular del aspartame | 68 |
| Figura 12 | Estructura molecular del acesulfame K | 68 |
| Figura 13 | Estructura molecular de la sucralosa | 69 |
| Figura 14 | Achicoria (<i>Cichorium intybus</i>) | 72 |
| Figura 15 | Fibra en el intestino | 73 |
| Figura 16 | Función de la insulina sobre la glucosa | 77 |
| Figura 17 | Cetoacidosis diabética | 79 |
| Figura 18 | Función del metabolismo con y sin padecimiento de diabetes | 80 |
| Figura 19 | Materia prima para elaboración de los helados | 91 |
| Figura 20 | Dilución de muestras de suero de leche | 97 |
| Figura 21 | Procedimiento para Cuenta de <i>Coliformes Totales</i> en placa | 98 |
| Figura 22 | Procedimiento para determinación de <i>Salmonella spp</i> en alimentos | 102 |
| Figura 23 | Ingredientes empleados en elaboración del helado | 105 |
| Figura 24 | Pesado leche descremada | 105 |
| Figura 25 | Mezclado de ingredientes para el helado | 106 |
| Figura 26 | Pasteurización de la mezcla del helado | 106 |
| Figura 27 | Enfriamiento de mezcla para el helado | 107 |
| Figura 28 | Mezclas para helado almacenadas a 4 C | 107 |
| Figura 29 | Garrafa | 108 |
| Figura 30 | Bote de acero inoxidable | 108 |
| Figura 31 | Helado | 108 |
| Figura 32 | Envase de helados | 108 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Figura 33 | Foto helados en el congelador | 109 |
| Figura 34 | Evaluación sensorial para selección del helado EXP | 111 |
| Figura 35 | Viscosímetro de cilindros concéntricos | 114 |
| Figura 36 | Determinación de acidez de helado EXP | 115 |
| Figura 37 | Lectura de pH del helado EXP | 116 |
| Figura 38 | Baño maría para determinación de humedad | 117 |
| Figura 39 | Muestras de helado de digestor | 119 |
| Figura 40 | Evaporación de solventes en rotavapor y parrilla eléctrica | 119 |
| Figura 41 | Muestras de helado en digestor | 121 |
| Figura 42 | Destilador y muestras de helado destiladas | 121 |
| Figura 43 | Muestras tituladas con HCl | 122 |
| Figura 44 | Muestra EXP clarificada | 124 |
| Figura 45 | Filtrado de muestra clarificada | 124 |
| Figura 46 | Titulación de muestras para carbohidratos | 125 |
| Figura 47 | Incineración de muestras para cenizas | 126 |
| Figura 48 | Muestras con solución de amilasa | 127 |
| Figura 49 | Muestras y blancos después de la adición de enzimas | 128 |
| Figura 50 | Cenizas de las muestras de fibra | 128 |
| Figura 51 | Procedimiento para cuenta de <i>Mohos</i> y <i>Levaduras</i> en alimentos | 133 |
| Figura 52 | Procedimiento para cuenta de <i>Bacterias Aerobias</i> en placa | 135 |
| Figura 53 | Porcentaje de grado de satisfacción de formulaciones evaluadas | 138 |
| Figura 54 | Comparación textura, dulzor y color por prueba de preferencia de las formulaciones evaluadas | 139 |
| Figura 55 | Grado de aceptación de las formulaciones evaluadas | 140 |
| Figura 56 | Comportamiento al flujo de los helados fundidos comerciales y base del helado experimental | 143 |
| Figura 56.1 | Comportamiento al flujo del helado fundido B | 144 |
| Figura 57 | Gráfico de viscosidad con respecto a velocidad de cizalla de helados fundidos comerciales y base del helado experimental | 145 |
| Figura 58 | Gráfico de viscosidad con respecto al tiempo de cizalla de los helados fundidos comerciales y base de helado experimental | 145 |
| Figura 59 | Contenido de humedad (%) de los helados comerciales A,B y el helado experimental. | 150 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 60 | Contenido de grasa (%) de los helados comerciales A,B y el helado experimental. | 151 |
| Figura 61 | Contenido de proteínas (%) de los helados comerciales A,B y el helado experimental. | 152 |
| Figura 62 | Contenido de carbohidratos (%) de los helados comerciales A,B y el helado experimental. | 153 |
| Figura 63 | Contenido de ceniza (%) de los helados comerciales A,B y el helado experimental. | 154 |
| Figura 64 | Contenido de fibra (%) de los helados comerciales A,B y el helado experimental. | 155 |
| Figura 65 | Comparación de apariencia, textura, sabor y color del helado experimental seleccionado con comercial | 160 |

ABREVIATURAS

μm Micrómetros

Mdd Millones de dólares

Kcal Kilocalorías

ml mililitro

IDR Ingesta diaria recomendada

mg miligramos

mm milímetros

kJ kilo joule

dl decilitro

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue desarrollar un helado sabor vainilla bajo en calorías y grasa, así como rico en fibra apegado a la normatividad vigente en cuanto a su composición química y microbiológica, realizando pruebas de evaluación sensorial para conocer la aceptación o rechazo de este. Para lo cual se realizaron 6 formulaciones empleando 3 sustitutos de azúcar solos y en combinación los cuales fueron acesulfame K, aspartame y sucralosa, siendo los tres aptos para diabéticos. Así mismo se empleó inulina como sustituto total de grasa en el helado. Una vez elaborados los helados, se les realizó una evaluación sensorial para seleccionar aquel de mejores características como dulzor, textura, color y estabilidad, al cual se le hizo un análisis químico proximal para comprobar que se encuentra dentro de la normatividad mexicana vigente en cuanto su composición, un análisis microbiológico para garantizar la inocuidad del producto y finalmente una evaluación sensorial con la finalidad de conocer la semejanza de este con un helado comercial y asegurar su aceptación por parte del consumidor.

A los resultados del análisis químico proximal, se les realizaron medidas de tendencia central (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación)

Para los análisis microbiológicos, se reporta la ausencia o presencia de los microorganismos evaluados, de acuerdo a lo marcado por la NOM-243-SSA1-2010.

A los resultados de las evaluaciones sensoriales se les realizó un anova para encontrar las diferencias significativas de cada parámetro evaluado del helado experimental con el comercial.

Por último, todos los resultados se presentan en tablas y figuras para hacer más fácil su análisis y discusión.

1.INTRODUCCIÓN

La leche es el primer alimento que el ser humano recibe desde el inicio de su vida extrauterina, y resulta ser el alimento completo que cubre todas las necesidades nutricionales. Debido a esto se han ido desarrollando productos que contengan derivados lácteos siendo los helados un ejemplo de éstos, los cuales se definen como un alimento de sabor dulce que se consume en estado congelado. Además de agua y azúcar, muchas veces contiene componentes lácteos, frutas y otros aditivos sápidos, sustancias aromáticas y colorantes.

Tradicionalmente los helados se preparaban con leche o nata, azúcar y huevo. Sin embargo, por razones de economía, la mayoría de los helados preparados actualmente contienen grasa vegetal en lugar de la grasa de la leche, aunque siguen produciéndose pequeñas cantidades de helados con leche, que deben contener grasa de leche como única fuente de grasa.

En los últimos años y en forma acelerada, se han producido cambios significativos en los patrones alimentarios y estilos de vida, caracterizados por el aumento del consumo de grasas saturadas, azúcares, alimentos procesados y disminución del consumo de fibras. Todo esto ha llevado a una mayor incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles como obesidad, hipertensión, dislipemias y diabetes tipo 2.

Actualmente, los organismos internacionales y los consumidores adoptaron estrategias para lograr cambios actitudinales orientados hacia una alimentación saludable. En respuesta a esto, la tecnología alimentaria ha generado innovaciones e ingredientes de alto valor agregado, aplicables a

alimentos funcionales, dentro de esta categoría se encuentran la inulina, almacenada en numerosas especies de plantas, vegetales, frutas y cereales. Posee beneficios para la salud, tales como estimular el crecimiento de bacterias benéficas, reforzar el sistema inmunológico, regular el tránsito intestinal, reducir el riesgo de cáncer de colon, aumentar la absorción de calcio y magnesio, disminuir los niveles de colesterol y triglicéridos en sangre, mejorar la respuesta glucémica y contribuir con un bajo valor calórico, aportando un máximo de 1,5 Kcal/g. En los postres congelados, la inulina permite reemplazar el 100% de las grasas garantizando estabilidad, sabor cremoso, suave y similar a las mismas. Provee una textura idéntica al producto tradicional, excelentes propiedades fundentes y estabilidad durante el proceso de congelado-descongelado, desciende el punto de congelación y no interfiere en el proceso de overrun. Al interactuar con edulcorantes de alta intensidad tales como el Acesulfame K que es estable a pH y temperatura, tiene buena solubilidad, no se absorbe en el organismo, tienen alta sinergia y es no calórico; así como la Sucralosa es muy estable y no produce espuma durante el mezclado, permitiendo sustituir el azúcar en alimentos y bebidas manteniendo el mismo dulzor.

El propósito de este trabajo fue desarrollar un producto lácteo innovador bajo en calorías y grasa, así como rico en fibra apegado a la normatividad vigente en cuanto a su composición química y microbiológica, realizando pruebas de evaluación sensorial para conocer la aceptación o rechazo de este.

2. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades del helado

2.1.1 Definición

Por norma el helado se define como alimento producido mediante la 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 alimentarios (NOM-036-SSA1-1993).

2.1.2 Origen

El helado en sus orígenes no era un producto lácteo, sino más bien frutal, denominado sorbete. Es muy difícil establecer su origen, ya ha sufrido sucesivas modificaciones en avance tecnológico (Branko, 2014).

El origen de los helados es muy antiguo hay quienes sostienen que los antiguos romanos utilizaban nieve, frutas y miel para preparar este refrescante postre. Otros señalan que los chinos, muchos siglos antes de Jesucristo, ya mezclaban la nieve de las montañas con miel y frutas. Lo cierto es que los conocían y disfrutaban, los chinos, turcos, árabes y romanos.

En la corte de Alejandro Magno, se enterraban ánforas en la nieve que contenían frutas mezcladas con miel. Era un placer, solo disfrutaban de él Reyes y las personas privilegiadas de esa época.

Marco Polo en el siglo XIII, al regresar de sus viajes al Oriente, trajo varias recetas de postres helados usados en China, los cuales se implantaron con popularidad en cortes italianas (Carreño y col. 2011).

En el año 1600 la fórmula del helado se presentó con la incorporación de la leche; más tarde en 1660, el italiano Procopio inventó una máquina que homogeneizaba las frutas, el azúcar y el hielo, con lo que se obtenía una verdadera crema helada, similar a la que hoy conocemos (Branko, 2014). Hacia 1700, los helados llegaron a América del Norte y se hicieron populares en Estados Unidos. En 1846, Nancy Johnson, una norteamericana, inventó la primera heladora automática, con lo que puso la base para el surgimiento a nivel industrial. En 1851, Jacobo Fussel fundó la primera empresa productora de helados, de Estados Unidos (Carreño y col. 2011).

La fabricación de helados ha sufrido una gran revolución en los tiempos actuales, por el perfeccionamiento de los sistemas de frío y una maquinaria que ha permitido mejorar la producción, unido a la mejora de las normas de higiene en su elaboración (Branko, 2014).

2.1.3 Importancia económica

La industria del helado se caracteriza por participar de un mercado altamente competitivo donde coexisten tanto empresas locales como nacionales e internacionales.

Esta situación ha obligado a las firmas a diversificar su producción y diferenciarse mediante la utilización de diversas estrategias tales como, añadir cada vez más valor agregado a sus productos, incorporar nuevos canales de comercialización e incrementar los servicios que brindan en sus áreas de venta (Liendo y Martínez, 2007).

2.1.3.1 Mercado Internacional

La industria de alimentos se divide en dos categorías: refrescos y procesados. Esto últimos, se integran por comida deshidratada, congelada, refrigerada,

enlatada, cereales, helados, pastas, salsas, aderezos, botanas y otros productos empaquetados como carne, pescado, pan, lácteos, confitería, entre otros.

En la tabla 1, se muestran, los helados que poseen el 2% de la producción mundial, ubicándose en el lugar número 12 con respecto a su nivel de participación en la industria de alimentos procesados (ProMéxico. Inversión y comercio, 2012).

Tabla 1. Línea de negocio de la industria de alimentos procesados en 2011.

| Categoría | Descripción | % Participación en 2011 |
|-------------------------|--|--------------------------------|
| Carnes procesadas | Pescados y mariscos, carne y comida tipo deli congelada, enlatada y refrigerada | 20% |
| Comida refrigerada | Carne, comida, deli, pescados y mariscos, sándwiches y ensaladas, comida preparada, pizza y pasta. | 17% |
| Panificación y cereales | Pan, pastelería, galletas, cereales, desayunos y biscochos | 13% |
| Comida congelada | Productos de carne, comida preparada, pescado y mariscos, vegetales, pizza, panadería, papas, postres y fruta. | 7% |
| Confitería | Chocolate, barras de cereal, chicles y otros | 6% |
| | | 4% |

| | | |
|--------------------------------|--|-------------|
| Comida deshidratada | Arroz, pasta, harinas para postre y comida preparada. | |
| Salsas, aderezos y condimentos | Salsas, aderezos, sazónador, productos en escabeche y dips. | 4% |
| Botanas | Papas fritas, nueces y semillas, palomitas de maíz y otras | 3% |
| Enlatados | Productos de carne, pescado y mariscos, vegetales, comida preparada, fruta, pasta y postres. | 3% |
| Alimentos instantáneos | Comida congelada, comida refrigerada, comida enlatada y comida deshidratada | 3% |
| Aceites | Aceites y grasas sólidas | 2% |
| Helados | Helados, helado para consumo en hogar, helado artesanal y de yogurt. | 2% |
| Pasta | Pasta deshidratada, refrigerada y enlatada | 2% |
| Conservas | Jamón, miel y otras conservas | Menos de 1% |

| | | |
|--------------------|---|-------------|
| Sopas | Enlatada, deshidratada, refrigerada, congelada y pasteurizada | Menos de 1% |
| Alimento para bebé | Cereales, alimento envasado, botanas, otros alimentos y enlatados | Menos de 1% |

Fuente: (ProMéxico. Inversión y comercio, 2012).

Las empresas del mundo más importantes por su nivel de ventas para el mercado de helados son: Nestlé en Suiza posee 116, 974 mdd en ventas convirtiéndose en líder, seguida de Unilever Holanda con 68,393 mdd, siendo estas dos empresas líderes mundiales (ProMéxico. Inversión y comercio, 2012).

Las empresas de helados que comercializan productos en todo el mundo identifican a Asia, el Caribe, México y América Latina como principales importadores.

Por otro lado, después de Nueva Zelanda, Estados Unidos es uno de los principales consumidores de helado, produciéndose cerca de 1.53 millones de galones de helado en este país, generando un total de \$10 millones en el 2010, representando en ese país uno de los sectores más grandes en el mercado, generando ingresos de \$ 6.8 millones o bien un 67.7 por ciento del valor total del mercado. Para el 2011 la región central de los EE.UU. llevó la producción de helados y otros productos congelados afines a 726 millones de galones.

Más del 66.7% de los helados, postres congelados en EE.UU. son comercializados a nivel regional, con el 16% de comercialización a nivel nacional.

Según una reciente encuesta de las empresas miembros de la Asociación Internacional del helado, la vainilla sigue siendo el sabor más popular entre sus consumidores (Lee-Jones, 2012).

Así mismo el Helado Premium, que tiende a tener menor cantidad de aireación y un mayor contenido de grasa que el helado regular, es el producto más popular entre los consumidores de acuerdo con una encuesta reciente de los fabricantes de helados de Estados Unidos. En la encuesta, el 79.3% corresponde al helado de primera calidad, como el producto más popular mientras, que el 10% refiere a las novedades más populares (Liendo y Martínez, 2007; Lee-Jones. D, 2012).

2.1.3.2 Mercado Nacional

De acuerdo a estimaciones de la División de Helados del corporativo Unilever, el mercado mexicano aún tiene mucho potencial para crecer y en verano, es cuando las ventas aumentan. Existe una tendencia creciente en la venta de helados de yogur, la cual avanzó, debido al cambio de hábitos de consumo más saludables.

Sobre las expectativas del mercado, la compañía refiere que en 2012 este segmento habría crecido alrededor de 15% y las ventas aumentarían en 2013, debido en parte al impulso de nuevos productos. 90 litros suma el consumo anual per cápita de helados en México, cifra que nos ubica en el lugar 17 a nivel mundial en dicha materia, reportó la Asociación Internacional de Productos Lácteos (ANTAD, 2014).

2.1.3.3 Normatividad

Cada país tiene una legislación propia de los productos alimenticios por medio de la cual se regulan las condiciones y características que deben cumplir los alimentos para denominarse como lo indica la norma.

En México se asigna, la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SSA1-1-1993. Bienes y servicios. Helados de crema, de leche o grasa vegetal, sorbetes y bases o mezclas para helados. Especificaciones sanitarias para la regulación del helado (Baduí, 2006).

2.1.3.3.1 Producto sin grasa

Es un producto con un contenido de grasa menor a 0.5 g/ porción. (NOM-086-SSA1-1994).

2.1.3.3.2. Producto bajo en grasa

Es un producto con un contenido de grasa menor o igual a 3 g/porción. Cuando la porción sea menor o igual a 30 g su contenido de grasa debe ser menor o igual a 3g/50g de producto (NOM-086-SSA1-1994).

2.1.3.3.3 Producto reducido en grasa

Es aquel, con un contenido de grasa es al menos un 25% menor en relación al contenido de grasa del alimento original o de su similar (NOM-086-SSA1-1994).

2.1.3.3.4 Producto sin caloría

ES un producto con un contenido de calorías menor de 5 calorías/porción (NOM-086-SSA1-1994).

2.1.3.3.5 Producto bajo en calorías

Es un producto con un contenido menor o igual a 40 calorías/porción. Cuando la porción sea menor o igual a 30 g, su contenido de calorías debe ser menor o igual a 40 calorías/50 g de producto (NOM-086-SSA1-1994).

2.1.3.3.6 Producto reducido en calorías

Es aquel donde el contenido de calorías es al menos un 25% menor en relación al contenido de calorías del alimento original o de su similar (NOM-086-SSA1-1994).

2.1.4 Beneficios del consumo de helado

Francisco Rodríguez-Santos, neuropsicólogo de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), menciona que algunos componentes de los helados, como la caseína, chocolate ó azúcares, podrían estar implicados en el mecanismo de reducción del estrés, tanto físico (el dolor) como psicológico (la ansiedad), debido a que dichos componentes producen endorfinas, que actúan como opiáceos en el cerebro, activando la sensación de placer en el sistema nervioso, aliviando el estrés, el dolor y la ansiedad (Carreño y col. 2011).

Los helados abarcan dos áreas de la alimentación, en la primera, aportan energía y nutrientes de interés contribuyendo por tanto a la parte fisiológica, en la segunda por su sabor, textura y frescura, contribuyen a la parte sensorial que influye en la ingesta del consumidor.

El valor nutritivo de los helados de base láctea radica fundamentalmente en la leche que contienen y por ello pueden destacarse como fuentes de calcio y de proteínas de elevado valor biológico.

Los sorbetes y helados de agua tienen como ingrediente básico el agua. Su valor nutritivo es menor, salvo que contengan una proporción significativa de frutas y derivados. Los sorbetes, en función de la naturaleza y cantidad de fruta que contengan pueden aportar dosis variables de micronutrientes (vitaminas y minerales), pero no cabe pensar en ellos como fuente significativa de los mismos. La ausencia de grasa en estos productos, los hace adecuados para personas que tengan problemas relacionados con lípidos (hipercolesterolemia y otros), pero siempre con moderación, ya que su contenido en azúcares puede ser también un punto crítico para estas personas (Asociación Española de Fabricantes de Helado, 2006).

2.1.5 Composición química, valor nutritivo y valor calórico

Los helados son una mezcla de diversos productos alimenticios entre los que destacan los siguientes:

- Agua potable
- Leche y derivados lácteos (nata, mantequilla, leche en polvo, suero en polvo, leche desnatada, etc.)
- Azúcares diversos (sacarosa, glucosa, sorbitol, etc.) y miel.
- Grasas vegetales diversas (coco, palma, algodón, etc.)
- Frutas y zumos de frutas (fresa, piña, limón, etc.)
- Huevos y productos derivados.
- Proteínas de origen vegetal.
- Almendras, avellanas, nueces, piñones, frutos secos, etc.
- Chocolate, café, cacao y cereales.
- Aditivos (espesantes, estabilizantes, aromas, colorantes, etc.)

Composición química

Todos los ingredientes (leche, nata, huevos, zumos, etc.) que componen los helados son a su vez compuestos en mayor o menor proporción de (Madrid y Cenzano, 2003):

- Hidratos de carbono
- Grasas
- Proteínas
- Sustancias minerales
- Vitaminas
- Agua

En la tabla 2 se muestra la composición promedio de un helado, indicando su contenido en vitaminas, sales minerales, proteínas, grasas, etc.

Tabla 2. Composición general media de la mezcla utilizada en la elaboración de helados

| Componente | Cantidad |
|---------------------|-----------------------|
| Hidratos de carbono | 13-22% |
| Grasas | 2-14% |
| Proteínas | 1-6% |
| Agua | 50-78% |
| Sales minerales | |
| Calcio | 80-138 mg/100 g |
| Fósforo | 45-150 mg/100g |
| Magnesio | 10-20 mg/100g |
| Hierro | 0.05-2 mg/100 g |
| Cloro | 30-205 mg/100 g |
| Sodio | 50-180 mg/100g |
| Potasio | 60-175 mg/100g |
| Vitaminas | |
| A | 0.02-0.13 mg/100g |
| B ₁ | 0.02-0.07 mg/100 g |
| B ₂ | 0.17-0.23 mg/100 g |
| B ₃ | 0.05-0.1 mg/100g |
| C | 0.9-18 mg/100 g |
| D | 0.0001-0.0005 mg/100g |
| E | 0.05-0.7 mg/100 g |

Fuente: Madrid y Cenzano (2003)

En el caso de hidratos de carbono, contribuyen al sabor dulce de los helados; aumentan el contenido en sólidos, lo que les hace tener un punto de congelación más bajo y conservarse durante el almacenamiento y la distribución.

Las grasas contribuyen a la firmeza y textura del helado además de aportar energía y vitaminas.

Valor nutritivo

Los helados por ser una mezcla de diversos alimentos de alta calidad (leche, nata, huevos, almendras, etc.) reúnen en sí todos los valores nutritivos de los mismos. Por ello, están considerados como una fuente de:

- ◆ Proteínas de alto valor biológico, debido a su contenido de aminoácidos esenciales para la vida.
- ◆ Vitaminas: Los helados tienen tanto vitaminas solubles en grasas como en agua. Es importante mencionar que la tasa de riboflavina, en 100 ml de mantecado asciende a 0.14 mg según Kúbler, 1981; para unas necesidades diarias de 1.8 mg, la cifra citada supone el 8% de las necesidades de riboflavina (Lang, 1979; Madrid y Cenzano, 2003).
- ◆ Energía calórica para el desarrollo de la vida. Por su contenido en azúcares diversos (sacarosa, glucosa, etc.).
- ◆ Sales minerales como: calcio, sodio, potasio, magnesio, etc. Las necesidades diarias de calcio las fija Lang (1979) en 0.8 g para adultos, y 1.2 g para niños y mujeres gestantes (Madrid y Cenzano, 2003).

En los helados que contienen leche, los componentes de ésta determinan principalmente el valor nutritivo. Sin embargo, suele contener grasa láctea en cantidad superior a la leche. Otros componentes de helados, como el cacao y las pastas de nuez y avellana, participan en menor proporción en el contenido graso.

En la tabla 3, se muestra el contenido de nutrientes, ácidos frutales y valor calóricos de helados referido a un volumen de 100 ml.

Tabla 3. Contenido de nutrientes, ácidos frutales y valor calóricos de helado.

| | Componentes principales en % en peso | | | | Batido % | Nutrientes principales en g /100 ml | | | Valor energético fisiológico/100 ml | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------|--------|--------------|----------|-------------------------------------|----------|---------------|-------------------------------------|------|-----|
| | Grasa láctea | E.s. lácteo desengrasante. | Azúcar | Frutas Secos | | Grasa | Proteína | Carbohidratos | Ácidos frutales | Kcal | KJ |
| Mantecado vainilla, alta calif. | 12 | 10 | 16 | — | 90 | 6.9 | 2.1 | 12.40 | — | 120 | 510 |
| Mantecado sabor vainilla | 10.5 | 11 | 14 | — | 110 | 5.5 | 2.1 | 11.5 | — | 104 | 440 |
| Mantecado avellana. | 10.5 | 11 | 4 | — | 110 | 5.5 | 2.1 | 11.5 | — | 104 | 440 |
| Mantecado desengrasado. Sabor vainilla | 3.3 | 12 | 15 | — | 100 | 1.8 | 2.4 | 11.8 | — | 73 | 310 |
| Helado de leche 3% | 3 | 13 | 15 | — | 80 | 1.8 | 2.9 | 13.5 | — | 82 | 345 |
| Helado de leche 6% | 6.3 | 11.5 | 11.5 | — | 100 | 3.5 | 2.3 | 9.8 | — | 80 | 340 |
| Helado fruta fresa (base leche) | 4 | 9.5 | 16 | 20 | 90 | 2.3 | 2 | 14 | 0.2 | 85 | 360 |
| Helado fruta fresa (base agua) | — | — | 32 | 20 | 50 | — | 0.1 | 25.2 | 0.2 | 100 | 435 |
| | — | — | 25 | — | 20 | — | — | 22.9 | 0.4 | 93 | 395 |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|------|------|---|----|-----|-----|------|---|----|-----|
| Helados fantasía | | | | | | | | | | | |
| Helados dieta | 3.2 | 13.4 | 12.4 | — | 70 | 2.1 | 3.3 | 12.7 | — | 82 | 350 |

Fuente:(Timm, 1985.)

Para una nutrición equilibrada recomienda Holtmeier (1969) que la proteína debe constituir el 12-15% de la energía alimentaria, la grasa el 25-30% y los carbohidratos alrededor del 55%.

Esta proporción la cumplen los helados mantecados desengrasados, helados de leche y helados de fruta con la leche como base, con una participación media en la tasa energética del 12% de proteína, 26 % de grasa y 62% de carbohidratos.

En los helados para dieta, la proteína constituye el 18 % del contenido energético, el 24 % de la grasa y el 58% de los carbohidratos.

En resumen, los productos de helados proporcionan con frecuencia cantidades menores de calorías en comparación con otros postres (Timm, 1985).

Valor calórico

El valor calórico del helado es la cantidad de calor producida por un gramo de producto al ser metabolizado por el organismo.

Para el cálculo del valor calórico de un helado es necesario conocer:

1° Ingredientes y cantidades de los mismos que entran a formar parte de la mezcla.

2° Composición de los ingredientes en porcentaje de proteínas, grasas, vitaminas, etc.

3° Overrun del helado (aire incorporado).

En la tabla 4, se muestra un ejemplo de la composición de un helado

Tabla 4. Composición de un helado.

| Componente | Cantidad (%) |
|--------------------------|--------------|
| Azúcar | 14 |
| Grasa | 10 |
| Leche en polvo desnatada | 11 |
| Estabilizantes | 0.4 |

Fuente: Madrid y Cenzano, 2003.

Para saber su valor calórico hay que llevar esta composición a porcentaje. En la tabla 5 se muestra la composición de la leche en polvo desnatada (Madrid y Cenzano, 2003).

Tabla 5. Composición leche en polvo desnatada.

| Grasa | 1.5% |
|-----------|------|
| Proteínas | 35% |
| Azúcares | 52% |
| Sales | 8% |
| Agua | 3.5% |

Fuente: Madrid y Cenzano, 2003.

De tal manera, el 11% de leche en polvo del helado anterior se convierte en:

- ❖ 0.165% de grasa
- ❖ 3.85% de proteínas
- ❖ 5.72% de azúcares
- ❖ 0.88% de sales
- ❖ 0.385% de agua

Por lo tanto, puede pasar la composición de la mezcla referida a su contenido en grasas, proteínas e hidratos (azúcares) y calcular su valor calórico.

Composición de la mezcla

- ❖ Azúcares: $14\% + 5.72\% = 19.72\%$
- ❖ Grasas: $10\% + 0.165\% = 10.165\%$
- ❖ Proteínas: $3.85\% + 0.4\% = 4.25\%$

Suponemos que los estabilizantes (0.4%) utilizados son proteicos (gelatina, por ejemplo). Si fuesen hidratos de carbono se sumarían a los azúcares. En definitiva, el valor de la mezcla será:

- ❖ $19.72 \times 4 = 78.88$ calorías
- ❖ $10.165 \times 9 = 91.495$ calorías
- ❖ $4.25 \times 4 = 17.00$ calorías

Total = 187.375 calorías

Es decir, cada litro de mezcla proporciona 1,874 calorías aproximadamente.

Si se incorpora a la mezcla aire al 100% (overrun), cada litro de helado proporcionará 937 calorías. Es decir, unos 100 centilitros de helado suministran unas 94 calorías.

Si expresamos el valor calórico en calorías por 100 gramos de helados tendremos que 100 gramos de helado de la composición citada dan unas 187 calorías (Madrid y Cenzano, 2003).

2.1.6 Clasificación del helado y productos afines

Son varias las clasificaciones que se pueden hacer de helados, según su composición, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación del helado y productos afines

| Tipo | Características | Fuente |
|-------------------------|--|---|
| <p>Helados de crema</p> | <p>Producto higienizado obtenido por la congelación de una mezcla pasteurizada a base de leche, crema de leche, nata y azúcar (sacarosa) aromatizada con frutas, jugos de frutas o de un aroma natural cuya fuente de grasa es láctea.</p> <ul style="list-style-type: none"> *7 a 10 % de grasa de leche * 6 a 8% de sólidos no grasos. *20 a 32% de sólidos totales de leche *0.5% de estabilizador. *0.2% de monoglicéridos y diglicéridos * 0.1% de emulsificantes. *Incorporación de aire de 100% del volumen de la mezcla (Ficha Técnica. Componentes que se emplean en la elaboración del helado, 2008). | <div style="text-align: center;">  <p>Fuente: Helado de crema Americana, 2013.</p> </div> |
| <p>Helado de leche</p> | <p>Producto higienizado obtenido por la congelación de una mezcla pasteurizada de leche y azúcar (sacarosa) aromatizada con frutas, jugos de frutas o de un aroma natural autorizado, cuya única fuente de grasa es láctea.</p> <ul style="list-style-type: none"> *2.5% de grasa de leche *5% de sólidos de leche no grasos, | <div style="text-align: center;">  <p>Fuente: Helado de leche Merengada con avellanas, 2013.</p> </div> |

| | | |
|---|--|--|
| | <p>*12%-27% de sólidos totales</p> <p>*Una incorporación de aire de 100% del volumen de la mezcla(Ávila y Silva, 2008)</p> | |
| <p>Helados de Agua, Sherbets o Sorbetes</p> | <p>Son productos congelados en los que el componente básico es el agua, azúcar, fruta, color, sabor, estabilizante y a veces sólidos de leche en forma de leche descremada en polvo, leche entera en polvo o leche condensada. Contienen extracto seco, mínimo 20,0% y de materia grasa de leche, máximo 1,5% p/p (Ficha Técnica. Componentes que se emplean en la elaboración del helado, 2008).</p> |  <p>Fuente: Martín Rocío, 2014.</p> |
| <p>Helado de Fruta</p> | <p>Productos obtenidos por congelación de una mezcla pasteurizada de agua potable y de azúcar. La adición de leche o de nata es una práctica tolerada y frecuente. Fracción de fruta del 20%. Tipos de helados de fruta: con componentes lácteos y con aire batido, con pocos componentes lácteos y con aire batido, sin componentes lácteos y con aire batido y sin componentes lácteos y sin aire batido (Ficha Técnica. Componentes que se emplean en la elaboración del helado, 2008).</p> |  <p>Fuente: Wilson Oksana, 2014.</p> |

| | | |
|---------------------------|---|--|
| <p>Helados de yogurt</p> | <p>Pueden contener fruta. Contiene de 3 a 6% de grasa, de 11 a 20% de azúcares, de 10 a 12% de sólidos no grasos, 0.85% de estabilizantes y emulsificantes y un promedio de 70% de agua (Ficha Técnica. Componentes que se emplean en la elaboración del helado, 2008).</p> |  <p>Fuente: Jiménez Ma. Claudia, 2012.</p> |
| <p>Helados dietéticos</p> | <p>Tienen bajo contenido calórico. Contiene 14.4% de azúcar, 9.6% de jarabe o miel, 73% de agua y 3% de base fructosa. Pueden contener pulpa de fruta en diversos grados (Ficha Técnica. Componentes que se emplean en la elaboración del helado, 2008).</p> |  <p>Fuente: María Carlos, 2011.</p> |
| | <p>Estos helados no deben contener ingredientes que incluyan proteínas contenidas en el gluten del trigo, avena, cebada y centeno (T.A.C.C).</p> |  |

| | | |
|-----------------------|---|---|
| Helados para Celíacos | En este caso, para los helados envasados puede incluirse la leyenda "sin T.A.C.C." y el correspondiente símbolo de espiga tachada (Di Bartolo, 2005). | Fuente: Alimentos para Celíacos, 2008. |
|-----------------------|---|---|

2.2 Componentes del helado y su importancia

2.2.1 Leche y derivados lácteos

Con denominación de leche, se entiende a la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de cualquier otra especie animal, excluida el calostro (NOM-243-SSA1-2010). Como derivados o productos lácteos, son los productos obtenidos a partir de la leche o sus componentes y otros ingredientes funcionalmente necesarios para su elaboración, incluidos los productos con grasa vegetal (NOM-243-SSA1-2010).

La leche es la fuente de proteínas en el helado y éstas representan del 2 al 10% de la composición del helado. Compuesta por dos tipos de proteínas: caseína (80%) y proteína de suero de leche (20%) (Baduí, 2006). Las cuales tienen dos funciones importantes en el helado:

- ◆ Estabilizan la emulsión y la espuma

Para estabilizar la emulsión, la parte hidrofóbica de las proteínas se orienta hacia la fase oleosa (figura 1). Durante la desnaturalización se desdoblán las moléculas de proteína favoreciendo la estabilización en interfases al lograr la exposición de sitios hidrofóbicos que interactúan con la fase hidrofóbica de la emulsión.

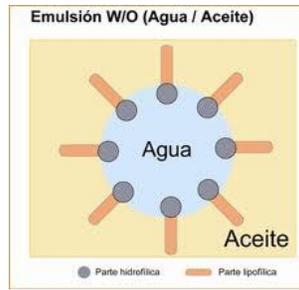


Figura 1. Orientación de proteínas en helado

Fuente: Gominolas de petróleo, 2013.

En el caso de la espuma, como se muestra en las figuras 2 y 3, al disminuir la tensión superficial entre el aire y la lamela durante la incorporación del aire, los glóbulos de grasa del helado se concentran en la interfase (Di Bartolo, 2005).

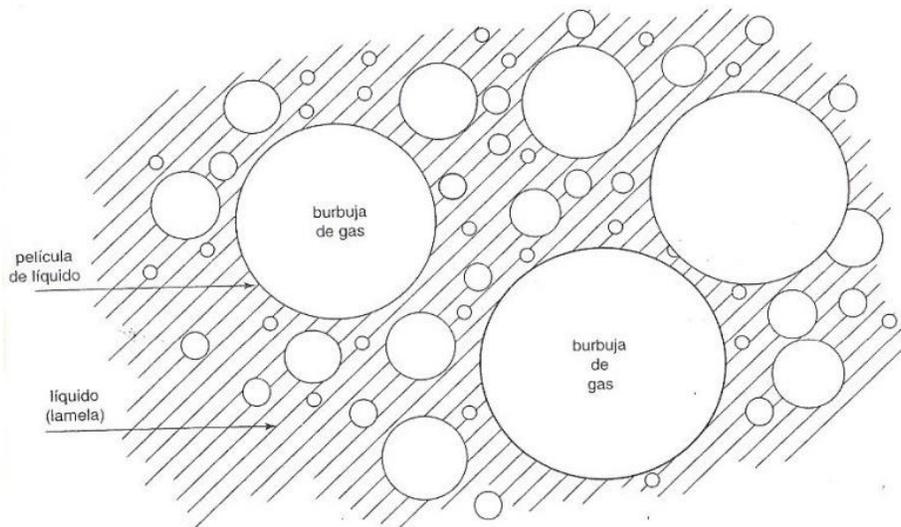


Figura 2. Estructura de la espuma en helado.

Fuente: Lem I UNAM ESC, 2013.

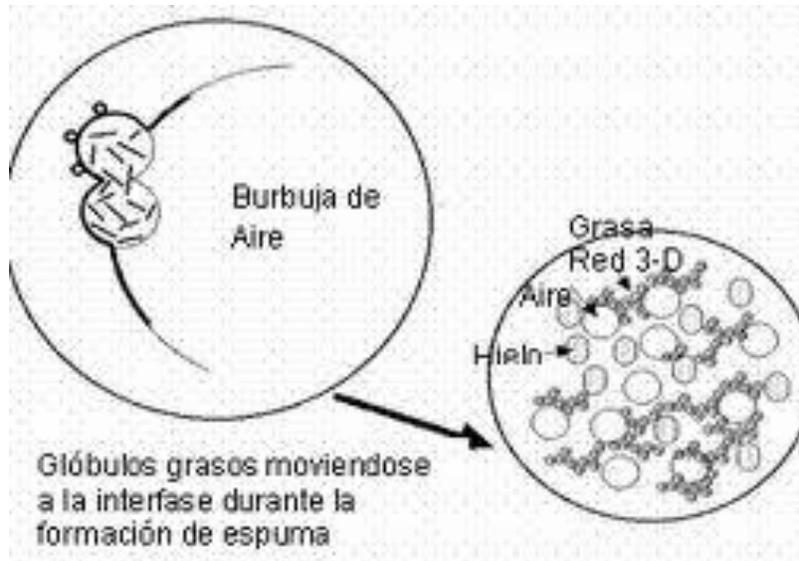


Figura 3. Estructura de la espuma en helado.

Fuente: Mantello Sergio, 2007.

- ◆ Contribuyen a dar el característico sabor lácteo.

La lactosa es el azúcar de la leche el cual tiene el 15% del poder edulcorante de la sacarosa y contribuye con las sales al sabor de la leche (Di Bartolo, 2005).

2.2.2 Grasa (Grasas comestibles)

Las grasas neutras son utilizadas en la fabricación de helados, ya sean de origen animal (grasa de leche), o de origen vegetal (aceite de coco, palma, etc.) Las grasas ayudan a dar mejor cuerpo, sabor, textura y hacen más fácil el batido; son un importante vehículo para las vitaminas y aportan energía. Las grasas contribuyen con 9 cal/g.

Otras opciones pueden ser la mantequilla, grasa láctea anhidra y grasa vegetal (Villacís, 2010).

La grasa es en definitiva un punto débil o crítico del helado, pero como con cualquier otro alimento, la valoración nutricional debe considerar la cantidad consumida y lo que la misma representa respecto a las cantidades totales que pueden o deben consumirse (Di Bartolo, 2005).

2.2.3 Azúcares

Los helados son productos dulces con un contenido significativo en azúcares que contribuyen fundamentalmente a su valor energético y también, en cierto modo, al metabolismo de las grasas. En helados de crema y leche su contenido total oscila entre un 16,4 % y un 41,6 % en promedio (Asociación Española de Fabricantes de Helado, 2006)

Según Bylund, G. (2003), se añaden azúcares al helado con el objeto de ajustar el contenido de sólidos en el mismo y dar el dulzor típico que demandan los consumidores. La mezcla del helado contiene normalmente entre un 10 y un 18 % en peso de azúcar (Lang, 1979).

Los azúcares controlan el punto de fusión y congelación en el helado, también la viscosidad de la mezcla, la suavidad del producto en la sensación de derretimiento, mejoran la capacidad de batido de la mezcla y ayudan a resaltar los aromas. Aportan la mayor parte de sólidos, evitando la formación de cristales de hielo en el helado y la cristalización de la lactosa en el mismo.

Para satisfacer a consumidores que están sometidos a dietas especiales, como los diabéticos que son un grupo importante, se deben utilizar productos edulcorantes que no poseen valor nutritivo pero tienen un sabor muy dulce incluso en pequeñas cantidades (Ficha Técnica. Componentes que se emplean en la elaboración del helado, 2008).

2.2.4 Agua

Debe utilizarse agua potable, que cumpla todas las exigencias requeridas para el consumo humano. El agua puede proceder de la misma leche si se usa leche líquida (Belitz, 2012)

2.2.5. Otros productos

Fruta y derivados

La fruta y sus productos proporcionan a los helados aroma, sabor y color. Son mejor las frutas de aroma intenso, claramente perceptible inclusive a bajas temperaturas.

Sal

Se utiliza en dosis pequeñas para realzar el sabor del helado y mejora su textura-

Canela

Se emplea como aromatizante en algunos tipos de helado (Timm, 1985).

Otras especias

Nuez moscada y clavo por ejemplo, son utilizadas también para aromatizar (Madrid y Cenzano, 2003).

2.3 Fenómenos físicos y fisicoquímicos en el helado

Fisicoquímicamente el helado se define como una espuma sólida de células de aire (del 40 al 50% de volumen) cubierta por la grasa emulsificada junto con una red de microcristales de hielo que a su vez están rodeados de un líquido que contiene micelas coloidales (Rebollo, 2008)

2.3.1 Estructura física

A pesar de que la composición química de una mezcla del helado con aire es igual en todos sus puntos, existen diferencias en su aspecto, consistencia y sabor debido a su estructura física (figura 4) (Walstra, 2006).

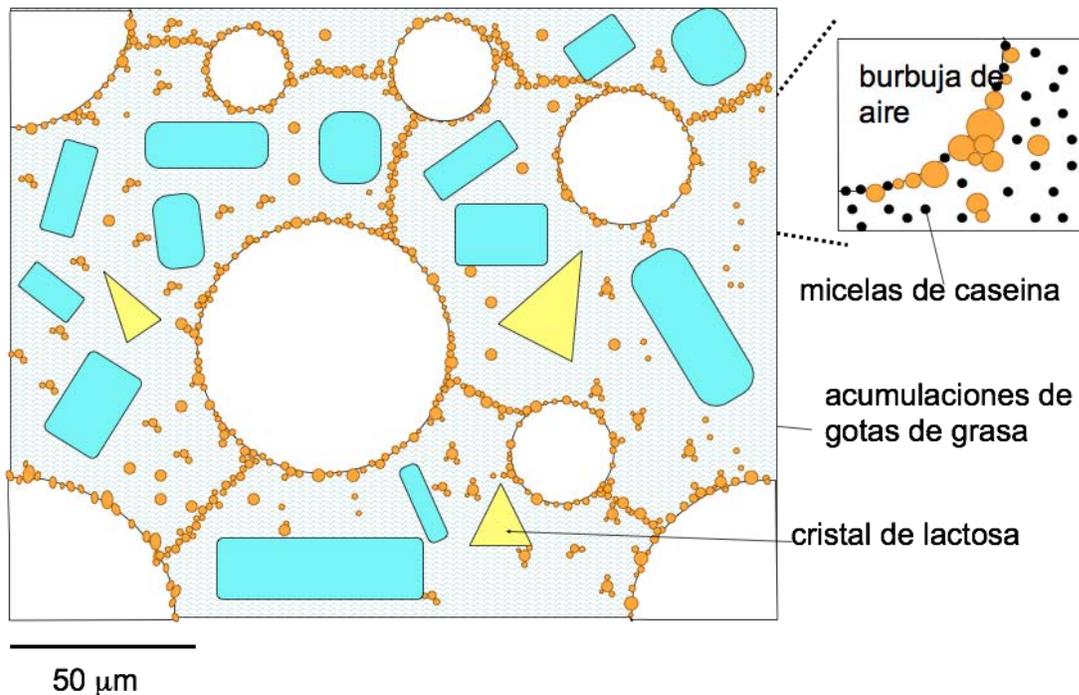


Figura 4. Representación esquemática de la estructura del helado a -5°C

Fuente: Walstra, 2006.

2.3.2 Fenómenos fisicoquímicos

La cantidad de cada componente y la microestructura (es decir, tamaño, forma y conectividad de las partículas) proporcionan características físicas y sensoriales requeridas: el hielo proporciona la sensación de enfriamiento, la grasa cremosidad, el aire ligereza y suavidad, el azúcar dulzor, y los sabores realzan su gusto (Clarke, 2004).

Fracciones típicas del volumen de cada componente a -18°C se muestra en la tabla 7 en helado estándar, Premium, bajo en grasa, helado suave y un raspado de agua (nieve) (Clarke, 2004; Rebollo, 2008).

Tabla 7. Fracciones del volumen de los componentes estructurales para diferentes tipos de helados en porcentaje (%)

| Componente micro estructural | Helado estándar | Helado Premium | Helado bajo en grasas | Helado suave | Nieve |
|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------|--------------|
| Hielo | 30 | 35 | 31 | 23 | 75 |
| Aire | 50 | 35 | 48 | 52 | 0 |
| Grasa | 5 | 10 | 1 | 4 | 0 |
| Fase dispersante | 15 | 20 | 20 | 21 | 25 |

Fuente: (Clarke, 2004)

2.3.2.1 Fase dispersante

La fase dispersante del helado es una solución que contiene sólidos disueltos (azúcares y estabilizantes) y micelas coloidales (caseínas y proteínas solubles), y además glóbulos de grasa en forma de emulsión.

Cuando mayor es la cantidad de leche, menor será la cantidad de agua a congelar y más pequeño será el tamaño de los cristales. Existe un equilibrio reversible entre las caseínas fijadas sobre la superficie de los glóbulos grasos y las caseínas micelares: cuanto mayor es la dispersión de los glóbulos grasos, mayor es su superficie total y más caseínas fijan a costa de la masa de micelas disponibles para ligar agua. El conjunto se estabiliza en el seno de la fase dispersante (Mahaut y col. 2004)

La concentración por congelación de los azúcares tiene varias consecuencias importantes, en primer lugar los movimientos de esa concentración acercan más a la fase dispersante a la transición para cristalizarse, debajo de la temperatura de ésta transición (típicamente entre -30 y -40 °C, dependiendo de la formulación), la fase dispersante llega a ser tan viscosa que no fluye y las moléculas del soluto dejan de ser móviles (figura 5). Así la calidad del helado no debe deteriorarse durante el almacenamiento (Clarke, 2004).

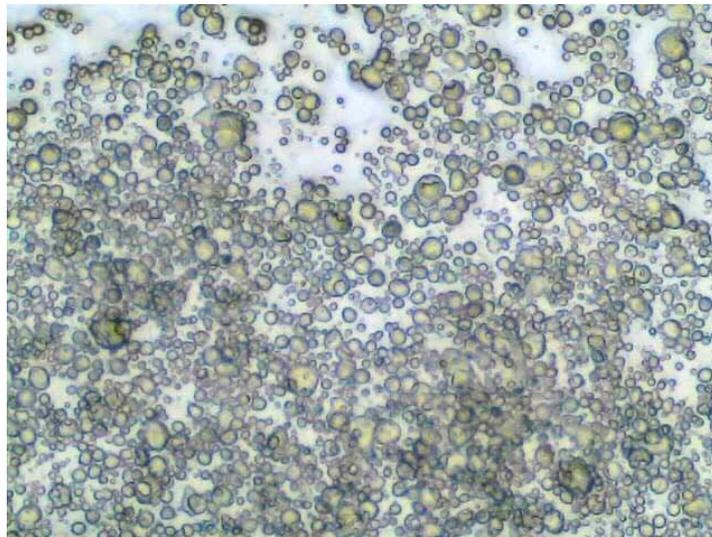


Figura 5. Microfotografía (600 aumentos) de una emulsión en la que se puede apreciar la fase dispersa (glóbulos amarillentos) y la fase continua (el fondo azulado). **Fuente:** Frotis de una emulsión estable a largo plazo, 2011.

2.3.2.2 Aire

La mitad del volumen del helado es ocupado por aire, el papel principal de éste es hacer del helado suave. Las burbujas de aire dispersan la luz y por lo tanto afectan el color y el aspecto. Esta es la razón por la cual el helado aireado es más blanco que la mezcla (Clarke, 2004).

El tamaño de las burbujas de aire influye en la textura: las burbujas grandes confieren una textura de nieve, mientras que las pequeñas imparten una textura cremosa (Mahaut y col. 2004; Clarke, 2004)

Los dos mecanismos para que las burbujas de aire sean gruesas son la fusión y la desproporción. La primera ocurre cuando dos burbujas entran en contacto y la película entre ellos se rompe. La desproporción ocurre porque la presión dentro de una burbuja es más grande que en el exterior.

Hay dos mecanismos por los cuales las burbujas de aire en el helado son estabilizadas contra tamaños gruesos: el primero, debido a la adsorción de proteínas en la superficie de la burbuja de aire, que baja la tensión superficial. En el segundo mecanismo los glóbulos de grasa pequeños y parcialmente unidos se fijan por adsorción en la superficie de la burbuja de aire, con lo cual las estabilizan formando una barrera entre ellas. La presencia de la grasa sólida es esencial para estabilizar la espuma.

Las burbujas de aire aumentan la viscosidad de la fase dispersante puesto que son partículas sólidas suspendidas, puesto que obstaculizan la fusión. (Clarke, 2004).

2.3.2.3 Hielo

La cinética de cristalización del agua desempeña un papel determinante en la textura y estabilidad del helado durante el almacenamiento. (Mahaut y col. 2004).

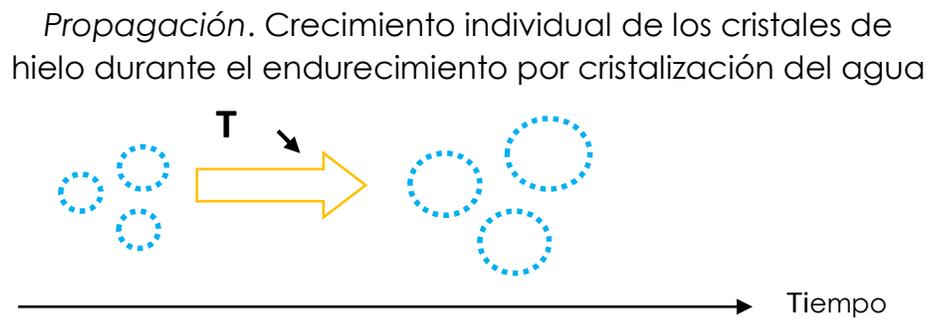
2.3.2.3.1 Efectos de la congelación en la estabilidad y características de calidad en el helado

Durante el almacenamiento pueden ocurrir cambios estructurales que llevan al producto a perder características de calidad. (Hui y col. 2004)

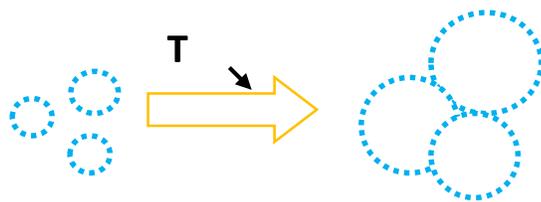
Las características sensoriales del helado están en función del tamaño del cristal de hielo; si el tamaño de los cristales aumenta, la textura del helado llega a ser menos lisa, cuando los cristales llegan a ser muy grandes pueden

ser detectados en la boca y la textura llega a ser dura y arenosa. (Clarke, 2004)

El tamaño de los cristales puede modificarse durante la vida de anaquel, por recristalización o aglomeración de los cristales de hielo (figura 6).



Aglomeración. Unión de los cristales pequeños en un cristal grande cuando la temperatura desciende.



Migración. Fusión de pequeños cristales y crecimiento de los grandes a partir del agua liberada durante el descenso

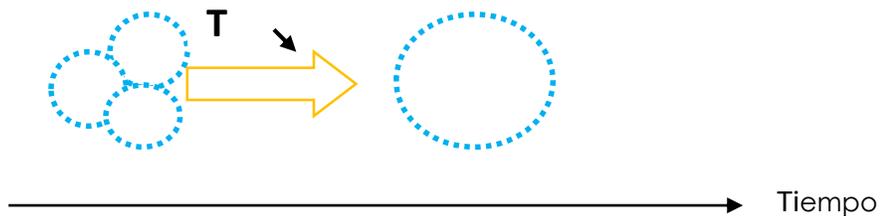


Figura 6. Mecanismos del crecimiento de los cristales.

Fuente: Mahaut y col. 2004.

Recristalización migratoria. Puede dar lugar a la fusión total de los pequeños cristales y la parcial de los más grandes, creándose gradientes de concentración en la fase líquida y al descender la temperatura los cristales parcialmente fundidos utilizan el agua del entorno y como resultado, aumenta el tamaño de éstos (Clarke, 2004).

La recristalización da lugar a un aumento en el tamaño promedio y a una disminución del número total de los cristales de hielo, mientras que el volumen total de la fase del hielo no cambia. El índice de la recristalización depende de la temperatura: cuánto más baja es la temperatura, más lenta es la recristalización y conduce a una deterioración en la calidad del helado. (Clarke, 2004; Hui y col. 2004)

De los factores de formulación que influyen en la recristalización, los estabilizadores y los azúcares son los más importantes. El tipo de edulcorante usado en la formulación influye en la velocidad de cristalización (Hui y col. 2004).

Aglomeración. Se produce como consecuencia de un choque térmico que implica una dilución de la fase crioconcentrada y un descenso de la viscosidad: los cristales más móviles se aproximan entre sí. Cuando la temperatura vuelve a bajar, los cristales se fusionan movilizándose el agua periférica con congelada (Clarke, 2004).

2.3.2.3.2 Factores que afectan a la congelación.

La acción de estabilizantes y agentes edulcorantes en el helado depende de su habilidad para captar o formar estructuras gelificantes. Estas propiedades incrementan la viscosidad de la fase grasosa durante el congelamiento. Budiaman y Fenemma concluyeron que los estabilizantes no tienen un efecto significativo en la cantidad de hielo formado en la mezcla del helado; el tamaño y forma de los cristales después del congelado y la velocidad a la cual la recristalización del hielo ocurre

después de un periodo de dos semanas a -15°C . Sus datos no confirman el mecanismo usual por el cual los estabilizantes son retardan el crecimiento de cristales de hielo al inicio y durante el almacenamiento. Aparentemente el mecanismo del control del cristal de hielo es relacionado con la difusión de masa y factores que controlan la velocidad, además de las propiedades termodinámicas de la nucleación del crecimiento de cristales del helado (Arbuckle, 1986).

2.4 Defectos en el helado

Uno de los aspectos a tener en cuenta para definir la calidad del helado es que tenga una apariencia deseada por el consumidor. Desde un punto de vista estructural, esto implica el control de cristalización del hielo, la incorporación de aire y la desestabilización de la grasa.

Los defectos son resultados en fallas en sabor, cuerpo, textura, batido, color, envase y contenido bacteriano (Rebollo, 2008).

2.4.1 Defectos de sabor

Los defectos de sabor son clasificados de acuerdo a su origen, incluye a aquellos asociados con el sistema de sabor (carente de sabor, demasiado sabor o sabor no natural), el sistema de dulzor (carente de dulzor, demasiado dulce, sabor del jarabe), los ingredientes lácteos (acidez, salado, ingredientes a punto de caducar, rancidez), el proceso cocido, causado por productos lácteos calentados a temperaturas excesivamente altas por la pasteurización (este sabor puede desaparecer con el tiempo).

Un sabor acentuado es caracterizado por la presencia de varias cantidades de saborizantes. En algunos casos el exceso de éstos puede impartir un sabor penetrante o amargo en el helado. Una baja calidad del saborizante puede tener el mismo efecto; por lo tanto, es muy importante determinar, si el sabor

amargo es debido a un exceso o deficiencia del saborizante, aunque ambos son defectos indeseables.

Sabores ácidos son causados por la presencia de una cantidad excesiva de ácido láctico. Esto puede ser remediado con productos lácteos frescos; rápidos y eficiente congelación de la mezcla; o un almacenamiento prolongado de la mezcla a altas (Arbuckle, 1986; Ávila y Silva, 2008).

Un sabor amargo resulta del uso de productos de baja calidad; lo que puede prevenirse usando extractos puros, permitiendo el uso de productos lácteos almacenados por largos periodos de tiempo a bajas temperaturas, ciertos tipos de bacterias producen un sabor amargo bajo estas condiciones, o usando productos libres de malos olores y sabores.

El sabor a “quemado” es causado por el sobrecalentamiento de la mezcla o de productos lácteos concentrados. Este defecto puede prevenirse controlando cuidadosamente el proceso de pasteurización, o empleando productos concentrados libres de sabor a “quemado” (Ávila y Silva, 2008).

Un sabor artificial es resultado del uso de saborizante, azúcar, o sólidos de leche insuficientes en el helado y puede ser remediado incrementando la cantidad de estos materiales.

Un sabor salado se debe al uso de más del 0.1% de sal en la mezcla o a un contenido elevado de sólidos no grasos de la misma.

Un sabor a oxidado algunas veces se le conoce como seboso o sabor a “cartón”, lo cual puede evitarse usando productos lácteos frescos, usando solo equipo de acero, antioxidantes o pasteurizar la mezcla a varias temperaturas (Arbuckle, 1986).

2.4.2 Defectos en el cuerpo y textura del helado

El cuerpo puede ser considerado como la cualidad que da peso y esencia al producto y permita un rendimiento adecuado.

La textura se refiere a la estructura rígida o frágil que puede tener el helado y depende del tamaño, forma y disposición de pequeñas partículas (Douglas, 2002)

El cuerpo y la textura están cercanamente asociadas y son importantes en la aceptación del consumidor del helado y productos relacionados. El helado debe ser suave y producir una sensación agradable en la boca (Caillet y col. 2003)

Las razones más comunes para los defectos en cuerpo y textura son la composición inapropiada de la mezcla, métodos de proceso inadecuado y condiciones de almacenamiento inadecuadas. La composición afecta al cuerpo y textura en general a través de un incremento o disminución de los sólidos totales de la mezcla. Los defectos de cuerpo son comúnmente descritos: como arenoso, con exceso de aire y débil, mientras que los defectos de textura son llamados duro, arenoso, grasoso, blando (Arbuckle, 1986; Douglas, 2002).

Un cuerpo arenoso carece de cohesión y atracción o se rompe fácilmente, asociado con bajo contenido de sólidos totales, poca estabilización, excesivo overrun, baja presión de homogenización, grandes burbujas de aire y una mala homogenización. Factores (tales como el equilibrio salino inadecuado, mejoradores enzimáticos y ciertas gomas estabilizantes) que limitan la hidratación de las proteínas que también pueden causar arenosidad (Arbuckle, 1986).

Cuerpo esponjoso. Un helado “esponjoso” es denso y puede ser un poco “húmedo” en apariencia. Esto es debido a un bajo overrun (especialmente

si hay un alto contenido de sólidos totales), una alta concentración de azúcares la cual disminuye el punto de congelación, el envasado después del endurecimiento del helado, o una excesiva cantidad de estabilizante. La esponjosidad y sus defectos relacionados contribuyen a una alta resistencia a la estabilización y batido (Arbuckle, 19786; Douglas, 2002).

Cuerpo débil. Se debe a la falta de firmeza o consistencia y va acompañado de un rápido derretimiento. Esto no debería ser confundido con textura “blanda” o “nevosa” y excesivo overrun. Un cuerpo débil es particularmente indeseable desde el punto de vista para el consumidor. El defecto se debe al bajo contenido de sólidos totales combinado con una insuficiencia en estabilizantes, por lo tanto, en la mezcla se forma una débil consistencia (Arbuckle, 1986).

La textura (sensación en el paladar) ideal es suave, cremosa y ligera, debido a la buena distribución de las pequeñas partículas de la mezcla. Una adecuada textura tendrá estas características: a) sensación de cremosidad pero no de untuosidad, b) sensación de frío pero no de hielo, c) sensación de corposidad pero no de masticabilidad, d) moderado derretimiento, e) estructura firme, f) ausencia de arenosidad, g) ausencia de una estructura aeriforme, h) volumen controlado (Villacís, 2010)

Textura grasosa. Se refiere a grumos de grasa lo suficientemente grandes que pueden ser detectados en la boca como resultado de una homogenización incompleta, alto contenido de grasa, una temperatura alta de la mezcla a la entrada del congelado y un lento congelamiento

Textura “gruesa” o helada. Indica que los cristales de hielo son grandes y de una mala uniformidad de tamaño, o que las burbujas de aire también son muy grandes. Dicha característica es debido a las grandes burbujas de aire que no deberían ser confundidas con un alto overrun obtenido por pequeñas burbujas de aire. La textura gruesa puede estar controlada

evitando un bajo contenido de sólidos en mezcla, suficiente estabilizante, baja temperatura en el congelamiento, rápido endurecimiento y un almacenamiento corto (Arbuckle, 1986; Sofjan y Hartel, 2004).

Textura “blanda”. Es fácilmente detectada por la presencia de grandes burbujas de aire y una textura fraccionada. Esto es debido a una excesiva incorporación de aire. Estos defectos se esperan cuando el contenido de sólidos totales no es más de una tercera parte de overrun. Cuando las burbujas de aire son grandes y una cantidad excesiva de aire la textura es descrita como “frágil” e “inconsistente”. Esto puede ser corregido por una disminución en el overrun, incremento de sólidos totales o disminución de cantidad del emulsificantes (Arbuckle, 1986; Sofjan y Hartel, 2004; Clarke, 2004).

Textura arenosa. Es gruesa como la arena en el helado derretido y es notorio no solo cuando se frota contra el paladar de la boca, pero solo cuando es masticado. Una textura arenosa pone en peligro la comerciabilidad del helado. Las condiciones favorables para el desarrollo de una textura arenosa abarcan un alto contenido en lactosa un alto, cambios de temperatura (como venta en vitrina), alta temperatura cuando se caca del congelador, baja viscosidad en la fase líquida del descongelado, y tal vez la presencia de sustancias que inician una formación de cristales (Arbuckle, 1986).

2.4.3 Defectos en las características de calidad de fusión

Si un tipo de helado se expone a temperatura ambiente debe fundir o derretirse, de forma uniforme y regular quedando similar a la mezcla original. Un helado al fundirse puede presentar los siguientes defectos:

Fusión lenta

Si el helado no se funde cuando se expone a temperatura ambiente, pensaría el consumidor que está ingiriendo un producto no natural. Frecuentemente está acompañado de defectos como gomoso, duro y con alta resistencia a la fusión

Sus causas pueden ser: excesiva cantidad de estabilizantes, homogenización de la mezcla a temperatura alta y presión alta, desarrollo de acidez en la mezcla y alto contenido de materia grasa (Villacís, 2010).

Fusión coagulada

Es la aparición de grumos en el helado derretido y una superficie como espumosa, cuajada. Estos defectos hacen que el consumidor suponga que los ingredientes usados fueron de baja calidad (Clarke, 2004; Villacís, 2010)

Actualmente este es el resultado de la desestabilización de la proteína, el cual, puede ser causado por, acidez excesiva, baja concentración de citratos y fosfatos en proporción al contenido de calcio y magnesio (Villacís, 2010).

Esto se puede corregir con un derretimiento y volver a congelar, así como el uso de mejoradores enzimáticos, ciertos estabilizadores, excesiva presión de homogenización, largo almacenamiento a bajas temperaturas (Arbuckle, 1986).

Fusión con separación de suero

Se caracteriza por la aparición de líquido claro durante la fusión y suele ocurrir cuando la mezcla es de poca calidad, especialmente si está mal estabilizada (Villacís, 2010).

Esto se puede corregir usando productos lácteos de alta calidad, un balance cuidadoso en los ingredientes de la mezcla o usando un

estabilizante más efectivo y aumentando el tiempo de maduración. (Arbuckle, 1986).

Fusión espumosa

Se manifiesta por la aparición de espuma en la superficie del helado. Es debido a grandes burbujas de aire y grandes cantidades de sólidos de huevo, emulsificantes o un exceso de gelatina de bajos sólidos en la mezcla proporcionarían una consistencia viscosa en la mezcla, que probablemente aumenten esta condición (Arbuckle, 1986; Villacís, 2010).

2.4.4 Defectos de color

El color ayuda a presentar una tentadora apariencia visual en el helado. El color ideal es una característica en el sabor, cierto tono, ni muy claro, ni muy intenso. Uniformidad del color natural en la mezcla es deseable en el helado. Un excesivo color es el resultado de añadir también mucho color artificial a la mezcla. Un color desigual resulta si el color no es propiamente agregado y solo y también si no es realizado cuando cambia el sabor. Un color no natural describe un defecto debido a insuficiente color (pálido), exceso de color (intenso), y colores que no son característicos (cierto tono) del sabor (Arbuckle, 1986).

2.4.5 Pérdida de volumen

En algunas situaciones, el helado que no tiene el endurecimiento adecuado presenta, pérdida de volumen, el helado se reduce en el envase generalmente alejándose de la tapa y/o de los lados del envase (figura 7) (Sofjan y Hartel, 2004).

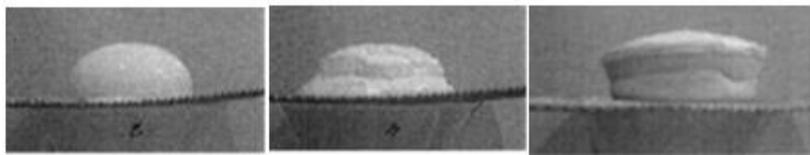


Figura 7. Pérdida de volumen en helado. **Fuente:** Baraldi y col. 2014.

La reducción de volumen resulta de la pérdida y separación de las burbujas de aire que se unen y forman canales continuos que eventualmente conducen a que el producto colapse dentro de los canales. Estructuralmente las burbujas esféricas de aire se pierden y forman canales continuos de aire ((Huit y col. 2004; Sofjan y Hartel, 2004)

Muchos parámetros han sido implicados en el mecanismo de encogimiento, incluyendo factores de la formulación como uso de proteínas inapropiadas, emulsificantes, estabilizadores, y factores como la presión atmosférica (Huit y col. 2004).

2.5 Microbiología del helado

Los helados constituyen un medio favorable para la multiplicación y supervivencia de la flora microbiana procedente de:

- ◆ La materia prima.
- ◆ Los manipuladores
- ◆ El equipo de elaboración

Su calidad microbiológica debe ser vigilada muy estrechamente, por lo que es necesario cuidar que los productos que entran en su composición sean de buena calidad sanitaria:

- ◆ Agua potable
- ◆ Leche pasteurizada
- ◆ Crema de buena calidad microbiológica
- ◆ Azúcar, huevos, aromas, etc., microbiológicamente controlados.

Los componentes de los helados son muy sensibles al crecimiento microbiano, por lo tanto, pueden ser un riesgo para la salud, sobre todo, al poder ser portadores (*St. Aureus*, *Salmonella*, *Mycobacteriaceae*, *Yersenia enterolítica* y otros).

Por lo anterior es indispensable someter a los helados a un análisis microbiológico que sirva para:

- ◆ Descubrir la posible presencia de *Salmonella* y otros patógenos
- ◆ Investigar y numerar los posibles *St. Aureus* enterotoxigénicos, causantes de la intoxicación estafilocócica.
- ◆ Investigar y numerar la flora testigo de contaminación fecal (*Escherichia coli*)
- ◆ Numerar la flora aerobia y la posible presencia de *Enterobacteriaceae* o *coliformes totales*, que orienten sobre la higiene en la elaboración

La contaminación de las materias primas puede proceder de:

- ◆ La leche de animales enfermos, leche con residuos de antibióticos o plaguicidas.
- ◆ La crema de la leche, por las mismas contaminaciones
- ◆ Los huevo y ovoproductos, por *Salmonella*
- ◆ Las frutas y productos secos, por gran variedad de microorganismos
- ◆ El chocolate, por *Salmonella*
- ◆ El azúcar, por mohos.
- ◆ La contaminación del producto durante su elaboración, a través de los manipuladores, puede proceder de:
 - ◆ El cabello, que suele contener un importante número de microorganismos variados.
 - ◆ La cavidad bucoforíngea, que contiene, con frecuencia, *St aureus* y *Streptococcus* hemolíticos. Desde la cavidad llegan al producto por medio de: tos, estornudos e, incluso, conversaciones.
 - ◆ Las manos, que soportan, del mismo modo, un número considerable de gérmenes que pueden ser habituales (*Micrococcus*,

Staphylococcus. Corynebacterium) o procedentes de infecciones cutáneas (*St. Aureus*) o del intestino (*Escherichia coli*).

- ◆ Vestidos y calzado, que, según su grado de limpieza, pueden ser vectores de cierto número de microorganismos, a veces, patógenos.
- ◆ Equipo, que puede llevar una gran cantidad de gérmenes. La presencia, en cualquier superficie, de una capa de materia orgánica conduce a una multiplicación microbiana rápida, si la temperatura es favorable. Esta flora contaminará a los alimentos que estén en contacto con la superficie contaminada. Tienen importancia en este aspecto: estropajos, paños de cocina, mesas y material mal lavado, instrumentos de madera, etcétera (Curso de manipulación de alimentos, helados y horchatas, 2003).

Estas contaminaciones se pueden evitar mediante:

- ◆ El empleo de cofias o gorros que recojan y protejan el cabello.
- ◆ Evitando toser, estornudar y hablar sobre los alimentos. Usando pañuelos desechables y mascarillas.
- ◆ Utilizando y cambiando frecuentemente las batas blancas, que serán de uso exclusivo para la elaboración del producto. Utilizando botas protectoras especiales.
- ◆ Utilizando guantes y llevando a cabo el lavado y desinfección frecuente de las manos.
- ◆ La mayor parte de la flora aportada por las materias primas, manipuladores y equipo, es termosensible y se destruye por la pasteurización sí:
- ◆ El número de microorganismo no es demasiado elevado.
- ◆ Posteriormente a la pasteurización, el producto se enfría rápidamente y se conserva a 4°C para inhibir el crecimiento de la posible flora superviviente.

Una vez elaborado el producto, se mantendrá la cadena de frío hasta su consumo.

La congelación provoca siempre una disminución del número de algunos microorganismos contaminantes y la inhibición del crecimiento de otros, aunque sobrevivan. La disminución del número de gérmenes es, habitualmente mayor en las bacterias gramnegativas, que suelen ser más sensibles que los cocos gram positivos (Pascual y Calderón, 2000; Curso de manipulación de alimentos, helados y horchatas, 2003).

Los helados de crema, de leche, grasa vegetal y sorbetes deben cumplir con las siguientes especificaciones microbiológicas (Tabla 8).

Tabla 8. Especificaciones microbiológicas para helados.

| Especificaciones límite máximo | |
|---------------------------------------|----------------|
| Mesófilos aerobios | UFC/g 200, 000 |
| Organismos coliformes | UFC/G 100 |
| Salmonella | 25 g ausente |

Fuente: NOM-036-SSA1-1993.

2.6 Aditivos y disposiciones legales

De acuerdo a la legislación mexicana, el "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios", expedidos en 1999, define como aditivo "la sustancia que se adiciona directamente a los productos durante su elaboración para proporcionar o intensificar aroma, color o sabor, para mejorar su estabilidad o para su conservación.

Los aditivos son sustancias añadidas intencionadamente a los alimentos para mejorar su estabilidad o sus propiedades organolépticas o nutritivas.

Algunos aditivos son naturales como la sal, la sacarosa o la glucosa, que se usan en grandes cantidades, otros son sintéticos como algunos

antioxidantes y colorantes; la industria química proporciona a la industria de alimentos cerca de tres mil aditivos diferentes (Primo, 1998).

Los aditivos nunca deben emplearse para enmascarar defectos en materias primas o productos de mala calidad (Baduí, 2006).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), emiten recomendaciones para el consumo de los aditivos mediante el Codex Alimentarius (Primo, 1998).

En la legislación mexicana se consideran 402 aditivos y coadyuvantes, 51 colorantes, 54 enzimas, 386 saborizantes artificiales y 2177 saborizantes idénticos al natural; esto hace un total de más de tres mil compuestos usados como aditivos y que pueden emplearse en la manufactura de alimentos. Por mucho, los saborizantes son el grupo más numeroso (Baduí, 2006).

2.6.1 Estabilizantes

Puesto que las gomas tienen funciones estabilizantes en muchos alimentos, es importante hacer notar que, en el sentido más amplio del término, un estabilizante alimenticio es cualquier material que al ser adicionado a un alimento reduce los cambios dentro de un producto alimenticio durante su almacenamiento, transporte y manipuleo (Bolliger y col. 2000; Pasquel, 2010).

Los estabilizantes retardan o evitan cualquiera de los siguientes procesos:

- ◆ Cristalización, usualmente del agua o del azúcar.
- ◆ Sedimentación gravitacional de partículas en suspensión.
- ◆ Encuentro entre partículas, gotitas o burbujas en un medio fluido.
- ◆ Floculación, coagulación o coalescencia de fracciones dispersas.
- ◆ Desagregación de agregados.
- ◆ Descremado.

- ◆ Pérdida de pequeñas moléculas o iones debido a cambios en el potencial químico del ion o molécula disuelta, o debido a la formación de una película impermeable (Bolliger; et al,2000)
- ◆ Sinéresis en geles. Aunque la sinéresis usualmente sucede como resultado de la presencia de gomas, en algunos casos donde una goma es adicionada para formar un gel (esto es una función no estabilizante), una u otra goma pueden ser adicionadas para prevenir sinéresis, convirtiéndose, por tanto, en un estabilizante (Martínez, 2002; Pasquel, 2010).

En general los estabilizantes se los clasifica en:

- ◆ Emulsionantes
- ◆ Espesantes
- ◆ Gelificantes
- ◆ Antiespumantes
- ◆ Humectantes

Algunas de estas sustancias cumplen más de una de las funciones descritas, por lo que generalmente se los denomina como “estabilizantes” (Martínez, 2002)

En el caso particular de los helados los estabilizantes que más nos interesan son los emulsionantes, espesantes y gelificantes.

Los emulsionantes tienen la propiedad de mantener una dispersión uniforme entre dos o más fases no miscibles entre sí.

Los espesantes y gelificantes dan a los helados una estructura firme, “con cuerpo” (Di Bartolo, 2005).

2.6.1.1 Razones de utilización del estabilizante

Moss (1955) menciona, que al comparar un helado que no emplea un estabilizante, el helado tendrá un cuerpo pesado y no tendrá una consistencia tan cremosa.

Doan y Keeney (1965), explican que todos los estabilizadores incrementan la viscosidad de una porción no congelada la cual restringe la formación de núcleos de cristales así limitando el tamaño de cristales. La habilidad de los estabilizadores para atrapar grandes cantidades de agua permite mantener una textura suave en el helado.

Glickman 1963 señala, que la función de las gomas hidrofílicas en productos estabilizantes es reducir la cantidad de agua libre en la mezcla al ligarla como agua de hidratación o inmovilizarla con la formación de un gel proporcionando un buen cuerpo, textura suave, bajo derretimiento y resistencia al choque de calor en el producto final.

Shipe *et. al.* (1963) encontraron que los efectos de los estabilizantes en las características de los helados durante el congelamiento están asociados con cambios en la estructura y en la velocidad de migración de los solutos a través de las membranas. Se cree que la migración de los solutos influye sobre la velocidad de cristalización (Arbuckle, 1986).

En resumen, los principales usos de los estabilizadores son: producir cuerpos y texturas más suaves, retardar el crecimiento de cristales durante el almacenamiento, dar uniformidad al producto y proveer resistencia al fundido (Bolliger, 2000).

2.6.2 Emulsificantes

En el caso de los helados, los estabilizadores que más nos interesan son los emulsificantes, espesantes y gelificantes (Madrid y Cenzano, 2003)

Los emulsificantes con también llamados emulsionantes, emulsivos o emulgentes se definen como aquellos que, añadidos a los productos alimenticios, tienen como fin mantener la dispersión uniforme de dos o más fases no miscibles, evitando la sinéresis o separación de fases (figura 8, a con emulsionante, b sin emulsionante) ya que actúan en la interfase de la emulsión, también se les conoce como surfactantes (Martínez, 2002; Madrid y Cenzano, 2003).

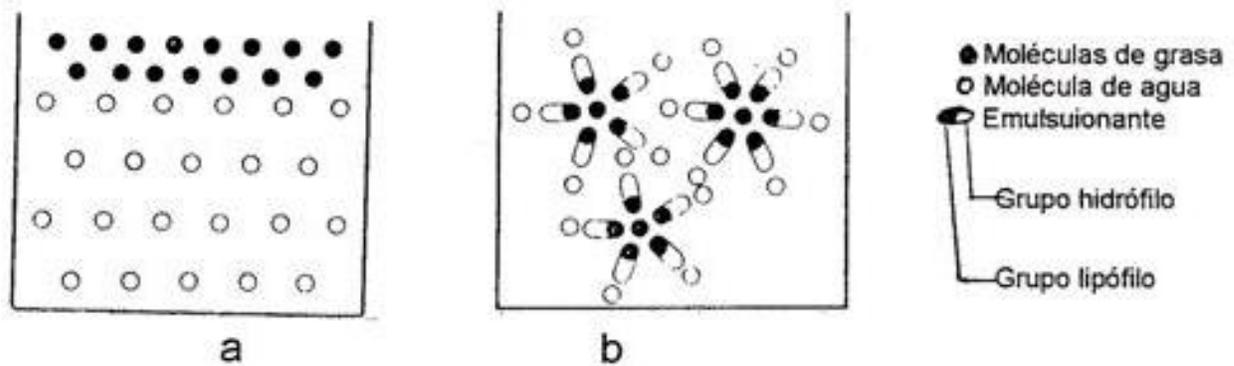


Figura 8. Acción agente emulsificantes en una solución.

Fuente: Emulsiones cárnicas, 2014.

Los emulsionantes son agentes anfifílicos (del griego *amphi*, de ambos lados) constituidos por dos fracciones diferentes: una parte hidrófila que se solubiliza en agua, y otra hidrófoba o lipófila, que lo hace mejor en los lípidos (figura 9). Su eficacia está ligada a su solubilidad en cada fase y para ejercer una mejor acción debe ser más soluble en una fase continua; por ejemplo, una emulsión aceite en agua requiere un emulsionante más hidrosoluble. Sin embargo, esta regla se modifica por efecto de la temperatura; entonces, si

un emulsionante se solubiliza fácilmente en agua fría, es probable que al aumentar la temperatura lo haga mejor en los lípidos (Badui, 2006; Rebollo, 2008).

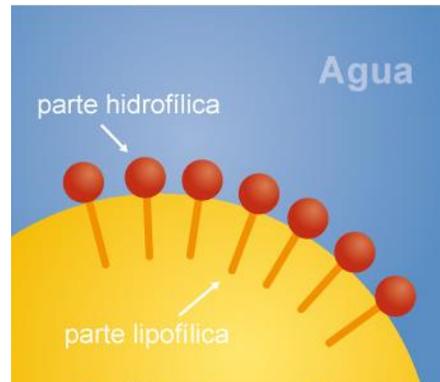


Figura 9. Representación fracciones del emulsionante.

Fuente: Tate y Lyle, 2014.

Los emulsificantes permiten la formación de una emulsión por su efecto en la reducción de la tensión superficial, para conseguir su finalidad se concentran en la interfase grasa y agua en los helados, reduciendo la tensión superficial y consiguiendo una emulsión estable. Por tanto, disminuyen el trabajo necesario para emulsionar los dos fluidos; la fuerza que se proporciona al sistema es mediante un trabajo mecánico proporcionado por un batido, homogenización, etcétera (Rebollo, 2008).

Hay dos tipos de emulsificantes usados en los helados:

Emulsificantes naturales

Son constituyentes derivados de la leche incluyendo proteínas de la leche, lecitina y fosfatos y citratos. Los productos de yema de huevo poseen un contenido alto de lecitina y ha sido usado en helados por mucho tiempo. Los emulsificantes están disponibles en estado líquido, semisólido y en polvo y pueden incluir glicéridos, lecitina y ácidos grasos de ésteres. Los productos de mono y diglicéridos han ganado popularidad en su uso (Arbuckle, 1986).

Emulsificantes sintéticos

Dentro de los emulsionantes sintéticos se encuentran una serie de compuestos no iónicos. En ellos a diferencia de los compuestos iónicos, no existe el peligro de que la capacidad tensioactiva disminuya debido a la formación de sales con componentes del ambiente. El empleo de emulsionantes está regulado en los distintos países por diferentes normas (Arbuckle, 1986; Belitz, 2012)

2.6.2.1 Razones de utilización de emulsificantes

El valor de los agentes emulsificantes en la elaboración de helados permite ampliamente mejorar la calidad de batido de la mezcla, la producción de un helado menos arenoso con un cuerpo más suave y teniendo una calidad superior en la textura al congelarse, dando un control más exacto en el proceso de elaboración de estos (Arbuckle, 1986).

En la mezcla destinada a la fabricación del helado forman los emulsionantes un complejo con grasa y proteína, estabilizando así la emulsión. Al enfriar y batir el helado en el congelador, se desestabiliza una parte de la grasa emulsionada y los glóbulos grasos se aglomeran para formar racimos. Este proceso resulta controlado por la clase y cantidad del emulsionante. Los emulsionantes influyen de esta manera sobre el entramado graso constituido y como consecuencia sobre la consistencia del helado. Como resultado de disminuir la tensión superficial, el aire puede distribuirse uniformemente en el helado, con lo que el batido resulta favorecido (Timm, 1989).

El efecto de los emulsificantes puede ser evaluado al determinar el valor de la tensión superficial. El uso de emulsificantes disminuye la velocidad de derretido en un helado terminado. El tamaño de la estructura muestra que los emulsificantes producen cristales de hielo muy pequeños distribuidos

uniformemente, así como burbujas muy pequeñas resultando un helado suave (Arbuckle, 1986).

Son varias causas que pueden provocar una separación de fases en un helado:

- ❖ Agitación inadecuada
- ❖ Acciones microbianas
- ❖ Conservación o almacenamiento a temperaturas inadecuadas. (6. Madrid y Cenzano, 2003)

La estabilidad de la emulsión de grasa y agua se consigue por:

- ❖ Medios mecánicos (homogenización y batido)
- ❖ Adición de emulgentes (Arbuckle, 1986; Madrid y Cenzano, 2003).

En la figura 10 se observan glóbulos de grasa al operar con presiones de homogeneizaciones en exceso, óptimas y deficientes.

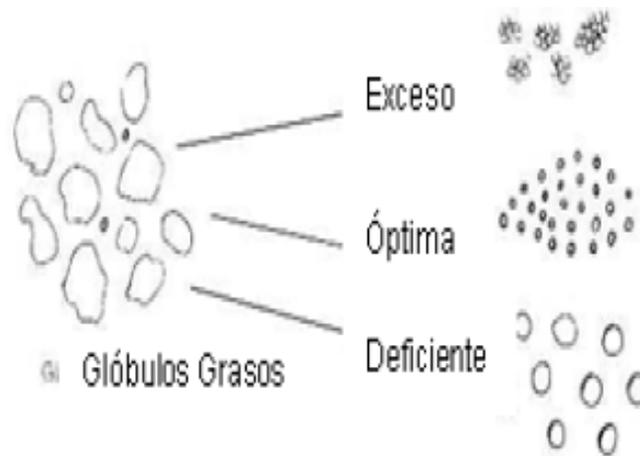


Figura 10. Glóbulos grasos con presiones de homogeneización en exceso, óptimas y deficientes.

Fuente: Mantello, 2014.

2.6.3. Hidrocoloides

Una goma puede ser definida en sentido amplio, como cualquier polisacárido soluble en agua, que puede ser extraído a partir de vegetales terrestres o marinos, o de microorganismos, que poseen la capacidad, en solución, de incrementar la viscosidad y/o de formar geles.

Los hidrocoloides o gomas, cumplen diversas funciones en los alimentos procesados: controlan viscosidad y separación de fases, previenen sinéresis, aumentan vida de anaquel, retardan formación de cristales, suspenden partículas, forman geles, retienen humedad, crean cuerpo y forma, regulan punto de congelación, aportan fibra natural, estabilizan espumas y mejoran presentación.

Las gomas se dividen en tres grupos: naturales, semisintéticas y sintéticas. Las primeras se subdividen de acuerdo a su origen en: exudados de árboles, obtenidas de semillas, algas y de fermentación microbiológica, como la goma xantano (Pasquel, 2010).

Klose y Glickman (1968) consideraron el uso de gomas en los helados como estabilizantes, pero por razones de precio o funcionalidad han sido generalmente remplazadas por alginatos, CMC, goma guar y locuste. Ellos clasificaron a las gomas como naturales, modificadas y sintéticas.

Agruparon en las gomas naturales a los exudados de árboles, semillas y raíces, extractos de algas y otras fuentes; dentro de las gomas modificadas como derivados de celulosas, derivados de almidón y fermentaciones microbianas y otras fuentes; y gomas sintéticas como polímeros de vinilo, polímeros de acrílico y polímeros de óxido de etileno (Arbuckle, 1986).

A continuación, se muestra en la tabla 9 las características principales de las gomas más usadas en la industria de alimentos, así como su origen y aplicaciones.

Tabla 9. Características principales de las gomas más usadas en la industria de los alimentos.

| Nombre | Principales constituyentes | Fuente | Usos | Propiedades características |
|--------------|--|--|---|--|
| Goma guar | Cadena principal de unidades de D-manopiranososa y D-galactopiranososa, en proporción 2:1, unidos por enlaces glicosídicos | Semillas de <i>Cyamopsis tetragonolobus</i> | Espesante y estabilizante para helados, salsas y lácteos. | Se dispersa en agua fría o caliente para formar un sol. No gelifica. Posee alta viscosidad en bajas concentraciones. |
| Goma locuste | Cadena principal de unidades de D-manopiranososa ligada a residuos de D-galactopiranososa | Obtenido de la <i>Ceratonia siliqua</i> de la familia Leguminosae | Estabilizante de emulsiones, espesante de helados y lácteos. Encapsulante | Se dispersa en agua fría o agua caliente formando un sol. Sinergismo con carrageninas. No gelifica. |
| Goma arábica | D-galactopiranososa, L-ramnosa, L-arabinofuranosa y ácido D-glucourónico | Exudado de la <i>Acacia senegal</i> (L.) Willd, y otras especies de la familia Leguminosae | Estabilizante de emulsiones y encapsulante | Bastante soluble en agua. Debido a su bajo peso molecular (cerca de 250000) y estructura ramificada, forma soluciones poco viscosas. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| <p>Goma tragacanto: tragantina, basorín</p> | <p>Fracción soluble en grasa: residuos de ácido D-galactourónico y D-xilopiranososa. Fracción insoluble en agua: L-arabinopiranososa, D-xilopiranososa y ácido D-galactourónica</p> | <p>Exudado de <i>Astragalus gummifer</i> Labillardier, o de especies asiáticas de <i>Astragalus</i> de la familia Leguminosae</p> | <p>Estabilizante de emulsiones y espesante</p> | <p>En agua forma soluciones altamente viscosas aún a bajas concentraciones. Resiste la acción ácidos y es una de las pocas gomas exudadas de color casi blanco.</p> |
| <p>Agar</p> | <p>Agarosa: D-galactopiranososa 3,6-anhidro-L-galactopiranososa. Agarpectina: D-galactopiranososa, 3,6-anhidro-L-galactopiranososa, ácido D-glucourónico, ácido pirúvico, sulfato</p> | <p>Algas marinas del género <i>Gelidium</i></p> | <p>Gelificante para dulces, masas y carnes.</p> | <p>Insoluble en agua fría, soluble en agua en ebullición. Forma geles bastante firmes a temperatura ambiente. Sus geles son termorreversibles. Retrógrada</p> |
| | | <p>Algas rojas de la familia</p> | <p>Gelificante para lácteos.</p> | <p>Soluble en agua cerca de 80°C. Gelifica con K,</p> |

| | | | | |
|--------------|---|---|---|--|
| Carragenina | D-galactopiranososa y 3,6-anhidro-D-galactosa, esterificados con H ₂ SO ₄ | Rhodophyceae: <i>Chondrus crispus</i> y <i>Gigantina mamillosa</i> | Espesantes y estabilizante en salsas y sopas. | formando geles termorreversibles. |
| Alginato | Cadenas de ácido D-manourónico y ácido L-gulurónico | Algas marrón como <i>Laminaria digitata</i> y <i>Macrocystis pyrifera</i> . | Gelificante en lácteos, estabilizante y espesante. | Insoluble en agua fría. Soluble en soluciones alcalinas. Forma geles con Ca ⁺² y Al ⁺³ |
| Goma karaya | Ácido D-galactourónico, residuos de L-ramnopiranososa, D-galactopiranososa y una cetohehexosa. | Exudado de planta <i>Sterculia urens</i> . | Espesante de lácteos. Estabilizante de emulsiones | Poco soluble en agua. Absorbe grandes cantidades de agua. Está sustituyendo a la goma tragacanto |
| Goma xantana | D-glucopiranososa, D-manopiranososa y ácido D-glucourónico en proporción de 2.8:3.0:2.0. Además | Producto de la fermentación de un substrato conteniendo D- | Estabilizante y espesante. Muy usada en salsas para ensaladas | Soluble en agua fría o agua caliente. Solución viscosa poco afectada por pH y por la temperatura. No |

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| | contiene grupos acetílicos y residuos de ácidos pirúvico. | glucosa <i>Xanthomonas campestris</i> | | gelifica. Comportamiento pseudoplástico. |
|--|---|--|--|--|

Fuente: (Pasquel, 2010)

2.6.3.1 Razones de su utilización

Turnbow *et al.* (1946) menciona los beneficios de usar gelatina como estabilizante como tener una propiedad peculiar de absorber agua y formar un gel cuando la temperatura y concentración son favorables, retardando la formación de cristales en el helado. Recomienda usarla en un rango de 0.18-0.25% dependiendo de la composición del helado.

Glickman *et al.* (1943) reportaron que al emplear CMC con uno o más estabilizadores, como carragenina, goma locuste o gelatina, se obtienen mejores resultados en el helado que al emplear CMC sola (Arbuckle, 1986).

En el caso de la carragenina es usada en combinación con otras gomas estabilizantes para prevenir el desuerado en los helados de leche.

La goma agar se usa en combinación con gelatina para usarla como estabilizante en sorbetes y helados. Aunque se hincha, absorbe grandes cantidades de agua y esto provee dureza en el producto terminado, no es de fácil dispersión en la mezcla y tiende a producir un cuerpo arenoso. Es también de alto costo (Pasquel, 2010).

La goma CMC posee alta capacidad para ligar agua y es fácil de disolver en la mezcla -dos cualidades de un buen estabilizador- y funciona también como emulsificante. La cantidad a usar es menor en comparación con la gelatina. No forma un gel firme como la gelatina (Arbuckle, 1986; Pasquel, 2010).

La pectina es usada en sorbetes y helados, sin embargo, en los últimos, no es muy buena como estabilizante.

La goma carobo se emplea como estabilizante en sorbetes y helados. Su principal desventaja es que inhibe el overrun. Tiende a coagular las proteínas de la leche, su uso en helados es limitado y su empleo en temperaturas mayores a 100 °F debe ser evitado.

El uso de la goma guar en helados se emplea en combinación con la carragenina. La goma guar es soluble en soluciones frías, y es usada como estabilizante en mezclas a pasteurizar a altas temperaturas por periodos cortos o pasteurización continua (Arbuckle, 1984).

2.6.4 Colorantes

Colorante, material que imparte color a otro material o mezcla, elaborado por un proceso de síntesis o similar; por extracción o por separación, obtenido de una fuente animal, vegetal o mineral y que posteriormente se someta a pruebas fehacientes de seguridad que lo liberan para su aplicación en alimentos que directamente o a través de su reacción con otras sustancias es capaz de impartir el color que le caracteriza (NOM-118-SSA1-1994).

La industria de alimentos utiliza colorantes para restituir el color perdido en los procesos de elaboración o para dar colores atractivos a algunos preparados. El mayor uso es en bebidas, helados, dulces, caramelos, sopas, pastas, platos preparados, margarinas, etcétera.

Los colorantes utilizados son naturales o sintéticos, obtenidos por síntesis orgánica; en algunos casos, los compuestos naturales obtenidos por síntesis compiten con los extraídos de fuente la naturaleza; tal es el caso de algunos carotenoides (Primo, 1998).

Colorante inorgánico, compuesto de origen sintético o mineral, tiene estabilidad a la luz, soluble en el agua y en los disolventes orgánicos, presenta resistencia a los álcalis y ácidos débiles, se emplea como aditivo de color en alimentos y productos de perfumería y belleza (NOM-118-SSA1-1994).

Colorante puro, cantidad de principio activo que imparte color, contenida en un colorante excluyendo cualquier componente intermedio, diluyente o sustrato (NOM-118-SSA1-1994).

De acuerdo con las regulaciones de México, existen 51 colorantes, naturales y sintéticos, que están permitidos para el uso en alimentos.

Los colorantes sintéticos son principalmente derivados azoicos (tartracina, azorrubina, rojo allura, etcétera), pero también quinoles, derivados de trifenilmetano y otros. La ingesta diaria aceptable para los distintos colorantes varía desde 1 hasta 13 mg/kg (Baduí, 2006).

2.6.4.1 Razones de utilización de colorantes

Se utilizan por varias razones: 1. Dar el color al producto. 2. Reforzar el color y 3. Garantizar el color uniforme entre diferentes lotes de elaboración (Primo, 1998).

En primer lugar, deben mencionarse algunos alimentos coloreados con los que se tiñen los helados y materias primas de éstos: β -caroteno para los tonos de color amarillo y naranja; jugo concentrado o polvo de acelga roja para el color rojo; espinaca en polvo para el verde, y azúcar caramelizada para el color castaño. En presencia de estabilizadores inadecuados, algunos colorantes azoados pueden flocular en solución acuosa; otros pueden reducirse fácilmente.

También con los colorantes naturales se pueden colorear suficientemente bien los helados (Timm, 1985).

2.6.5 Saborizantes

El saborizante es la sustancia o mezcla de sustancias de origen natural, idénticas al natural o sintética que se utilizan para proporcionar o intensificar el aroma o sabor de los productos.

En la selección de saborizantes es importante considerar la calidad de la mezcla del helado para la cual van a ser usados, desde sabores muy ligeros que pueden esconder el sabor de los saborizantes añadidos (Baduí, 2006).

La vainilla y el chocolate son sabores dominantes, sin embargo han ido cambiando en el rango de sabores.

El sabor tiene dos características importantes, tipo e intensidad. Generalmente el delicado y suave sabor es fácilmente mezclados y tienden a no usarse a altas

concentraciones, mientras que los sabores fuertes son empleados en bajas concentraciones. Además, los sabores suaves son preferibles sobre los sabores fuertes (Arbuckle, 1986)

Algunas moléculas de sabor son solubles en grasa mientras que otros son solubles en agua, esto afecta la percepción del sabor en el helado, los sabores en agua están presentes en la matriz y son liberados rápidamente en el consumo, mientras que los solubles en grasa son liberados más lentamente (Rebollo, 2008).

Hay diferentes saborizantes disponibles para el helado: sabor vainilla, chocolate, frutas y nuez, generalmente estos imparten un ligero sabor natural que suele ser satisfactorio.

El delicado y ligero sabor impartido por los saborizantes naturales posee un nivel de intensidad que produce un sabor agradable, sin embargo, a altas concentraciones es peligroso. Esto no sucede en el caso de los saborizantes artificiales, los cuales pueden dejar un resabio pronunciado o sabores desagradables incluso en bajas concentraciones.

La vainilla es sin excepción el sabor más popular de los helados. Estudios han mostrado que cerca del 75% de todos los helados contienen saborizante vainilla el cual es obtenido en forma de extracto y tuvo una demanda creciente en las concentrados, pasta, polvos y preparados de azúcar.

En la elaboración del helado de vainilla el saborizante debe ser usado en cantidades suficientes y deben ser de la mejor calidad.

De acuerdo a los estándares federales de identificación los saborizantes y etiquetados de productos congelados terminados son divididos en tres categorías:

1. Extractos puros (10-20% de mercado)
2. Extractos puros con componentes sintéticos (cerca del 75% del mercado)
3. Saborizantes artificiales (cerca del 10% del mercado)

Dentro de los saborizantes naturales tenemos: frutos cítricos y no cítricos frutos tropicales, frutos libres de azúcar, de origen botánico, especias, cocoa y chocolate, café, saborizantes naturales de vainas de vainilla y nuez.

Los saborizantes sintéticos incluyen aromatizantes químicos e imitadores de sabor. Estos saborizantes forman una parte importante entre los 50 saborizantes más usados comercialmente, sin embargo, no son los menos comunes en el helado (Arbuckle, 1986).

2.6.5.1 Razones de utilización de saborizantes.

Hay muchos saborizantes que pueden ayudar a que elaboradores de helados aumenten sus ventas:

1. Mejor desarrollo en los procesamientos para frutas y nueces.
2. Desarrollar la calidad de los niveles de sabor para el ligero incremento en el precio.
3. Ajustar el nivel del sabor para evitar los defectos de sabor en todas las líneas
4. Usar solo sabores con buenos solventes para evitar resabios.
5. Utilizar extensores de sabor con precaución.
6. Evaluar regularmente los saborizantes y ajustarlos a las demandas del mercado (Timm, 1985).

Los factores que influyen para la aceptación del helado son: la pobreza o exceso del saborizante añadido, una mala distribución de éste o la pobre homogeneidad del sabor, partículas muy grandes o muy pequeñas, color o ingredientes equivocados (Arbuckle, 1984)

Aunque estos algunas veces contienen vainilla pura, el sabor llega a ser menos intenso durante el almacenamiento. Lucas (1929) concluyo que no hay una tendencia a desaparecer el sabor en el helado durante un periodo de almacenamiento de 3 meses a -10°F (-23.33°C), sin embargo los sabores que se

llegan a desarrollar durante el almacenamiento podrían disminuir el sabor de la vainilla (Arbuckle, 1984; Timm, 1985).

2.6.6 Aromatizantes

Los agentes aromáticos se definen como aquellas que proporcionan olor y sabor a los productos alimenticios a los que se incorporan (Madrid y Cenzano, 2003).

Se utilizan en alimentos producidos industrialmente, que en parte requieren una aromatización (tabla 10), debido a que durante la fabricación y el almacenamiento se producen pérdidas. Para la aromatización se utilizan concentrados aromáticos, esencias, extractos y compuestos individuales (Villacís, 2010).

Los aromatizantes naturales pueden ser órganos vegetales, desecados y pulverizados, como extractos concentrados.

La industria química produce mezclas de aromatizantes sintéticos que imitan, con gran fidelidad, a los aromas naturales. Se ofrecen aromas sintéticos de sorprendente perfección, en muy diversas frutas, de especias de coñac, de cebolla, de carne condimentada, de pescado, de quesos distintos, de mantequilla, de chocolate, vainilla, café, etc. esto se puede hacer gracias al buen conocimiento que se tienen actualmente de los componentes de los aromas naturales, el cual se ha logrado por el avance de las técnicas instrumentales de investigación (Belitz, 2012).

Las esencias y sustancias naturales aromatizantes líquidas suelen acondicionarse absorbiéndolas sobre un soporte sólido, como sacarosa, almidón (Primo, 1998; Belitz, 2012).

Tabla 10. Utilización de aromas en la fabricación de alimentos.

| Grupo de productos | Proporción(100%) ^a |
|--|-------------------------------|
| Bebidas no alcohólicas | 38 |
| Dulces | 14 |
| Productos "savoury" ^b "snacks" | 14 |
| Productos de panadería | 7 |
| Productos lácteos | 6 |
| Postres | 5 |
| Helados | 4 |
| Bebidas alcohólicas | 4 |
| Otros | 8 |

Fuente: Belitz, 2012

^a Datos aproximados

^b Línea de productos salados, tales como verduras, especias, carne

Se pueden establecer varias clasificaciones de los aromas según su procedencia, olor, sabor, etc., desde el punto de vista de su origen podemos establecer dos grandes grupos.

Agentes aromáticos naturales

Tenemos los directamente obtenidos a partir de productos tales como frutos, cortezas de frutos, etc., así como los obtenidos por síntesis a partir de productos naturales (Timm, 1985; Belitz, 2012).

Los aromas sintéticos o artificiales

Son muy usados en la actualidad por varias razones.

- ◆ Tienen un alto poder aromatizante, bastando unas dosis muy pequeñas para conseguir el efecto deseado

- ◆ Son más baratos que los aromas naturales
- ◆ Son más persistentes que los aromas naturales

Los aromas también los podemos clasificar también según su sabor:

- ◆ Dulce
- ◆ Amargo
- ◆ Acido
- ◆ Salado
- ◆ Picante
- ◆ Astringente
- ◆ Metálico
- ◆ Alcalino
- ◆ Etc.

Igualmente se pueden clasificar según su olor (etéreos o a frutas, aromáticos, fragantes o balsámicos, ambrosiáceos, aliáceos o a ajo, repulsivo, fétido, etc.) (Timm, 1985).

En cuanto a la toxicidad de los agentes aromáticos podemos decir que no hay ningún peligro con los naturales. En cuanto a los artificiales autorizados, dadas las dosis tan bajas a que se consumen no hay ningún riesgo. Algunos aromatizantes naturales y artificiales tomados a dosis muy altas, impropias de su empleo en los alimentos, pueden tener acciones irritantes y narcóticas. Otros, sin producir toxicidad aguda, provocan toxicidad crónica a largo plazo, siempre que se tomen a dosis muy superiores a las recomendadas. Hay que tener en cuenta que las sustancias activas aromáticas se utilizan en helados y otros alimentos a proporciones muy bajas (0.1 a 10 ppm).

2.6.6.1 Razones de utilización de aromatizantes

Los aromatizantes más importantes para los helados son los aceites aéreos de los frutos cítricos. Para reforzar el aroma en los helados de fruta se utilizan esencias

naturales de frambuesa, cereza, grosella negra, manzana, pera o avellana. El costoso extracto de vainilla suele sustituirse por vainillina o esencias artificiales de vainilla. La vainillina es el más importante aromatizante idéntico a lo natural para las variedades de helado portadoras de leche. La vainillina suele obtenerse a partir de la lignina. Es componente principal de todas las esencias artificiales de vainilla (Timm, 1985; Belitz, 2012).

2.7 Sustitutos de azúcar bajos en calorías

Los edulcorantes son compuestos naturales o sintéticos con sabor dulce, pero con un poder energético nulo o insignificante en proporción a su poder edulcorante y que carecerán por tanto de valor nutritivo (Belitz, 2012).

El poder edulcorante, es la capacidad de una sustancia para causar dicha sensación, se mide subjetivamente tomando como base de comparación la sacarosa, a la que se le da un valor arbitrario de 1 o de 100. Es decir, si un compuesto tiene un poder de dos (uno para la sacarosa), indica que es 100% más dulce que el disacárido y se puede usar al 50% para lograr el mismo nivel de dulzor (Baduí, 2006.)

Estos sustitutos de la sacarosa tienen un metabolismo en el cuerpo independiente de la insulina, lo que es una ventaja para las personas que padecen diabetes.

El sabor dulce se puede atribuir a la estructura general de la molécula o al conjunto de interacciones que tienen sus componentes (Madrid, 2002).

2.7.1 Características de un buen edulcorante

No sólo es necesaria la aportación de un sabor dulce para que se considere a una sustancia como edulcorante. Debe reunir una serie de requisitos importantes para la aplicación técnico-alimentaria entre los que se encuentran:

- ◆ Solubilidad suficiente
- ◆ Estabilidad a un intervalo amplio de temperatura y pH para que pueda resistir las condiciones del alimento en el que se va a utilizar y a los tratamientos a los que se vaya a someter.
- ◆ Sabor dulce lo más puro posible. Sin sabores secundarios o residuales.
- ◆ Que tenga un poder edulcorante superior al de la sacarosa, para así a menor cantidad conseguir iguales resultados que los que ofrece la sacarosa y de esta manera conseguir un menor aporte calórico y un beneficio económico.
- ◆ Que sea inocuo.

Existe un término utilizado para tener una referencia comparativa de dulzor de los edulcorantes respecto a la sacarosa. Equivale a los gramos de sacarosa que hay disolver en agua, para obtener un líquido con igual sabor que la disolución de 1 gramo de edulcorante artificial en el mismo volumen. A éste valor se le llama poder edulcorante (Madrid, 2002; Baduí, 2006; Belitz, 2012).

2.7.2 Tipos y propiedades

Se clasifican en base a su aporte calórico:

- Edulcorantes nutritivos (o de volumen):
 - ✓ Sacarosa y otros disacáridos (maltosa, lactosa)
 - ✓ Monosacáridos (glucosa, fructosa...)
 - ✓ Polioles (sorbitol, manitol, maltitol, xilitol, lactitol...)

La sacarosa (azúcar común) es el más representativo de este grupo. Es sabido que durante mucho tiempo esta azúcar quedó completamente excluida de la dieta o plan alimenticio de los diabéticos sustituyéndola a su vez por edulcorantes alternativos (Madrid, 2002).

Sin embargo, es importante saber que la denominación “sin azúcar” no es equivalente a “sin carbohidratos”.

Además de la sacarosa, los más empleados son: los azúcares fructosa y dextrosa, y los alcoholes azucarados como el sorbitol y el manitol. Todos los azúcares mencionados contienen el mismo número de calorías por gramo y cuando se consumen en cantidades excesivas pueden elevar los niveles de glucosa sanguínea.

La fructosa la podemos encontrar en la fruta y en la miel, es más dulce que la sacarosa. Las personas que presentan niveles elevados de glucosa en sangre debido a la insuficiencia de insulina convierten la fructosa en glucosa lo que eleva aún más su nivel de glucosa sanguínea.

Así mismo, cantidades elevadas en el consumo de fruta mantienen cifras altas de triglicéridos, padecimiento muy común en diabéticos (Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología, 2010).

Los alcoholes azucarados (sorbitol, manitol, xilitol), no se absorben de manera completa y, por tanto, dan lugar a una hiperglucemia después de los alimentos, pero de un grado menor, sin embargo, el que no se absorban bien puede producir problemas gástricos (mala absorción). El sorbitol se encuentra en muchos productos como helados de crema, goma de mascar y caramelos "sin azúcar", así como en productos de pastelería. (Madrid, 2002; Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología, 2010).

- Edulcorantes no nutritivos (o intensos):
 - ✓ Sacarina
 - ✓ Ciclamato
 - ✓ Acesulfame K
 - ✓ Neohesperidina dihidrochalcona (NHDC)
 - ✓ Taumatina
 - ✓ Aspartame (tiene un aporte nutritivo similar a una proteína, despreciable a la dosis que se aplica)

Casi no aportan calorías y no influyen en los niveles de glucemia (Madrid, 2002).

La sacarina (encontrada con múltiples nombres comerciales: Sucaryl®, Sugar Twin®, Sweet Magic®, Sweet-n-Low®, Zero-cal®), se comercializa desde hace bastante tiempo. Es 300 veces más dulce que la sacarosa.

El aspartamo (Nutrasweet®, Equal®, SweetMate®) es 180 veces más dulce que la sacarosa (figura 11). Debido a que está constituido por fenilalanina, las personas que padecen una enfermedad llamada Fenilcetonuria y que no pueden metabolizar esta sustancia no deben consumir este edulcorante. Se ha utilizado en numerosos productos como cereales, bebidas no alcohólicas y gomas de mascar. Es inestable a temperaturas altas y pierde su propiedad de edulcorante, de manera que no se utiliza en la preparación de alimentos.

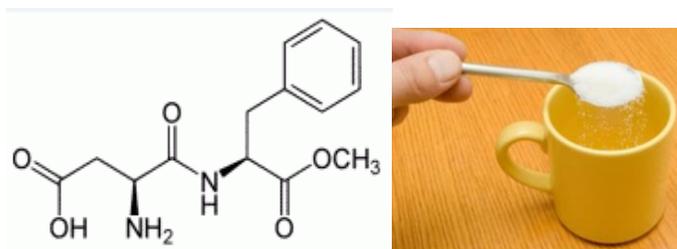


Figura 11. Estructura molecular de aspartame.

Fuente: Asociación Internacional de Edulcorantes, 2011.

El acesulfame K (Sunette®, Sweet One®) es aproximadamente 200 veces más dulce que la sucralosa (figura 12). Es estable en forma líquida y se puede utilizar para la preparación de alimentos; no ha dado lugar a efectos adversos importantes.

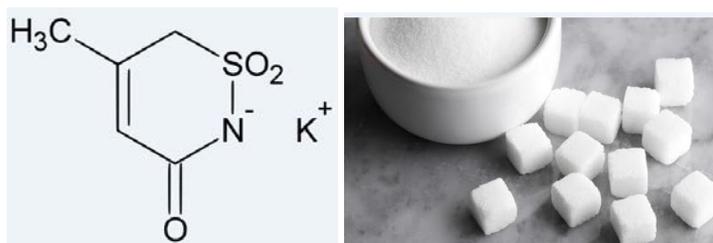


Figura 12. Estructura molecular de acesulfame K.

Fuente: Asociación Internacional de Edulcorantes, 2011.

La sucralosa (Splenda®) es un edulcorante no calórico derivado del azúcar (figura 13). Es 600 veces más dulce que la sacarosa. Se ha incorporado como edulcorante bajo en calorías en frutas, zumos, productos de pastelería, salsas y jarabes, además se puede utilizar en pacientes diabéticas embarazadas.

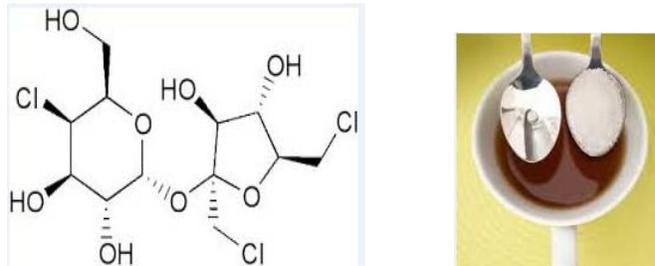


Figura 13. Estructura molecular de la sucralosa. **Fuente:** (Villacís, 2010).

Todos estos sustitutos de la sacarosa pueden emplearse en pacientes diabéticos siempre y cuando se consuman sin excesos (Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología, Diabetes, 2010).

2.8 Sustitutos de grasa

Los sustitutos de grasas son ingredientes que se utilizan para sustituir total o parcialmente la materia grasa de los alimentos. Hay que distinguir, los verdaderos sustitutos de las grasas, que pueden sustituir la grasa original en cantidades equivalentes, y los llamados emuladores (o simuladores) de grasas, sintetizados a base de proteínas, hidratos de carbono y otros biopolímeros, que en ocasiones son meramente espesantes, y que no pueden alcanzar una sustitución de la grasa al 100% desde el punto de vista sensorial y funcional.

Los sustitutos y emuladores de materia grasa permiten reformular el producto sustituyendo la grasa por otros ingredientes que aportan menos calorías, pero que mantienen lo más posible las propiedades sensoriales y funcionales de los alimentos originales. Las aplicaciones actuales abarcan: postres, productos para

extender, salsas, pasteles, aperitivos, galletas, productos cárnicos, productos lácteos, sopas, aderezos para ensaladas, helados.

Desde el punto de vista dietético, la grasa debería aportar entre un 30-35% de nuestras necesidades energéticas, además, de las grasas saturadas no debería derivar más del 10% de la energía y la ingesta diaria de colesterol no debería superar los 300 mg.

Clasificación de los sustitutos de grasas

Se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- a) Sustitutos de naturaleza lipídica
 - b) Emuladores basados en proteínas
 - c) Emuladores basados en hidratos de carbono, fibras, espesantes y gomas
- (Alimentos. Sustitutos de grasas, 2005).

2.8.1 Tipos y propiedades

Se dividen en dos grupos dependiendo de su origen:

- ◆ Naturales (imitaciones de la grasa)
- ◆ Artificiales (sustitutos de la grasa)

En cuanto a las imitaciones de la grasa se encuentran proteínas microparticuladas y carbohidratos.

Proteínas microparticuladas

Estos sustitos son adecuados para los productos lácteos (helados, postres, etc.), que no se calientan a temperaturas altas. De hecho, 3 g de grasa pueden reemplazarse por 3 g de sustituto hinchado (1g de proteína +2 g de agua) o 27 kcal por 4 kcal.

Carbohidratos

Los carbohidratos poliméricos se utilizan como sustitutos de la grasa. No se digieren en el intestino delgado y se clasifican como fibra. Sin embargo, algunas de estas sustancias son degradadas por las bacterias del intestino grueso con formación de ácidos grasos de cadena corta. Estos ácidos se absorben y la ganancia de energía es de 2kcal/g, la mitad que en el caso de los carbohidratos digeribles. La energía (kcal/g) proporcionada por los componentes de la fibra que se utilizan para sustituir a las grasas: salvado de trigo (1.5), salvado de cebada (0.9), salvado de avena (0.1), fibra de manzana (1.6), salvado de habas de soya (0.7) y fibra de guisante (0.2). Los sustitutos de la grasa a base de carbohidratos incluyen los almidones resistentes que se forman durante la retrogradación del almidón. También son importantes los polímeros de fructosa, pectina y celulosa modificados, por ejemplo, la carboximetilcelulosa (Belitz, 2009).

Poliésteres de carbohidratos.

Los monos, oligo y polisacáridos dan lugar a productos similares a las grasas cuando se esterifican con ácidos grasos. En general, el material de partida es la sacarosa en forma de acetato, que se funde con alquilé teres de ácidos grasos en presencia de metales alcalinos. El grado de esterificación de la sacarosa debería ser alto, porque en caso contrario los enlaces éster resultarían hidrolizados en el tracto gastrointestinal.

Retrograsas

Son ésteres de ácidos polibásicos (como los ácidos malónico, cítrico, propano-1-2-3-tricarboxílico, butano-1, 2, 3, 4-tetracarboxílico) con alcoholes de cadena larga (Belitz, 2009).

2.9 Inulina

La inulina es la fructosana más difundida: se encuentra presente en diversas fuentes, como la achicoria (figura 14) y la alcachofa, de donde se obtiene comercialmente, ya que llegan tener hasta un 20% de inulina, aunque también está presente en trigo, ajo, cebolla, plátano, espárrago; su hidrólisis total produce, además de fructosa, de 5 a 6% de moléculas de glucosa, que se considera están ubicadas en los extremos de la cadena (Madrigal y Sangronis, 2007). A nivel industrial, la inulina se obtiene de la raíz de la achicoria y se usa como ingrediente en los alimentos, ofreciendo ventajas tecnológicas e importantes beneficios a la salud (Lara, 2011).

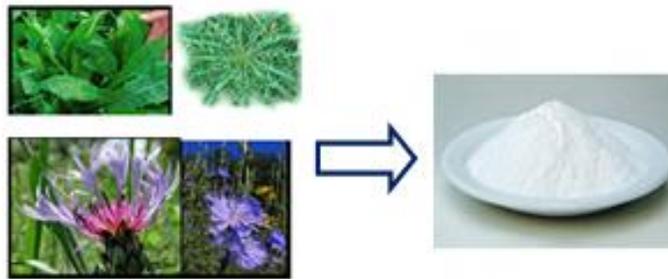


Figura 14. Achicoria (*Cichorium intybus*) **Fuente:** Achicoria, 2013.

La inulinasa es la enzima que actúa sobre los correspondientes enlaces glucosídicos de este polímero; debido a que las furanosas que contiene (fructosa) hacen que la inulina sea muy frágil a la hidrólisis, se ha sugerido usarla como fuente para la obtención comercial de fructosa de alta pureza. Las condiciones de cristalización modifican las características del gel (Baduí, 2006).

En la actualidad, la presencia de ciertas cantidades de inulina o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como “alimento funcional”, que por definición sería aquel que contiene un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional (Barrionuevo, y col. 2011). El efecto positivo a la salud se refiere a una

mejoría de las funciones del organismo o a la disminución del riesgo de una enfermedad (Madrigal y Sangronis, 2007).

2.9.1 Propiedades benéficas de la inulina

Actualmente, los organismos internacionales y los consumidores adoptaron una alimentación saludable, por lo que la tecnología alimentaria ha generado innovaciones e ingredientes de alto valor agregado, aplicables a alimentos funcionales (Barrionuevo y col. 2011).

Dentro de esta categoría se encuentran los prebióticos, “ingredientes alimenticios no digeribles, que afectan beneficiosamente al huésped estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de uno o un número limitado de bacterias en el colon, por lo que mejoran la salud del huésped.

Uno de ellos es la inulina, que posee beneficios para la salud, tales como estimular el crecimiento de bacterias benéficas, reforzar el sistema inmunológico, regular el tránsito intestinal (figura 15), reducir el riesgo de cáncer de colon, aumentar la absorción de calcio y magnesio, disminuir los niveles de colesterol y triglicéridos en sangre, mejorar la respuesta glucémica y contribuir con un bajo valor calórico, aportando un máximo de 1.5 Kcal/g (Akin y col. 2006).

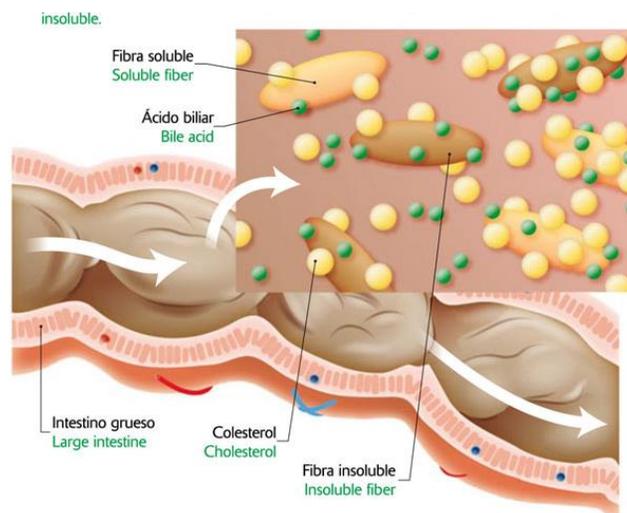


Figura 15. Fibra en el intestino.

Fuente: Sistema digestivo: El papel de la fibra, 2010.

En los postres congelados, la inulina permite reemplazar el 100% de las grasas, garantizando estabilidad, sabor cremoso, suave y similar a las mismas. Provee una textura idéntica al producto tradicional, excelentes propiedades fundentes y estabilidad durante el proceso de congelado-descongelado, desciende el punto de congelación y no interfiere en el proceso de overrun. Al interactuar con edulcorantes de alta intensidad, se obtiene un efecto sinérgico, permitiendo sustituir el azúcar en alimentos y bebidas manteniendo el mismo dulzor (Barrionuevo y col. 2011).

2.9.1.1 Fibra dietética

Con este nombre se designa un grupo muy amplio de polisacáridos, de los considerados estructurales, que no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos, incluyendo al hombre, pero que cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo (Miguel, 2009).

La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre los que destacan la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas; también se incluye a la lignina. La composición de dichas fibras es muy variada en los distintos alimentos, y depende de muchos factores, entre los que destaca la madurez del producto (Badui, 2006; Miguel, 2009; Barrionuevo y col. 2011).

Es necesario hacer una clara distinción entre fibra cruda y la fibra dietética. La primera es la que se consigna generalmente en las tablas de composición de los alimentos, y se determina analíticamente sometiendo los productos a un tratamiento en caliente con ácido sulfúrico y luego con hidróxido de sodio; en estas condiciones se pierde una fracción importante de polisacáridos que si se incluye en la fibra dietética, ya que, dado el tratamiento tan fuerte a que se someten los alimentos, se disuelven muchos componentes de la fibra (Barrionuevo y col. 2011).

La fibra dietética incluye un grupo de sustancias heterogéneas como celulosas, hemicelulosas, pectinas que presentan muchas funciones, entre ellas, la habilidad de captar agua, y algunas reducen el contenido de glucosa en sangre (Baduí, 2006; Soukoulis y col. 2009).

2.9.1.2 Aplicación a otros alimentos

La inulina ofrece múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos, tiene propiedades similares a las del almidón, mejora la aceptabilidad de yogures elaborados con leche descremada, impartándole una mayor cremosidad, también actúa como agente espesante, retiene el agua y estabiliza geles. La capacidad de formar gel es determinante en su uso como sustituto de grasas en productos lácteos, untables, aderezos, salsas y otros productos en los que las propiedades funcionales (tabla 11) que otorgan las grasas son indispensables para lograr los efectos sensoriales deseados por los consumidores (Lara, 2011).

Tabla 11. Propiedades funcionales de la inulina en alimentos.

| Aplicación | Funcionalidad |
|--------------------|---|
| Productos lácteos | Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, emulsificantes, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes. |
| Postres congelados | Textura, depresión del punto de congelación, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes. |
| Postres untables | |

| | |
|-------------------------------------|---|
| | Estabilidad de emulsión, textura y capacidad de ser untado, sustituto de grasas. |
| Productos horneados | Disminución de A_w , sustituto de azúcares |
| Cereales de desayuno | Crujencia, capacidad de expansión |
| Preparación con frutas (no ácidas) | Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, emulsificantes, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes. |
| Aderezos de ensaladas | Cuerpo y palatabilidad, sustituto de grasas |
| Productos cárnicos | Textura, estabilidad de emulsión, sustituto de grasas |
| Chocolate | Sustituto de azúcares, humectante |

Fuente: Madrigal y Sangronis (2007).

2.10 Diabetes

La diabetes mellitus es una enfermedad y un grupo de trastornos de etiología y patogenia variadas que se caracterizan por elevación de la concentración sanguínea de la glucosa (glucemia), deficiencia de insulina (figura 16) o disminución de su acción, alteraciones del metabolismo de la glucosa, lípidos, proteínas y desarrollo de complicaciones tanto a corto como a largo plazo. Las complicaciones agudas de la diabetes consisten en hiperglucemia intensa que determina poliuria, aumento de la sed, deshidratación, pérdida de peso, alteraciones visuales, fatiga. En la deficiencia grave de la insulina puede producirse cetoacidosis. Los diabéticos que no reciben tratamiento adecuado pueden ser más propensos a las infecciones y mostrar una mala cicatrización de las heridas. Las complicaciones a largo plazo consisten en el desarrollo de retinopatía y neuropatía, formación acelerada de cataratas, cardiopatía isquémica.

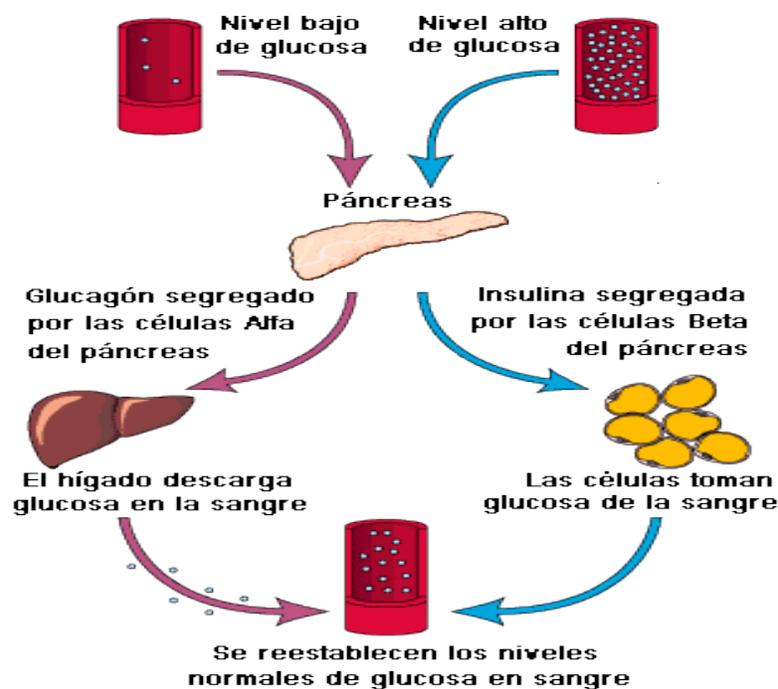


Figura 16. Función de la insulina sobre la glucosa. **Fuente:** UNED, 2014

Debido a estas complicaciones a corto y largo plazo, la diabetes es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad. Por lo que se deben realizar cambios adecuados en la dieta, ejercicio y otros hábitos en la vida cotidiana para prevenir o retrasar la aparición de la diabetes en las personas genéticamente susceptibles.

2.10.1 Tipos de diabetes

Actualmente, la diabetes mellitus se clasifica en cuatro tipos clínicos distintos: diabetes mellitus dependiente de la insulina (DMDI o tipo I), diabetes mellitus no dependiente de la insulina (DMNDI o tipo II), gestacional (DMG) y secundaria o asociada a otras enfermedades que lesionan el páncreas o producen una intensa resistencia a la insulina. La diabetes se diagnostica ante una determinación aleatoria de glucemia >11.1 mmol/l (>200 mg/dl) en un paciente con signos y síntomas clásicos. Otra posibilidad es encontrar un valor de la glucemia en ayunas ≥ 7.8 mmol/l (≥ 140 mg/dl) en al menos dos ocasiones, o una glucemia en ayunas <7.8 mmol/l (<140 mg/dl) junto con glucemias elevadas en forma mantenida (>11.1 mmol/l o 200 mg/dl) durante al menos dos pruebas de tolerancia a la glucosa oral (PTGO). Si la glucemia en ayunas es <7.8 mmol/l (<140 mg/dl), la PTGO a las dos horas se encuentra entre 7.8 y 11 mmol/l (140 - 199 mg/dl) y una glucemia intermedia es >11.1 mmol/l (>200 mg/dl), puede diagnosticarse una alteración de la tolerancia a la glucosa (ATG), alteración que, aunque no está considerada como parte de la diabetes, predispone alrededor de 30% de las personas afectadas a sufrir DMNDI en un periodo de 10 años.

Diabetes mellitus dependiente de la insulina.

Los pacientes con DMDI tienen una insulinopenia grave y dependen de manera absoluta de la insulina exógena para evitar la cetoacidosis (figura 17) y la muerte. Al principio, estos pacientes suelen ser delgados y a menudo han sufrido una

pérdida de peso reciente. Es más frecuente que sus primeras manifestaciones aparezcan durante la infancia, aunque pueden hacerlo a cualquier edad.

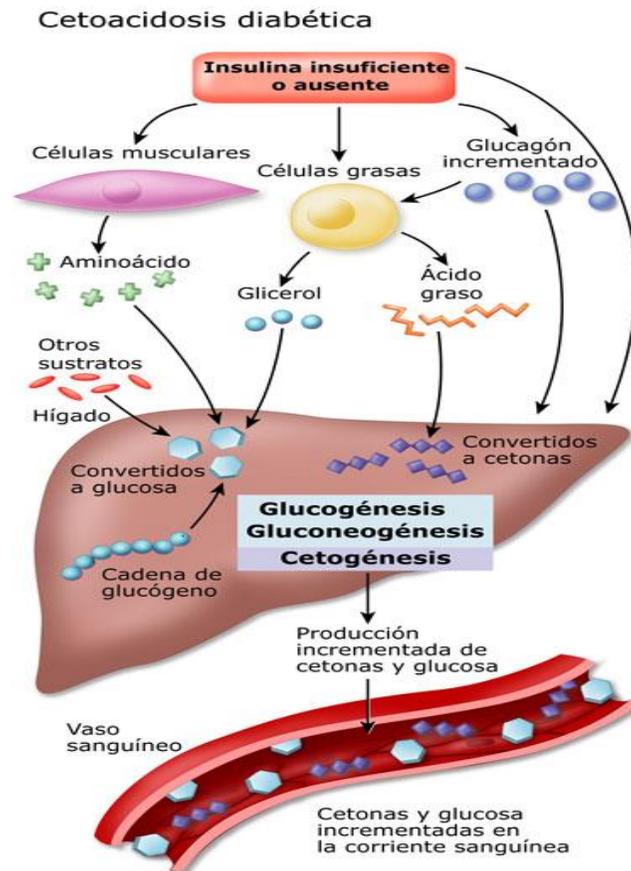


Figura 17. Cetoacidosis diabética. **Fuente:** Cetoacidosis diabética, 2014.

El defecto primario de la DMDI consiste en una secreción insuficiente de insulina debida a un proceso autoinmunitario que destruye las células β del páncreas. Cuando las reservas de la secreción de insulina disminuyen por debajo de 20% de su valor normal, surge la intolerancia franca a la glucosa.

Diabetes mellitus no dependiente de la insulina.

La DMNDI es, la forma más frecuente de la enfermedad, ya que llega a constituir 90 % de los casos a nivel mundial. Se trata de un trastorno heterogéneo caracterizado por una predisposición genética y una interacción entre la

resistencia a la insulina y la disminución de la función de las células β . Cuando se descubre por primera vez, los pacientes con DMNDI pueden tener pocos o ninguno de los síntomas clásicos de la enfermedad. Para su supervivencia no dependen de manera absoluta de la insulina exógena y no muestran tendencia a desarrollar cetoacidosis, salvo en condiciones de estrés grave, como el producido por infecciones, traumatismos o intervenciones quirúrgicas. Suele diagnosticarse después de los 30 años y su incidencia aumenta de manera significativa con la edad.

En la figura 18 se muestra la diferencia entre la degradación de los alimentos en personas que padecen y no diabetes tipo 2.

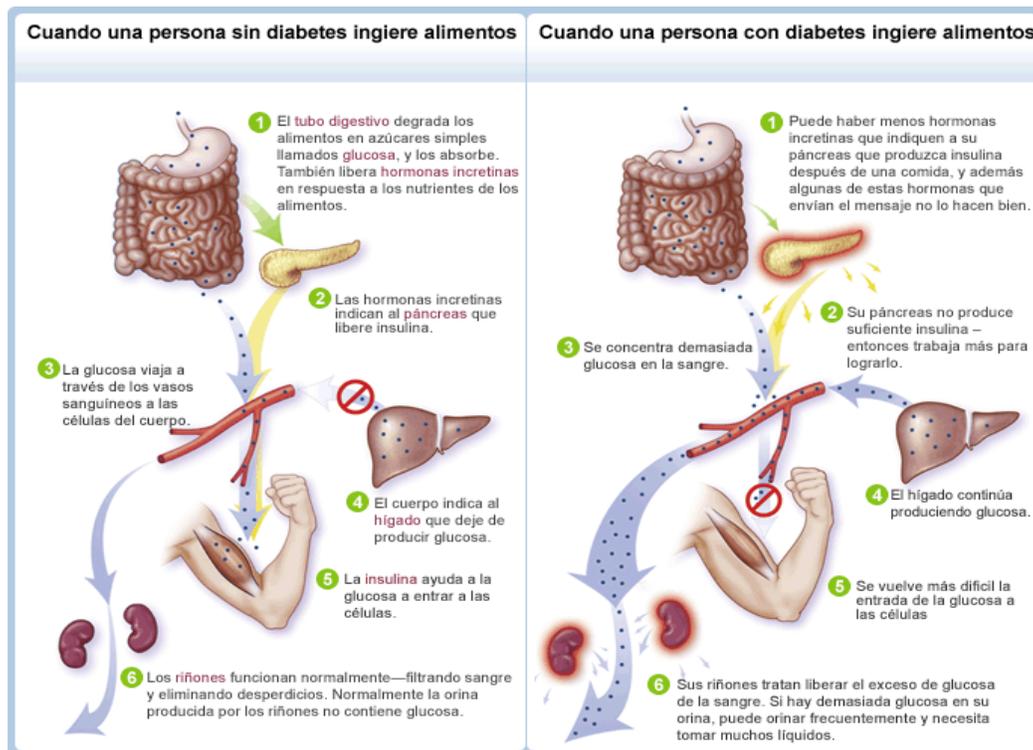


Figura 18. Función del metabolismo con y sin padecimiento de diabetes.

Fuente: Diabetes tipo 2, 2014.

En las personas de DMNDI, se ha comprobado que mayores niveles de actividad y entrenamiento físicos y grados moderados de reducción del peso en caso de obesidad favorecen el descenso de las concentraciones de glucosa

postprandiales y en ayunas de insulina, mejoran la sensibilidad a la hormona, así como las concentraciones plasmáticas de glucosa. La reducción de peso y el aumento de la actividad física se asocian también a una mejoría de los demás factores de riesgo cardiovascular, como son la disminución de la tensión arterial y un perfil más favorable de los lípidos.

Diabetes mellitus gestacional

El término <<diabetes mellitus gestacional>> se utiliza para describir la intolerancia a la glucosa que comienza o que se detecta por primera vez durante el embarazo. Las mujeres con diabetes diagnosticada antes de la concepción no se consideran portadoras de una DMG. Esta afecta alrededor de 2% de las mujeres gestantes, habitualmente durante los trimestres segundo y tercero, cuando aumentan los niveles de hormonas antagonistas de la insulina y aparece una resistencia normal a ella. Después del parto, las pacientes con DMG han de ser reclasificadas según los resultados de las determinaciones de glucemia. En la mayor parte de los casos, la tolerancia a la glucosa vuelve a la normalidad después del parto, aunque con el tiempo un porcentaje significativo de mujeres con historia de DMG terminan por desarrollar una DMNDI franca

La DMG está muy relacionada con el desarrollo posterior de una DMNDI, de manera que la prevalencia acumulada oscila entre 6% y cifras tan altas como 62%, según la duración del seguimiento (Horton y Napoli; 1996).

2.10.2 Tratamiento nutricional

El objetivo global del tratamiento nutricional consiste en ayudar a los enfermos a alcanzar y mantener un mejor metabólico, a reducir el riesgo de complicaciones tanto agudas como a largo plazo y a mejorar su estado general de salud mediante una buena nutrición (Horton y Napoli; 1996).

El tratamiento eficaz de la DMNDI requiere un equilibrio apropiado entre una buena nutrición e ingesta alimentaria, una actividad física adecuada y la

administración de insulina. Para lograrlo, es necesario un enfoque terapéutico en equipo. Es preciso educar al paciente sobre la diabetes y enseñarles las habilidades necesarias para que pueda controlar su propio tratamiento, incluidos la dieta, el ejercicio, la vigilancia de la glucemia y administración de insulina. Todo ello requiere un esfuerzo coordinado entre el médico, el experto en nutrición, la enfermera educadora, el fisioterapeuta, el experto en conducta y, claro está, el paciente (Horton y Napoli, 1996; Ziegler y Filer, 1997).

En el tratamiento de la DMDI, la meta debe ser proporcionar una dieta saludable con un contenido energético adecuado y una composición de nutrientes que cubra las necesidades establecidas para el crecimiento y desarrollo normales (Ziegler y Filer, 1997).

2.10.3 Edulcorantes para diabéticos

Los diabéticos suelen utilizar edulcorantes nutritivos distintos de la sacarosa y la fructosa como parte de su dieta normal. Entre ellos se encuentran los derivados del maíz, los concentrados de jugos de fruta, la miel, las melazas, la dextrosa, la maltosa y los alcoholes de azúcar. Todos proporcionan energía, por lo que han de incluirse en los cálculos de ingesta energética.

En la actualidad, en las dietas para diabéticos de distintos países de todo el mundo se utilizan edulcorantes de alta intensidad que proporcionan cantidades insignificantes de energía, como ocurre con el aspartamo, la sacarina, el acesulfame K, la sucralosa, el alitame y los ciclamatos. En los Estados Unidos, estos productos están regulados por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) y solo son autorizados después de la realización de pruebas rigurosas en las que se demuestra su inocuidad para su uso general. No existen limitaciones para su uso por las personas diabéticas y pueden resultar útiles en la planificación de las dietas pobres en energía para la reducción de peso y para proporcionar alimentos y bebidas adecuados que no aumentan la glucemia de los diabéticos (Horton y Napoli, 1996)

2.10.4 Importancia del consumo de fibra en diabéticos

Se han efectuado amplios estudios sobre los efectos que la fibra de la dieta, tanto soluble como insoluble, ejerce sobre el metabolismo de los carbohidratos y los lípidos de las personas con diabetes mellitus. Existen algunos estudios que demuestran el consumo crónico de 20 gramos o más al día de fibra soluble, si se combina con una dieta rica en carbohidratos, puede reducir el colesterol total y unido a las lipoproteínas de baja densidad (LDL), al mismo tiempo que se mantiene el nivel de lipoproteínas de alta densidad (HDL), de las personas con DMNDI en una proporción algo superior a la obtenida solo con reducciones de la grasa saturada y el colesterol. En todo caso, resulta difícil consumir esta cantidad de fibras solo con los alimentos, por lo que son necesarios aportes suplementarios.

Las fibras solubles mejoraran el control glucémico de los diabéticos, debido a la menor velocidad de absorción de los carbohidratos en el intestino delgado, a sus efectos sobre la secreción de diversas hormonas gastrointestinales y a otros efectos metabólicos. Se ha demostrado que la goma guar y otros polisacáridos, añadiéndolas a la dieta, reducen la velocidad de absorción de la glucosa, así como la glucemia tanto en ayunas como postprandial. Las recomendaciones sobre la ingesta de fibras son iguales para los diabéticos que para los no diabéticos, los primeros deben incorporar a su dieta alimentos naturalmente ricos en fibras totales con el fin de lograr una ingesta diaria de 25 a 30 g a partir de distintas fuentes alimentarias como vegetales, legumbres, cereales y frutas. (Ziegler y Filer, 1997).

2.10.5 Alimentos funcionales para diabéticos

Actualmente existe una preocupación por consumir alimentos que provean beneficios a la salud sin sacrificar el sabor tradicional, por lo cual existe una preocupación de los consumidores por ingerir alimentos que además de nutrirlos cumplan otras funciones dentro del organismo (alimentos funcionales), buscan

alimentos más saludables y contemplan cuestiones relacionadas con la salud a la hora de elegir sus alimentos (Carreño, 2011).

Un compuesto nutracéutico es un ingrediente activo de un alimento o planta que afecta positivamente las funciones y actividades biológicas del organismo. Los ingredientes funcionales, no deben confundirse con medicamentos, ya que su uso no es terapéutico.

Un alimento puede hacerse funcional siguiendo alguna de las siguientes estrategias o sus combinaciones:

- Eliminando componentes perjudiciales presentes en el alimento (alérgenos)
- Incrementando la concentración de un componente presente de forma natural en el alimento hasta unos niveles en que pueda inducir los beneficios esperados (fortificación con micronutrientes) o incrementando la concentración de una sustancia no nutritiva hasta niveles en que se conoce su efecto beneficioso
- Añadiendo un componente que no está presente de forma natural en el alimento y que no es necesariamente un macronutriente o un micronutriente, pero cuyos efectos beneficiosos son reconocidos (pro y prebióticos, antioxidantes no vitamínicos).
- Sustituyendo un nutriente (generalmente grasas), cuyo consumo excesivo tenga efectos perjudiciales sobre la salud humana.
- Incrementando la biodisponibilidad o estabilidad de un componente que se sepa que es capaz de producir un efecto funcional o reducir un potencial riesgo de enfermedad del propio alimento.

Estos efectos benéficos deben demostrarse científicamente con el objetivo de validar sus efectos y para poder aprobar las declaraciones en su etiqueta.

Respecto a la legislación de los alimentos funcionales, no existe alguna normatividad oficial internacional que regule los aspectos científicos de los

ingredientes, sustancias, complementos, suplementos o componentes de carácter funcional. Existen diferentes autoridades internacionales que regulan estos aspectos siendo en México la Secretaría de Salud (SSA) (Sánchez, 2009).

2.11 Prebióticos

Son sustancias vegetales no digeribles (presentes en la achicoria, cebolla, ajo y espárragos) que funcionan como fibra soluble en el aparato digestivo y, al llegar al colon, sirven de "alimento" para las bacterias beneficiosas (Ávila y col. 2011).

Un prebiótico se define como "un ingrediente alimenticio no digerible que produce un efecto beneficioso en el hospedador al estimular el crecimiento selectivo y/o la actividad metabólica de un número limitado de bacterias en el colon" (América Alimentos. Ingredientes Funcionales, 2013).

3. OBJETIVOS

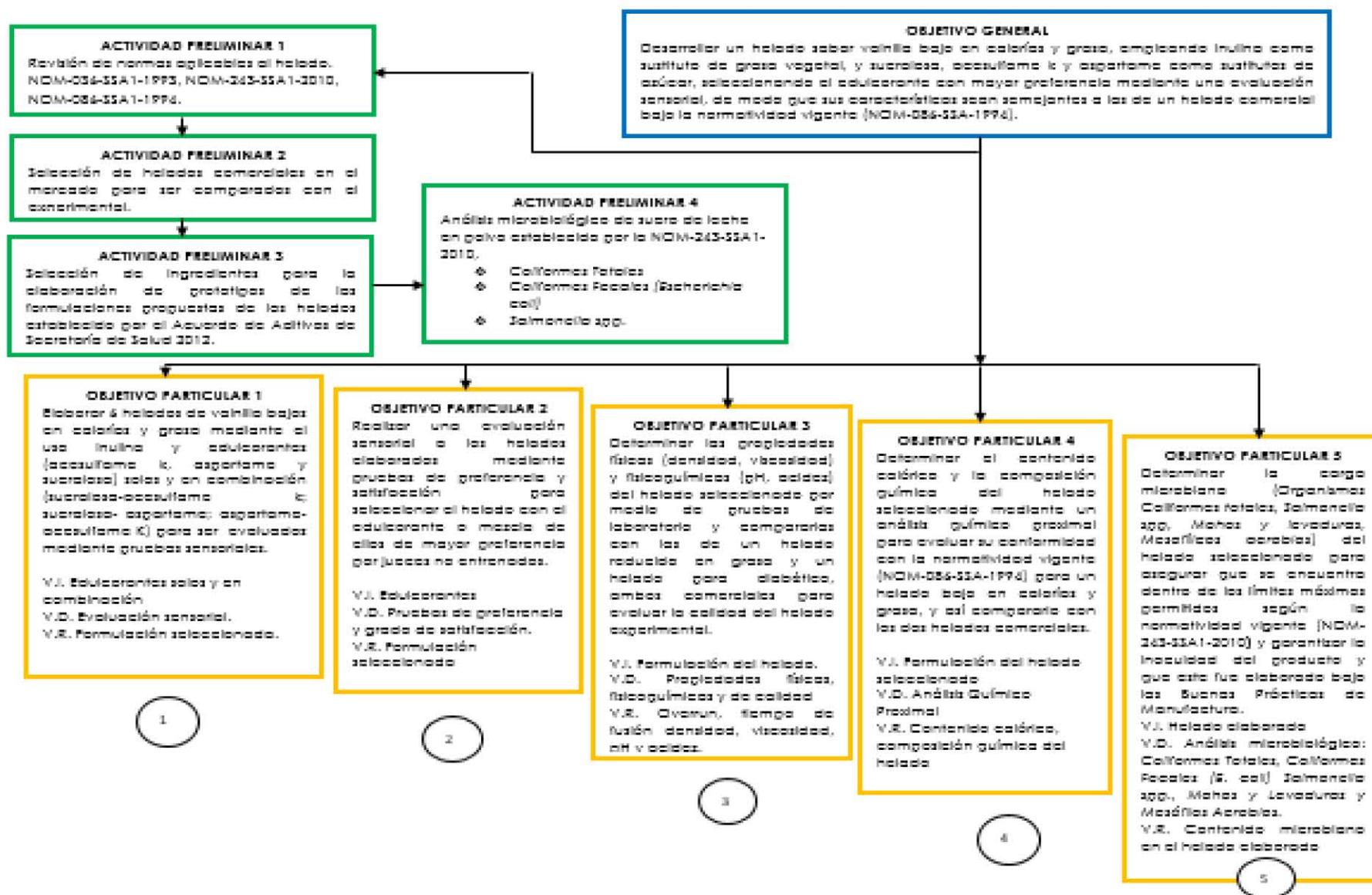
Objetivo General

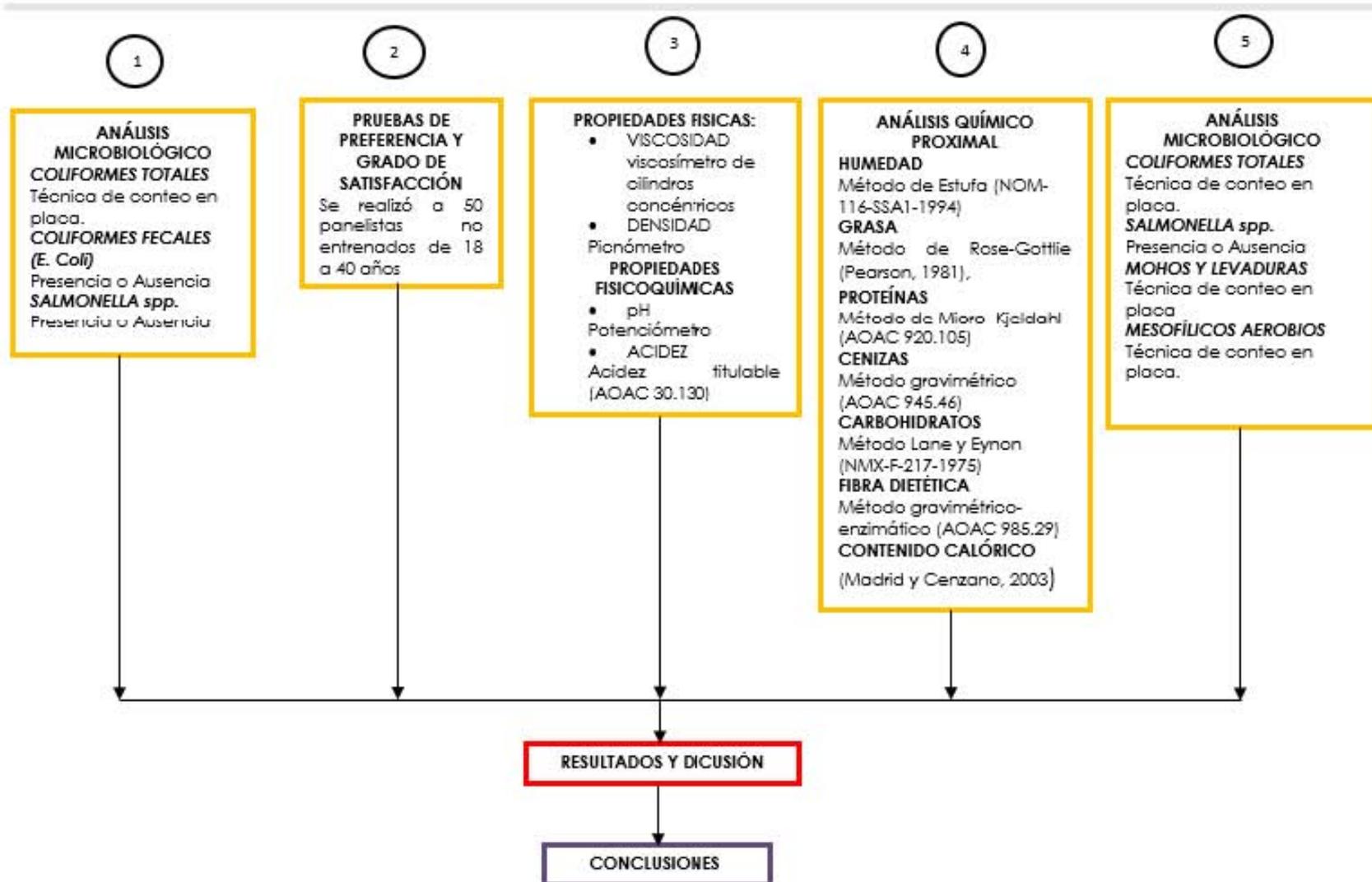
Desarrollar un helado sabor vainilla bajo en calorías y grasa, empleando inulina como sustituto de grasa vegetal, y sucralosa, acesulfame k y aspartame como sustitutos de azúcar, seleccionando el edulcorante con mayor preferencia mediante una evaluación sensorial, de modo que sus características sean semejantes a las de un helado comercial bajo la normatividad vigente (NOM-086-SSA-1994).

Objetivos particulares

1. Elaborar 6 helados de vainilla bajos en calorías y grasa mediante el uso inulina y edulcorantes (acesulfame k, aspartame y sucralosa) solos y en combinación (sucralosa-acesulfame k; sucralosa- aspartame; aspartame- acesulfame K) para ser evaluados mediante pruebas sensoriales.
2. Realizar una evaluación sensorial a los helados elaborados mediante pruebas de preferencia y satisfacción para seleccionar el helado con el edulcorante o mezcla de ellos de mayor preferencia por jueces no entrenados.
3. Determinar las propiedades físicas (densidad, viscosidad) y fisicoquímicas (pH, acidez) del helado seleccionado por medio de pruebas de laboratorio y compararlas con las de un helado reducido en grasa y un helado para diabético, ambos comerciales para evaluar la calidad del helado experimental.
4. Determinar el contenido calórico y la composición química del helado seleccionado mediante un análisis químico proximal para evaluar su conformidad con la normatividad vigente (NOM-086-SSA-1994) para un helado bajo en calorías y grasa, y así compararlo con los dos helados comerciales.
5. Determinar la carga microbiana (*Organismos Coliformes totales, Salmonella spp, Mohos y levaduras, Mesofílicos aerobios*) del helado seleccionado para asegurar que se encuentra dentro de los límites máximos permitidos según la normatividad vigente (NOM-243-SSA1-2010) y garantizar la inocuidad del producto y que este fue elaborado bajo las Buenas Prácticas de Manufactura.

4.MATERIALES Y MÉTODOS





4.1 Revisión de normas aplicables al helado

Para llevar a cabo el desarrollo del helado, se revisaron las normas mexicanas vigentes (tabla 12) para el producto, siendo las siguientes aplicables al marco regulatorio del helado.

Tabla 12. Campo de aplicación para el marco regulatorio de helados

| Legislación | Campo de aplicación |
|-----------------------|--|
| NOM-036-SSA1-1993. | Define qué son las mezclas para helados, helados, y disposiciones sanitarias, mencionando que la leche y mezclas para elaboración de helado deben ser pasteurizadas a 68,5°C (341,5 K)/30 minutos, o a 79,4°C (352,4 K)/25 segundos, o someterlas a otra relación de tiempos y temperaturas con el mismo efecto. |
| NOM-086-SSA1-1994 | Establece las especificaciones nutrimentales de alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición para productos sin, bajos y reducidos en grasa y calorías; y productos sin y reducidos en azúcar. |
| NOM-243-SSA1-2010 | Establece las especificaciones microbiológicas indicando los límites máximos de contenido microbiano para leche y derivados lácteos; también los métodos de prueba para comprobar que el producto (helado) satisface las especificaciones que establece la norma. |
| Acuerdo Aditivos 2012 | Determina los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias; también establece los límites máximos permitidos para los edulcorantes empleados (sucralosa, aspartame y acesulfame K) en el helado. |

4.2 Selección de helados comerciales en el mercado

Se llevó a cabo una búsqueda en los centros comerciales del municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, helados con características semejantes a un helado bajo en calorías y grasa, que tuviesen como sustitutos de azúcar aspartame, acesulfame k y/o sucralosa, encontrándose dos helados cuyas características fueron las siguientes:

Tabla 13. Características de los helados comerciales encontrados.

| Helado | Características |
|--------|--|
| A | <ul style="list-style-type: none">- Helado elaborado de grasa vegetal- Bajo en grasa y sin azúcar-40 % menos grasa-Uso de inulina y sucralosa-68Kcal/ 100 ml |
| B | <ul style="list-style-type: none">-Helado para personas con diabetes-Sin azúcar y bajo en grasa-Posee sustitutos de azúcar-8.86 kcal/ 100 g |

Fuente: Etiqueta productos comerciales

La razón por la que se buscaron el helado A y B, fue para tener patrones con los cuales poder comparar los parámetros obtenidos del helado experimental seleccionado denominado "EXP", ya que, al tener una similitud en los ingredientes empleados, se pueden ocupar como referencia para establecer que tan semejante (parámetros químicos, fisicoquímicos y sensoriales) es con los comerciales.

4.3 Selección de ingredientes para las formulaciones de los helados

Para la selección de los ingredientes, se consideraron las características de cada una de ellos, así como el límite máximo permitido de su uso, y el sinergismo que poseen entre ellos.



Figura 19. Materia prima para elaboración de los helados

En la tabla 14 se presentan las características de las materias primas, funcionalidad y nivel de uso para la elaboración de los helados experimentales.

Tabla 14. Ingredientes seleccionados para elaboración helados

| Ingredientes | Características | Funcionalidad | Nivel uso | Imagen |
|------------------|--|---|--|--|
| Sucralosa | <ul style="list-style-type: none"> - Polvo blanco cristalino -Vida de anaquel 2 años | <ul style="list-style-type: none"> -No calórico derivado del azúcar. - 600 veces más dulce que la sucralosa. -Estable a T° elevadas No produce exceso de espuma durante mezclado. | <p>320mg/kg</p> <p>Acuerdo aditivos 2012</p> |   |

| | | | | |
|----------------------------|---|--|--|--|
| <p>Aspartame</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Polvo cristalino blanco -Sabor dulce -Inodoro -Sin impurezas visibles -vida de anaquel 5 años -pH 4.5-6.0 -Poco soluble en agua, ligeramente soluble en alcohol. | <ul style="list-style-type: none"> -180 veces más dulce que la sacarosa -Proporción de uso Acesulfame K+ Aspartame (1:1) -Realza e intensifica sabores. | <p>1000mg/kg</p> <p>Acuerdo aditivos 2012</p> | <p style="text-align: center;">  </p>  |
| <p>Acesulfame K</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Polvo blanco granular - pH 6.5-7.5 - Vida anaquel 2 años | <ul style="list-style-type: none"> -200 veces más dulce que sacarosa -No metabolizado por el organismo | <p>450 mg/kg</p> <p>Codex Alimentariu 2013</p> | <p style="text-align: center;">  </p>  |
| <p>Inulina</p> | <p>Polvo blanco granular</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sabor neutro ligeramente a dulce - pH 5.0 -7.0n - Vida de anaquel 4 años | <ul style="list-style-type: none"> - Reemplaza 100% de las grasas, - Da estabilidad, sabor cremoso y suave. -Excelentes propiedades fundentes y estabilidad durante el proceso de congelado-descongelado, -Desciende el punto de | | <p style="text-align: center;">  </p>  |

| | | | | |
|----------------|---|--|--|---|
| | | <p>congelación y no interfiere con el overrun.</p> <p>-Buen un efecto sinérgico con edulcorantes de alta intensidad.</p> | | |
| Xantana | <ul style="list-style-type: none"> - pH 6.0 -8.0 - Vida de anaquel 5 años | Estabilizante y espesante. | <p>100mg/100 ml</p> <p>Acuerdo aditivos 2012</p> |  |

Fuente: Ficha técnica materia prima Makymat

4.4 Elaboración de prototipos de formulaciones propuestas de los helados

Para la elaboración de las 6 formulaciones de helado se empleó agua potable (Nestlé), leche descremada comercial (Carnation), suero de leche (proporcionado por el laboratorio de Taller de Lácteos), colorante amarillo # 6 y esencia sabor vainilla comercial; la sucralosa, acesulfame k, aspartame, goma xantana e inulina fueron proporcionados por la empresa MAKYMAT.

Las 6 formulaciones de los helados fueron las siguientes, en las cuales se varió el edulcorante así como la concentración de éste en combinación con otros.

Tabla 15. Formulación 1 Acesulfame K

| Ingrediente | Porcentaje (%) |
|-----------------------|----------------|
| Agua | 76.94 |
| Leche en polvo | 20 |
| Inulina | 2.5 |

| | |
|---------------------|------|
| Suero leche | 0.5 |
| Acesulfame k | 0.06 |

Tabla 16. Formulación 2 Aspartame

| Ingrediente | Porcentaje (%) |
|-----------------------|-----------------------|
| Agua | 76.94 |
| Leche en polvo | 20 |
| Inulina | 2.5 |
| Suero leche | 0.5 |
| Aspartame | 0.06 |

Tabla 17. Formulación 3 Sucralosa

| Ingrediente | Porcentaje (%) |
|-----------------------|-----------------------|
| Agua | 76.97 |
| Leche en polvo | 20 |
| Inulina | 2.5 |
| Suero leche | 0.5 |
| Sucralosa | 0.03 |

Tabla 18. Formulación 4 Acesulfame K-Aspartame

| Ingrediente | Porcentaje (%) |
|-----------------------|-----------------------|
| Agua | 76.94 |
| Leche en polvo | 20 |
| Inulina | 2.5 |
| Suero leche | 0.5 |
| Acesulfame | 0.03 |
| Aspartame | 0.03 |

Tabla 19. Formulación 5 Acesulfame k-Sucralosa

| Ingrediente | Porcentaje (%) |
|-----------------------|-----------------------|
| Agua | 76.94 |
| Leche en polvo | 20 |
| Inulina | 2.5 |
| Suero leche | 0.5 |
| Acesulfame k | 0.04 |
| Sucralosa | 0.02 |

Tabla 20. Formulación 6 Aspartame-Sucralosa

| Ingrediente | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------|
| Agua | 76.94 |
| Leche en polvo | 20 |
| Inulina | 2.5 |
| Suero leche | 0.5 |
| Aspartame | 0.04 |
| Sucralosa | 0.02 |

4.5 Análisis microbiológico de suero de leche en polvo como materia prima

Para llevar a cabo la elaboración de los helados fue necesario realizar un análisis microbiológico a una de las materias primas, la cual fue suero de leche.

Muestreo

Se tomaron muestras representativas de forma aleatoria del suero de leche almacenado, posteriormente se homogenizaron para realizar todos los análisis microbiológicos correspondientes.

El material e instrumentos que tuvieron contacto con las muestras bajo estudio se esterilizaron en autoclave, durante 15 minutos a $121 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$.

De acuerdo a la NOM-243-SSA1-2010 el material de vidrio puede sustituirse por material desechable que cumpla con las especificaciones deseadas. No debe usarse material de vidrio dañado por las esterilizaciones repetidas y éste debe ser químicamente inerte.

4.5.1 Conteo de *Coliformes Totales*

- ❖ Método para la Cuenta de Microorganismos *Coliformes Totales* en Placa.

Fundamento

El método permite determinar el número de microorganismos *coliformes* presentes en una muestra, utilizando un medio selectivo Agar Rojo Violeta

Bilis (ARVB) en el que se desarrollan bacterias a 35°C en aproximadamente 24 h, dando como resultado la producción de gas y ácidos orgánicos, los cuales viran el indicador de pH y precipitan las sales biliares (NOM-243-SSA1-2010).

Preparación de medios de cultivo

Primeramente para la preparación de 1L de agua peptonada por norma se requiere de 1g de peptona, 8.5g de NaCl, disolviendo estos componentes en un litro de agua destilada, por lo que para el análisis microbiológico se requirió de ½L de agua peptonada, 0.86 g de peptona y 7.31g de NaCl, se disolvieron en ½L de agua destilada, asegurándose que se tenga un pH de $7 \pm 0,1$ o en su defecto ajustarlo con NaOH a 1.0 N.

Para el análisis de coliformes totales se utilizaron 90 ml de agua peptonada la cual se vertió en un matraz Erlen Meyer a los cuales se les colocó tapones de algodón cubiertos de gasa (torundas) y un cono de papel que se colocó sobre la boquilla del matraz para asegurar una mejor esterilización. Para las diluciones se utilizaron dos frascos con tapa (lecheritos) a los cuales se les agregó 9 ml de agua peptonada a cada uno. Una vez realizado este procedimiento se esterilizó el matraz y los frascos.

Posteriormente se preparó para éste caso el medio de cultivo ARVB (400 ml de agua destilada con 16.6 g de ARVB) mezclando perfectamente y ajustar el pH a 7.4 con ácido clorhídrico 0.1N o con hidróxido de sodio 0.1N a 25°C, de forma que después del calentamiento se mantenga en este valor. Calentar con agitación constante y hervir durante 2 minutos. Enfriar inmediatamente el medio en un baño de agua hasta que llegue a 45°C. Evitar el sobrecalentamiento del medio éste. Se debe usar el medio dentro de las tres primeras horas después de su preparación (NOM-243-SSA1-2010).

Preparación de la muestra

Para la preparación de la muestra se pesó 10g de suero de leche y se agregó al matraz con 90 ml de agua peptonada hasta obtener una solución completamente homogénea.

Para llevar a cabo las dos diluciones fue necesario realizar el siguiente procedimiento:

Para la dilución primaria (10^{-1}) se tomó con una pipeta esterilizada 1 ml de muestra de la solución del matraz y se agregó a uno de los frascos con 9 ml de agua peptonada previamente esterilizada (figura 20). Agitar suavemente.

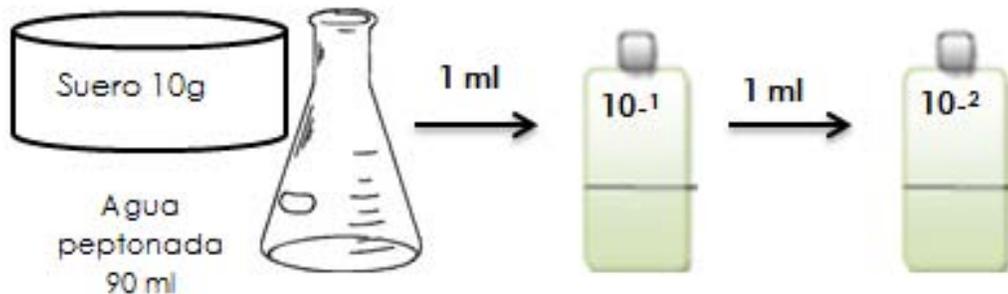


Figura 20. Dilución de muestras de suero de leche.

Para la dilución secundaria (10^{-2}) se tomó con otra pipeta esterilizada 1 ml de la dilución primaria y se agregó al segundo frasco con 9 ml de agua peptonada previamente esterilizada agitar suavemente (NOM-243-SSA1-2010).

Procedimiento

Se colocó en cajas Petri esterilizadas por duplicado 1 ml de la muestra líquida directa o de la dilución primaria, utilizando para tal propósito una pipeta estéril.

Se vertió de 15 a 20 ml del medio RVBA mantenido a $45 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en baño de agua. En el caso de utilizar cajas de Petri de plástico se vierte de 10 a 15 ml del medio. El tiempo transcurrido entre la preparación de la dilución primaria y el momento en que se vierte el medio de cultivo, no debe exceder de 20 minutos.

Se mezcló cuidadosamente el inóculo con el medio con seis movimientos de derecha a izquierda, seis movimientos en el sentido de las manecillas del reloj, seis movimientos en el sentido contrario al de las manecillas del reloj y seis de atrás para adelante, sobre una superficie lisa y nivelada. Permitir que la mezcla solidifique dejando las cajas Petri reposar sobre una superficie horizontal fría.

Se preparó una caja control con 15 ml de medio para verificar la esterilidad. Después de que está el medio completamente solidificado en la caja, verter aproximadamente 4 ml del medio RVBA a $45 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en la superficie del medio inoculado. Dejar que solidifique.

Invertir las placas y colocarlas en la incubadora a 35°C , durante 24 ± 2 horas. Dicho procedimiento se muestra en la figura 21, es importante señalar que solo se realizó hasta la dilución 10^{-3} .

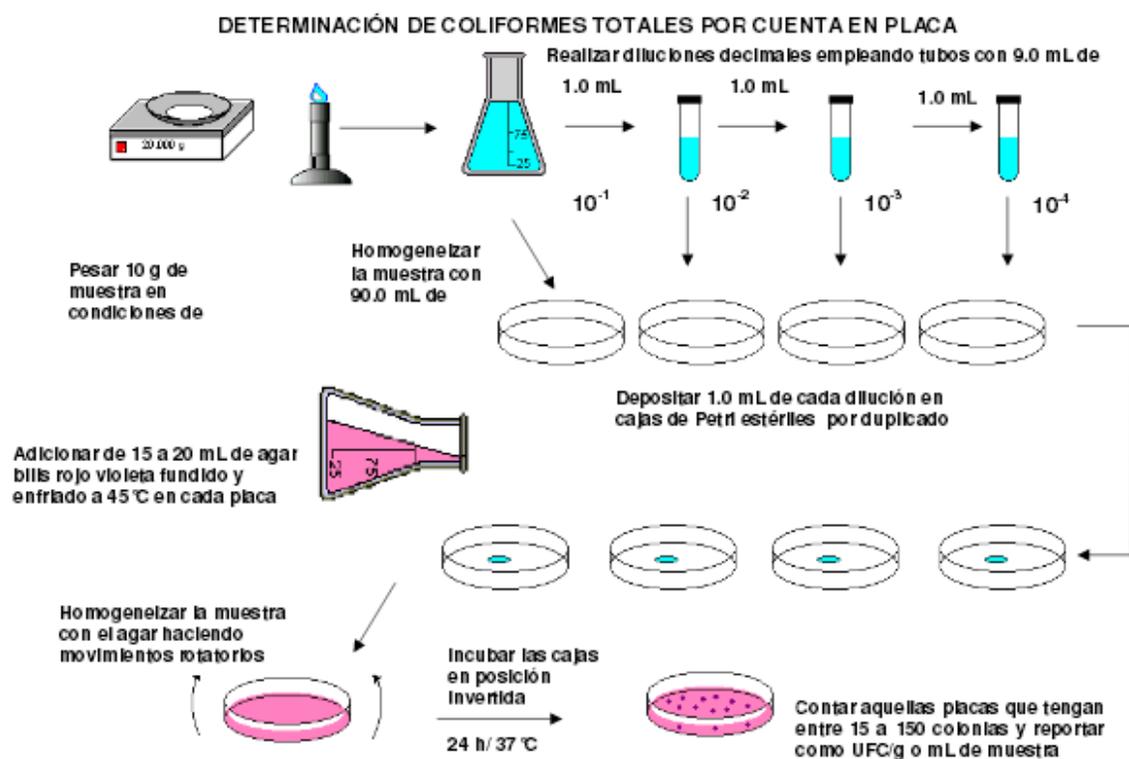


Figura 21. Procedimiento para la Cuenta de Microorganismos *Coliformes Totales* en Placa.

Fuente: Camacho, 2009.

Después del periodo especificado para la incubación, contar las colonias. Seleccionar las placas que contengan entre 15 y 150 colonias. Las colonias típicas son de color rojo oscuro, generalmente se encuentran rodeadas de un halo de precipitación debido a las sales biliares, el cual es de color rojo claro o rosa (NOM-243-SSA1-2010).

Informe de la prueba

Informar: Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g o ml) en placa de ARVB incubados a 35°C durante 24 ± 2 h.

En caso de emplear diluciones y no observar crecimiento, informar utilizando como referencia la dilución más baja utilizada.

En caso de no observar crecimiento en la muestra sin diluir se informa: "no desarrollo de coliformes por ml" (NOM-243-SSA1-2010).

4.5.1.1 Conteo de *Coliformes Fecales (Escherichia coli)*

- ❖ Determinación de *Bacterias Coliformes, Coliformes fecales y Escherichia coli* por la Técnica de Diluciones en Tubo Múltiple.

Fundamento

Este método se basa en la propiedad de los microorganismos coliformes para producir gas a partir de glucosa y fermentación de lactosa dentro de las 48 horas de incubación a 35 ± 0.5°C (coliformes) y 44.5 ± 2°C (coliformes fecales y *E. coli*) (NOM-243-SSA1-2010).

Preparación de medio de cultivo

Caldo Lauril Sulfato de Sodio

Para éste caso 1 L de agua destilada con 35.6 g de medio de cultivo. Calentar agitando hasta el punto de ebullición para disolver el medio por completo. Distribuir en tubos de ensayo con un tubo de Durham invertido, en porciones de 10 ml para muestras de 1ml o menos. Se esterilizó y se aseguró que se tenga un pH de 6.8 ± 0.2.

Preparación de la muestra

Para esta determinación se utilizó el mismo tipo de muestra que en *Coliformes totales*.

Procedimiento

Se agregó 9 ml de caldo a cada tubo de ensaye, se cerraron los tubos y se esterilizaron. Se realizaron tres diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) de las cuales cada una se realizó por triplicado, para las cuales se utilizaron las muestras previamente.

Se agregó 1 ml de muestra (de la cual se partió para realizar las diluciones para coliformes totales) con una pipeta previamente esterilizada a un tubo de ensaye, se tapó y se agito suavemente, una vez realizado éste procedimiento se agitó suavemente el tubo para su homogenización y se colocó un tubo de Durham invertido y se incubó a $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}$ durante 24 a 48h (NOM-243-SSA1-2010).

Informe de la prueba

Informar si hay presencia de gas en los tubos Durham en cualquier de las diluciones. En caso de no observar presencia de gas en la muestra sin diluir se informara "sin presencia de *E. coli*" (NOM-243-SSA1-2010).

4.5.2 Determinación de *Salmonella*

- ❖ Método para la determinación de *Salmonella spp* en alimentos

Fundamento

La presente técnica para la detección de *Salmonella spp* en alimentos, describe un esquema general que consiste de 5 pasos básicos:

Preenriquecimiento, es el paso donde la muestra es enriquecida en un medio nutritivo no selectivo, que permite restaurar las células de *Salmonella* dañadas a una condición fisiológica estable.

Enriquecimiento selectivo, empleado con el propósito de incrementar las poblaciones de *Salmonella spp* e inhibir otros organismos presentes en la muestra.

Selección en medios sólidos, en este paso se utilizan medios selectivos que restringen el crecimiento de otros géneros diferentes a *Salmonella spp* y permite el reconocimiento visual de colonias sospechosas.

Identificación bioquímica, este paso permite la identificación genérica de los cultivos de *Salmonella spp* y la eliminación de cultivos sospechosos falsos.

Serotipificación, es una técnica serológica que permite la identificación específica de un cultivo (NOM-243-SSA1-2010)

Preparación de medios de cultivo

Caldo Tetrionato

Para éste caso se agregó 46 g en 1L de agua destilada estéril. Distribuir, agitando constantemente. Guardar en refrigeración. Antes de usar el medio de cultivo, agregar 20 ml de una solución yodo-yoduro El medio una vez adicionado de yodo no debe calentarse y debe usarse el mismo día de su preparación.

Agar Verde Brillante (VB)

Para éste caso se disolvió 51g en 1L de agua destilada. Se calentó a ebullición hasta su completa disolución, se ajustó pH de 6.9 +/-0.2 y finalmente se esterilizó. Se enfrió el medio a 45 °C y se vertió 20 ml aproximadamente en cajas Petri estériles.

Agar Sulfito de Bismuto

Para éste caso se disolvió 52 g de medio en 1L de agua destilada, agitando hasta obtener una suspensión uniforme. Se calentó agitando frecuentemente hasta ebullición y mantenerlo un minuto. Se enfrió inmediatamente a 45°C y verterlo en cajas estériles. No esterilizar el medio (NOM-243-SSA1-2010).

Preparación de la muestra

Para éste caso se esterilizaron 225 ml de agua peptonada en un matraz de 500ml. Se pesó asépticamente 25 gramos de suero y se vertió en el matraz, se taparon y se homogenizó lo mejor posible, finalmente se dejó reposar por una hora a temperatura ambiente. Este procedimiento se hizo por duplicado (NOM-243-SSA1-2010).

Procedimiento

Aislamiento de Salmonella

Se vertió 1 ml de muestra (matraz 1) a un tubo que contenga 10 ml de caldo tetratonato y 1 ml de ese mismo matraz a otro tubo con 10 ml de caldo tetratonato, se taparon y se homogenizaron suavemente. Posteriormente se vertió 1 ml (matraz 2) y se realizó la misma operación anterior. Se incubó de 18 a 24 h a 35°C. Pasado éste tiempo se estriaron las muestras incubadas en los medios selectivos que fueron directamente enriquecidos. Todo éste procedimiento (figura 22) se realizó en un lugar completamente estéril.

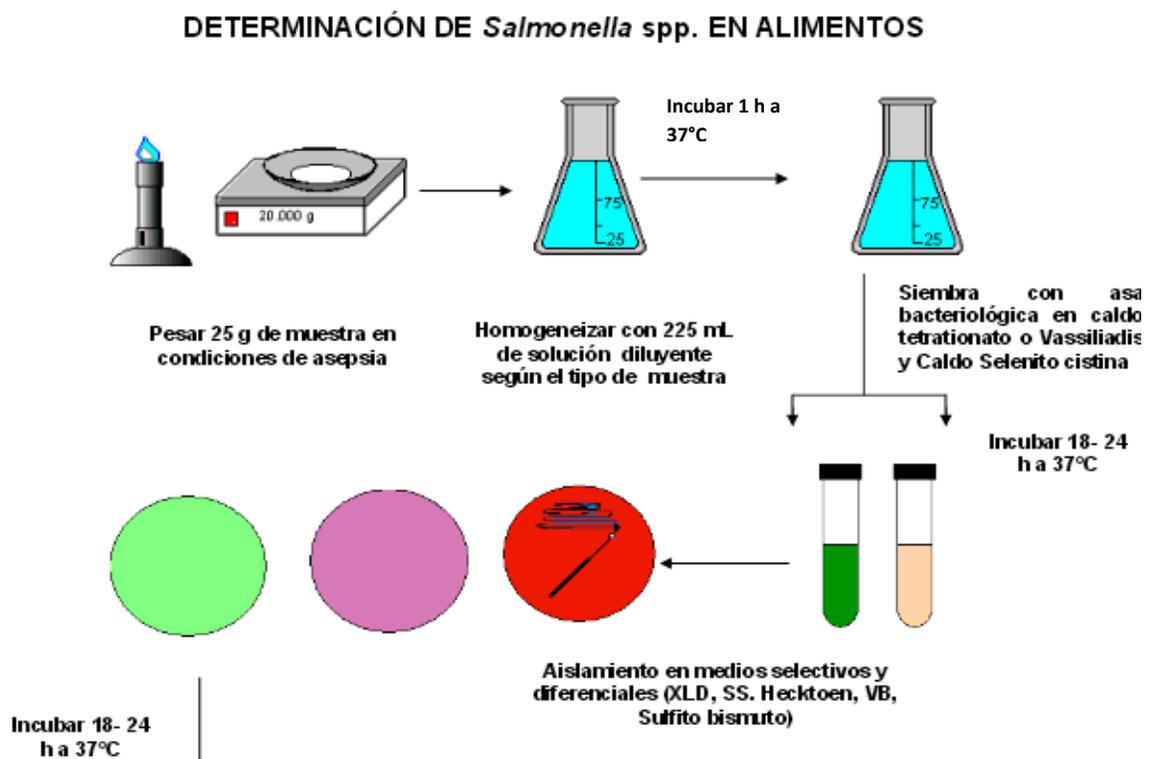


Figura 22. Procedimiento para determinación de *Salmonella* spp en alimentos.

Fuente: Camacho, 2009.

Finalmente se incubaron las placas 24 ± 2 h a 35°C. Se examinaron las placas para investigar la presencia de colonias típicas de *Salmonella*, de acuerdo con las siguientes características:

Agar VB: colonias rojas o rosas que pueden ser transparentes rodeadas por medio enrojecido; las bacterias fermentadoras de la lactosa dan colonias amarillas.

Agar Sulfito de Bismuto: las colonias típicas de Salmonella pueden ser cafés, grises o negras; con o sin brillo metálico. Generalmente el medio circundante (halo) es café, tornándose posteriormente negro. Algunas cepas producen colonias verdes sin la formación del halo oscuro. Si las placas no muestran colonias típicas o no se observa crecimiento, incubar 24 h adicionales (NOM-243-SSA1-2010).

Informe de la prueba

Informar: Presencia o ausencia de Salmonella en g o ml de muestra (NOM-243-SSA1-2010).

4.6 Elaboración de los helados basados en las formulaciones propuestas

En base a los 6 prototipos elaborados para las formulaciones, se realizaron 6 helados con sus modificaciones correspondientes en las cantidades de edulcorantes mencionadas, para lo cual se siguió el procedimiento mostrado en el diagrama de proceso del helado (Diagrama No.1).

El área de trabajo se limpió y sanitizó (Neutraclor) previo al inicio de la elaboración de las fórmulas

Se elaboraron 200g de helado de cada una de las formulaciones, calculándose las cantidades correspondientes para cada ingrediente como se muestra a continuación en la tabla 21.

Tabla 21. Cantidades de ingredientes en la formulación de los helados.

| Ingrediente | Porcentaje | Cantidad (g) |
|---------------------------|------------|--------------|
| Agua | 76.94 | 153.88 |
| Leche en polvo descremada | 20 | 40 |
| Inulina | 2.5 | 5 |
| Suero de leche en polvo | 0.5 | 1 |
| Edulcorante | 0.06 | 0.12 |
| Total | 100 | 200 |

4.6.1 Diagrama de proceso para la elaboración de los helados



| | |
|-----------------------------|--------|
| Agua | 68.68% |
| Leche polvo descremada..... | 20% |
| Sustituto de grasa..... | 2.5% |
| Estabilizante..... | 0.5% |
| Edulcorantes..... | 0.06% |

Fuente: Barrionuevo; y col. (2011).

Recepción. Los edulcorantes, inulina y goma xantana para la elaboración de los helados, se recibieron de forma envasada, proporcionados por la empresa Makymat, mientras que el agua empleada fue agua potable comercial, y la leche en polvo descremada también fue de origen comercial; siendo el suero de leche proporcionado por el taller de lácteos, el cual se encontraba almacenado en sacos, por lo que a éste se le realizaron pruebas microbiológicas para descartar alguna contaminación microbiana y así poder ser empleado en la elaboración del helado como se muestra en la figura 23.



Figura 23. Ingredientes empleados en elaboración del helado

Pesado. De acuerdo a la tabla 21 se pesaron las cantidades indicadas de cada ingrediente para la elaboración de 200 g de helado, siendo la inulina, suero de leche en polvo, y edulcorantes pesados en una balanza analítica; la leche en polvo descremada en balanza granataria, y el volumen de agua se midió en una probeta, previamente lavada y sanitizada, como se muestra en la figura 24.



Figura 24. Pesado leche descremada

Homogenizado. Para llevar a cabo el mezclado, primero se disolvió la inulina en 50 ml de agua a una temperatura de 92°C, ya que ésta solo se disuelve

a ésta condición, posteriormente disuelta la inulina, se esperó a que ésta se enfriará a 46°C para ser mezclada con la leche en polvo descremada preparada en 100 ml con un batidora (velocidad 5), una vez mezcladas en un recipiente lavado y sanitizado se procedió a disolver los edulcorantes, este mezclado se realizó durante 10 minutos con una batidora marca Rival (velocidad 5), como se muestra en la figura 25.



Figura 25. Mezclado de ingredientes para el helado.

Pasteurización. Una vez homogenizados los ingredientes, se calentó la mezcla a 64°C durante 30 minutos cumpliendo así, la condición de pasteurización marcada por la NOM-036-SSA1-1993, dicha operación se llevó a cabo en un recipiente de aluminio, colocado sobre una parrilla eléctrica la cual al llegar a la temperatura deseada, se mantuvo constante, como se muestra en la figura 26.



Figura 26. Pasteurización de la mezcla del helado.

Enfriamiento. Una vez cumplido el tiempo de calentamiento para la pasteurización, se procedió al enfriamiento rápido de la mezcla, pasando de 64°C a 4°C en un tiempo de 5 minutos para poder realizar el choque térmico que garantice la destrucción de organismos patógenos y la

inactivación de algunas enzimas de los alimentos, como se muestra en la figura 27.



Figura 27. Enfriamiento de mezcla para helado

Maduración. Una vez enfriada la mezcla, ésta se almacenó en un refrigerador a una temperatura de 4°C durante 24 horas. Este proceso promueve la hidratación de las proteínas y estabilizantes dando por resultado un aumento en la viscosidad con lo que la mezcla absorbe mejor el aire incorporado en el proceso de batido; también se logra mayor resistencia al derretimiento, como se muestra en la figura 28.



Figura 28. Mezclas para helado almacenadas a 4°C.

Batido y congelación. Después que la mezcla se almacenó a 4°C durante 24 horas, a esta se le incorporo aire mediante un batido durante 10 minutos con un homogeneizador marca Wiggen Hauser (modelo D-500), y posteriormente cumplido este lapso, la mezcla fue vertida en un bote de acero inoxidable con una cubierta de madera como se muestra en la figura A1; dentro de la cubierta de madera (conocido como garrafa), se introdujo

hielo de grado alimenticio al que se le añadieron grandes cantidades de sal de grano con la finalidad de prolongar el derretimiento del hielo; una vez preparado el hielo con la sal, se colocó dentro de la cubierta de madera (garrafa) el bote de acero inoxidable con la mezcla del helado y se empezó a girar el bote 180° de un lado a otro durante un tiempo de 20 minutos, logrando así la formación del helado.



29
Figuras 29. Garrafa; 30
Figuras 30. Bote de acero inoxidable; 31
Figuras 31. Helado.

Envasado. Una vez formado el helado, éste se almacenó en recipientes de plástico con tapas como se muestra en la figura 32.



Figura 32. Envase de los helados

Almacenamiento. Posterior al envase de los helados, éstos se almacenaron en un congelador a -16°C , como se muestra en la figura 33.



Figura 33. Foto helado en el congelador

4.7 Evaluación sensorial de las diferentes formulaciones de los helados para la selección de la formulación de mayor agrado

Las pruebas de preferencia son aquellas en las que se señala la elección de un producto entre varios. Esta elección se puede medir por comparación entre dos o más productos, registrando cuál de ellos es el más preferido.

En cambio, las pruebas de aceptación evalúan simultáneamente más de dos muestras, es una prueba que, cuantifica la preferencia por un producto midiendo cuánto les gusta o les disgusta, es decir el grado de satisfacción. El procedimiento es el empleo de escalas hedónicas, midiendo así el grado de placer o displacer que produce un alimento (Ibáñez y Barcina, 2001).

La evaluación sensorial se llevó a cabo con un panel de 50 jueces no entrenados, dentro de los cuales se encontraban hombres y mujeres en un rango de edad de 18 a 50 años en las instalaciones del taller de lácteos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1. Dicha evaluación se realizó por bloques de 10 personas, los cuales realizaron la evaluación por separado.

Para llevar a cabo la selección de la formulación del helado con las mejores características sensoriales se realizaron pruebas de preferencia para la evaluación de color, dulzor, textura (cremosidad), y a través de una prueba de aceptación y preferencia se evaluó de forma global el nivel de agrado de las muestras como se muestra en la tabla 22. El formato utilizado para dicho estudio se presenta en el ANEXO 1 (formatos 1 y 2).

Tabla 22. Métodos para evaluación sensorial

| Determinación | Método |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Evaluación de color | Prueba de preferencia |
| Evaluación de textura (Creмосidad) | Pruebas de preferencia |
| Intensidad de dulzura | Pruebas de preferencia |
| Evaluación global | Pruebas de preferencia y satisfacción |

Fuente:(Ibáñez y Barcina, 2001)

Para llevar a cabo las evaluaciones se colocaron muestras de cada uno de los helados en pequeños recipientes de plástico codificados solo con los números aleatorios como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Códigos de edulcorantes para evaluación sensorial

| Código | Edulcorante |
|--------|-------------------------|
| 6224 | Acesulfame K |
| 3500 | Aspartame |
| 3831 | Sucralosa |
| 5590 | Acesulfame K-Aspartame |
| 3749 | Acesulfame k -Sucralosa |
| 6934 | Sucralosa- Aspartame |

Para las pruebas se les pidió a los jueces que iniciaran con las muestras de izquierda a derecha en el orden mostrado en la tabla 23. Antes de iniciar la evaluación, se le dio a cada juez agua y papas saladas, y se les pidió que entre cada muestra debían comer una papa salada y posteriormente tomar pequeñas cantidades de agua para poder distinguir el dulzor y textura en las muestras.

Los jueces fueron colocados en diferentes mesas, con la finalidad de evitar la influencia de los gestos que pudieran tener durante la evaluación en los resultados de los demás jueces como se muestra en la figura 34.



Figura 34. Evaluación sensorial para selección de helado EXP

Los resultados de esta evaluación se observan en el capítulo 5.

4.8 Análisis para helados comerciales y el experimental seleccionado

Se determinaron las propiedades físicas, fisicoquímicas, así como un análisis químico proximal y pruebas de calidad al helado experimental seleccionado (denominado EXP) y a los helados comerciales A y B por

medio de pruebas de laboratorio con la finalidad de evaluar la calidad del helado experimental.

Preparación de la muestra

La norma para este producto establece, que una muestra congelada de un alimento originalmente líquido o licuable, debe fundirse por completo en baño de agua a 40 a 45°C un tiempo máximo de 15 minutos y homogeneizar agitando vigorosamente. La muestra líquida heterogénea debe ser representativa de la muestra total (NOM-243-SSA1-2010). La mezcla se manejó bajo estas condiciones para la realización de las pruebas de laboratorio que a continuación se mencionan.

4.8.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas evaluadas en el helado fueron la densidad y viscosidad.

4.8.1.1 Determinación de Densidad

Una aproximación a la medida de la gravedad específica es la comparación, en material de vidrio normalizado, de los pesos de volúmenes iguales de un líquido y de agua: con un picnómetro. Esto dará como resultado la densidad del líquido comparada con la del agua: con un picnómetro, siendo por la técnica del picnómetro la determinación de la densidad del helado (Nielsen, 2003).

Procedimiento

Se empleó un picnómetro limpio y seco a 25°C, el cual se pesó vacío, posteriormente se llenó completamente con agua destilada a 25°C y se colocó el tapón del picnómetro y se procedió a limpiar las gotas derramadas con toallas de papel, se pesó y se registraron los datos; este procedimiento se realizó tres veces, es importante señalar que para esta técnica se usaron guantes para evitar la modificación del peso constante en el picnómetro.

Posteriormente, se realizó la misma metodología con el helado tres veces.

Después se procedió a calcular las densidades con cada uno de los tres datos del agua y helado con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{peso picnómetro llenado con muestra} - \text{peso picnómetro vacío}}{\text{peso picnómetro llenado con agua} - \text{peso picnómetro vacío}}$$

(Nielsen, 2003)

El procedimiento se realizó para los helados comerciales y el experimental.

4.8.1.2 Determinación de Viscosidad

Se define como viscosidad como la resistencia de un líquido a fluir debido a la fricción interna la cual tiende a resistir el deslizamiento de una capa del fluido sobre otra. La viscosidad ha sido considerada como una propiedad importante en la mezcla del helado ya que influye en el batido y retención del aire (Arbuckle, 1986).

Para esta prueba se trabajó con 5 helados comerciales, incluyendo el helado B; debido a que el helado A fue descontinuado en el mercado, se optó por manejar un helado de la misma marca comercial del helado A, sabor vainilla con un contenido de grasas y azúcares estándar, al cual se manejó como A'. Por esta razón, también se buscaron en el mercado helados con características semejantes a los helados A, B y experimental en cuanto a azúcares, grasa y contenido calórico, los cuales se manejaron como C, D y E.

Para esta prueba, las muestras se manejaron de la siguiente manera:

Los helados comerciales fueron fundidos a temperatura ambiente y centrifugados a 1500 rpm durante 10 minutos para eliminar el contenido de aire en ellos, por lo que no se trabajó con la base de éstos, sino con el helado fundido; a diferencia del helado experimental con el cual sí se trabajó con la base de éste sin incorporación de aire a temperatura ambiente.

Procedimiento

Para la determinación de la viscosidad se empleó un viscosímetro de cilindros concéntricos marca Rheolab MC1 Physica Anton empleando la geometría Z2 DIN con un diámetro de 45 mm del cilindro interno; también se empleó un baño maría marca Jalabo F20 con el que se controló la temperatura a 20°C como el que se muestra en la figura 35.



Figura 35. Viscosímetro de cilindros concéntricos.

Las condiciones bajo las cuales se realizó la determinación de éstas pruebas fueron:

Curvas de ascenso y descenso con un intervalo de velocidad de cizalla de 100-300 (1/s) con 25 puntos cada 10 segundos, así como 25 puntos de velocidad de cizalla constante (1/s), con excepción del helado D que se manejó un intervalo de velocidad de cizalla de 20-200 (1/s).

Con los datos obtenidos, se realizaron las gráficas de esfuerzo cortante vs velocidad de cizalla; viscosidad vs velocidad de cizalla, y viscosidad vs tiempo como se muestra en los gráficos A, B y C respectivamente.

A las curvas se les agregó líneas de tendencia potencial, así como la ecuación correspondiente, obteniendo un promedio de los parámetros reológicos, a los que se les determinó desviación estándar y coeficiente de variación.

4.8.2 Propiedades fisicoquímicas

4.8.2.1 Determinación de acidez

La acidez de un alimento se determina por medio de una volumetría ácido-base, para medir la concentración total de los ácidos (Nielsen, 2003).

La acidez valorable total (AVT) se determina casi siempre con hidróxido de sodio 0.1N a 0.5N e indicador de fenolftaleína (pH 8.3-10) o azul de bromotimol (pH 6.0-7.6). No obstante, suele presentar dificultades la determinación exacta del punto final a causa de la presencia de tampones

o de sustancias de color oscuro en los alimentos. En tales casos se puede obtener un punto final muy aproximado usando grandes cantidades de indicador y diluyendo con agua, pero es preferible efectuar valoraciones potenciométricas (Pearson, 1981).

La determinación de acidez se realizó en base a la norma NMX-F-511-1988.

Procedimiento

Se preparó agua libre de CO₂ manteniéndola en ebullición el agua durante 10 minutos, se tapó y dejó enfriar sin agitación.

Se diluyeron 20 ml de la mezcla del helado derretido en 2 veces su volumen (40 ml) con agua libre de CO₂ recién preparada en un matraz Erlenmeyer, a esta dilución se le añadieron 2 ml de fenolftaleína y se valoró con hidróxido de sodio 0.1 N hasta la aparición de un color rosado persistente cuando menos un minuto; debido a que en los helados comerciales, el color de éstos era oscuro, se empleó un potenciómetro para corroborar el viraje de la fenolftaleína, por lo que al llegar a un pH de 8.3 se detuvo la valoración con el NaOH (NMX-F-511-1988).

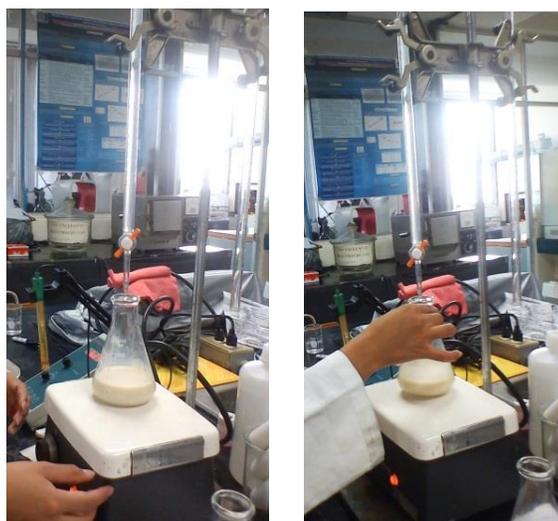


Figura 36. Determinación acidez de helado EXP.

La acidez se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula

$$\text{Acidez (ácido láctico)} = \frac{VxNx0.09 x 100}{M}$$

Donde

V= ml de NaOH 0.1 N gastados en la titulación.

N= Normalidad de hidróxido de sodio

M= Volumen de la muestra tomada
0.09= Miliequivalente del ácido láctico

(NMX-F-511-1988)

Este procedimiento se realizó por triplicado con los helados comerciales A y B, y el helado experimental (EXP).

4.8.2.2 Determinación de pH

El pH se determinó con un potenciómetro (Conductronic pH 120) en base a la norma NMX-F-317-S-1978 mediante la inmersión del electrodo en la muestra obteniendo lectura directa en el potenciómetro.

Se calibró el potenciómetro con las soluciones reguladoras de pH 4, pH 7 y se tomó una porción (30 ml) de la mezcla del helado derretida a una temperatura de 25°C y se sumergió el electrodo en la muestra de manera que lo cubrió perfectamente.



Figura 37. Lectura de pH del helado EXP.

Esta determinación se hizo por triplicado para los helados comerciales A y B y el helado experimental (EXP).

4.8.3 Análisis Químico Proximal a helados comerciales y el experimental seleccionado

Se realizó AQP a los dos helados comerciales para verificar que lo marcado en la etiqueta cumpliera con las normas correspondientes a cada parámetro y así estos ser utilizados como referencia para el AQP del helado seleccionado.

4.8.3.1 Humedad

Método por secado en estufa

Fundamento

La determinación de secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles (Facultad de Química, 2008).

En este método se calienta la muestra bajo condiciones específicas y se utiliza la pérdida de peso para calcular el contenido de humedades de la muestra. La cantidad de humedades determinada es altamente dependiente del tipo de estufa utilizada, las condiciones en el interior de la estufa, y el tiempo y temperatura de secado (Nielsen, 2003).

Procedimiento

Esta técnica se realizó basada en la metodología de la NOM-116-SSA-1-1994. Se añadió 5 g de arena a las bandejas metálicas (para conseguir una mayor superficie de secado) de fondo plano con un diámetro aproximadamente de 5 cm y se colocó una varilla de vidrio, posteriormente, utilizando solamente pinzas para el manejo de las bandejas, se colocaron en una estufa controlada termostáticamente a una temperatura de 100°C durante 3 horas para su secado. Una vez pasado éste tiempo se guardaron las bandejas en un desecador hasta enfriarse y se pesaron.

Se pesó 5 g de muestra y se distribuyó con ayuda de la varilla de vidrio (tener en cuenta que la manipulación de la varilla fue también con pinzas) sobre el fondo de la bandeja. Como la muestra contenía mucha agua se desecó parcialmente sobre un baño maría antes de ser colocada en la estufa.



Figura 38. Baño maría para determinación de humedad

Finalmente se trasladó bandeja con la muestra parcialmente seca a la estufa a una temperatura de 70°C durante una hora de secado y después se colocó en un desecador. Se pesó la bandeja una vez que se enfrió. Se pesaron las bandejas hasta obtener un peso constante colocándose en la estufa por intervalos de una hora.

El % de humedad se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Humedad (agua)} = \frac{M1 - M2}{M3} * 100$$

Donde:

M1 = Peso de bandeja con arena y varilla de vidrio (g).

M2 = Peso de bandeja con muestra (g).

M3 = Peso de la muestra (g).

(NOM-116-SSA-1-1994)

Esta determinación se le hizo a los helados A, B y EXP, por triplicado.

4.8.3.2 Grasa

Método de Rose-Gottlieb

Es el método de determinación de grasa en leche y productos lácteos más exacto que se conoce, encontrando especial aplicación en aquellos casos en los cuales las determinaciones volumétricas no son lo suficientemente exactas, tal como en el análisis de helados, quesos, leche evaporadas, condensada y en polvo (Nielsen, 2003).

Fundamento

Este método se fundamenta en la extracción de la grasa con una mezcla de éter etílico y de petróleo en presencia de hidróxido de amonio y etanol (Pearson, 1981).

Procedimiento

Esta técnica se realizó basada en la metodología de Pearson (1981). Se pesó 10 g de muestra de helado (con una aproximación de 0.1 g) dentro de un matraz de Mojonnier, para la extracción de la grasa se añadió 1 ml de hidróxido de amonio y 10 ml de alcohol etílico al 95%, posteriormente se colocó en baño maría 1 h a 60°C, se vertió 10 ml de éter etílico y se agitó durante 90 segundos, se dejó enfriar y se adicionó 25 ml de éter de petróleo, se agitó nuevamente por 90 segundos. Se dejó reposar 30 minutos y se decantó la dilución de éter del matraz de Mojonnier hacia un matraz bola, previamente a peso contante.



Figura 39. Muestras en reposo para extracción de grasa.

Se llevó a cabo tres extracciones de la misma manera que se describió anteriormente para la primera extracción.

Una vez terminado las tres extracciones se evaporó la mezcla de solventes contenido en el matraz de bola en un rotavapor marca BÚCHI R-124 y posteriormente los pequeños residuos de solventes se eliminaron colocando el matraz de bola sobre una parrilla eléctrica (marca Corning PC-353) menor a 100°C en una campana extractora de gases.



Figura 40. Evaporación de solventes en rotavapor y parrilla eléctrica.

Secar la grasa contenida dentro del matraz, hasta peso constante en una estufa a 100°C. Finalmente se dejó enfriar el matraz dentro de un desecador hasta temperatura ambiente y se pesó. El porcentaje de grasa en la mezcla se calcula por diferencia de peso (Pearson, 1981).

El % de grasa se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{PMCG - PMSG}{PM} * 100$$

Donde:

PMCG= Peso de matraz con grasa a peso constante (g)

PMSG= Peso de matraz sin grasa a peso constante (g)

PM= Peso de la muestra (g)

(Pearson, 1981).

Esta técnica se realizó por triplicado para el helado EXP, A y B.

4.8.3.3 Proteína

Método de Micro Kjeldahl (AOAC 920.105)

Fundamento

Este método determina la proteína bruta o la materia nitrogenada total. En el procedimiento de Kjeldahl, las proteínas y otros componentes orgánicos alimentarios contenidos en la muestra, son digeridos con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El contenido de total de nitrógeno orgánico es transformado en sulfato de amonio. El digerido se neutraliza con álcali y se destila sobre una disolución de ácido bórico con rojo de metilo como indicador. Los aniones boratos formados se valoran frente a ácido valorado, el cual, a su vez, se convierte en nitrógeno en la muestra. El resultado del análisis representa el contenido bruto de proteínas en el alimento, puesto que en nitrógeno proviene también de componentes distintos de las proteínas (Nielsen, 2003).

Procedimiento

Se pesaron con exactitud la muestra 0.1g y los catalizadores: sulfato de cobre 0.2 g y sulfato de sodio anhidro 1.5 g. Posteriormente se introdujo la muestra y los catalizadores en un matraz de digestión Kjeldahl seco, se añadió 1 ml de ácido sulfúrico concentrado y se digirió la muestra en un digestor en posición inclinada en una campana extractora de gases. De vez

de cuando se hizo girar el matraz con el fin de alcanzar una degradación completa de toda materia orgánica y recoger todo el material carbonizado adherido a la pared del matraz. Una vez que se aclaró el líquido, se dejó enfriar un poco la muestra y se diluyó la mezcla con un poco de agua y se trasvasó todo al matraz de llave del destilador. Se realizaron lavados del matraz con la muestra para no dejar residuo alguno de ésta.



Figura 41. Muestras de helado en digestor

Se vertió en un matraz Erlen Meyer 50 ml de ácido bórico al 4% y cinco gotas de indicador rojo de metilo y se colocó el aparato al tubo de salida, el cual se introdujo en la en la disolución de ácido bórico. Posteriormente se añadió al embudo de llave hidróxido de sodio al 40% hasta llenar el embudo y se dejó pasar lentamente con el cuidado de no dejar que el ácido bórico no suba por el tubo de salida, al mismo tiempo se agitó suavemente. Una vez que se dejó pasar todo el hidróxido de sodio se dejó en reposo el matraz Erlen Meyer hasta llegar a un volumen de 100 ml. Una vez que se llegó a este volumen se quitó el matraz y se abrieron las llaves de paso para tirar el residuo de muestra, se enjuago con agua destilada el destilador (AOAC, 1990).



Figura 42. Destilador y muestras de helado destiladas.

Finalmente se tituló la muestra obtenida con ácido clorhídrico (HCl) y se registró la cantidad de ácido gastado (AOAC, 1990).



Figura 43. Muestras tituladas con HCl

El % Nitrógeno total se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrogeno Total} = \frac{(V * N * 0.014)}{M} * 100$$

Donde:

V=Volumen gastado de HCl (ml)

N=Normalidad del ácido

M=Peso de la muestra (g)

Por lo tanto el % de proteína es:

$$\% \text{ de Proteína} = \%N_T * F_f$$

Donde:

$\%N_T$ = Nitrógeno total

F_f =Factor empírico universalmente conocido (factor de lácteos)

(AOAC, 1990)

Esta técnica se realizó por triplicado.

4.8.3.4 Carbohidratos

Método de Lane y Eynon (NMX-F-217-1975)

En general, los azúcares se determinan por métodos físicos indirectos (refractómetro, polarímetro o areómetro) o por métodos químicos semiempíricos (volumétricos o gravimétricos) (Nielsen, 2003).

Fundamento

En el caso de los métodos volumétricos consisten en usar diluciones alcalinas de cobre que se reducen a óxido cuproso, o agentes oxidantes suaves, tales como la cloramina T, que reacciona con las aldosas. El método de Lane y Eynon consiste en determinar el volumen de disolución de azúcar que se necesita para reducir 10 ó 25 ml de disolución de Fehling, en presencia de azul de metileno como indicador interno. El aire se elimina de la mezcla reaccionante manteniendo el líquido hirviendo durante la valoración (Pearson, 1981).

Esta técnica se realizó basada en la metodología de la norma NMX-F-217-1975.

Procedimiento

Se pesaron en un vaso de precipitado de 250 ml 5 gramos de helado derretido al que se le añadieron 30 ml de H₂O más 5 ml de HCl al 60%, y se dejó a baño maría durante 1 hora a 70°C. Una vez cumplido el tiempo, se dejó enfriar a temperatura ambiente; posteriormente se neutralizó la muestra con NaOH al 40%, lo cual se corroboró con tiras de pH.

Una vez que la muestra tuvo un pH de 7, ésta se pasó a un matraz aforado de 100 ml y se le añadieron 5 ml de ferrocianuro de potasio y 5 ml de acetato de zinc con la finalidad de clarificar la muestra y se dejó reposar durante 1 hora.



Figura 44. Muestra EXP clarificada

Pasado el tiempo de reposo, se aforó a 100 ml y agitó para homogenizar la mezcla; se realizó un filtrado, el cual se colocó en una bureta para realizar la titulación.

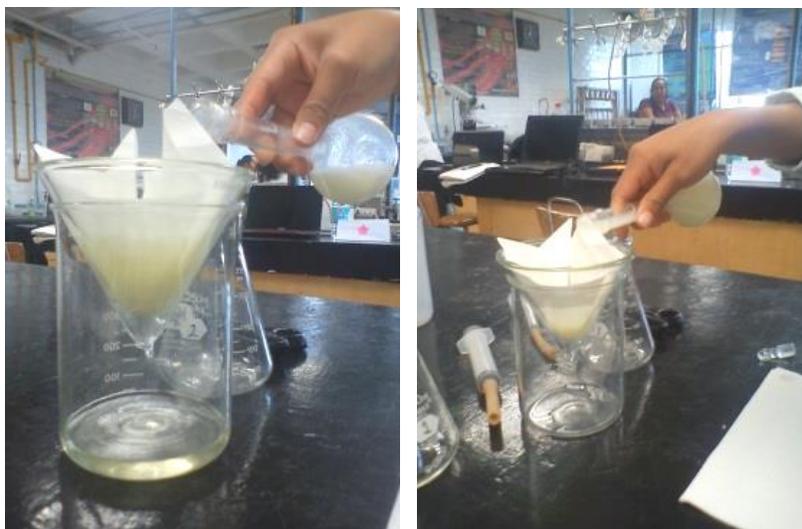


Figura 45. Filtrado de muestra clarificada

En un matraz Erlenmeyer se colocaron 5 ml de solución Fehling A y 5 ml de solución Fehling B más 50 ml de H₂O, con 10 perlas de ebullición y se puso a calentar a ebullición con un mechero y sin retirar la fuente de calentamiento, se añadieron con la bureta 5 ml de la solución con los carbohidratos reductores totales, se siguió hirviendo suavemente hasta de nuevo ebullición y se agregaron tres gotas de azul de metileno, se completó la titulación rápidamente agregando la solución de azúcares ml a ml, hasta que desapareció el color azul y apareció el precipitado color ladrillo en el

Fehling. Este procedimiento se realizó en un tiempo no mayor a 3 minutos (NMX-F-217-1975).



Figura 46. Titulación muestras para carbohidratos.

Esta determinación se le realizó por triplicado a los helados comerciales A, B y al experimental (EXP).

$$\text{Azúcares Reductores Totales (mg dextrosa)} = \frac{\text{Factor Fehling}}{\text{ml gastados en titulación}} \times 100$$

$$\% \text{Azúcares reductores totales} = \frac{\text{mg dextrosa} \times 100}{\text{g muestra}}$$

(NMX-F-217-1975)

4.8.3.5 Cenizas

Método gravimétrico (AOAC 945.46)

En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550 -600°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza (Facultad Química UNAM, 2008).

Procedimiento

Se pusieron a peso constante 3 crisoles de porcelana en la estufa (marca Blue M) a 100°C. Una vez a peso contante, se pesaron de 5 g de helado derretido en cada crisol (cuidando que la muestra no sobrepasará la mitad del crisol) previamente pesado. Se colocaron en una parrilla eléctrica (marca Corning PC-353) los crisoles hasta que la muestra se pusiera completamente negra, y después se pasaron a unos mecheros en la

campana de extracción y una vez que las muestras se pusieron completamente grises, los crisoles se pasaron a la mufla y se mantuvieron a una temperatura de 500°C hasta estar completamente calcinadas, es decir, hasta que estuvieran completamente blancas.



Figura 47. Incineración de muestras para cenizas.

Una vez que listas las cenizas, los crisoles se pasaron a la estufa por 30 min, y se mantuvieron en ella hasta llegar a peso contante.

El cálculo del porcentaje de cenizas se determinó como se muestra a continuación:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{peso crisol solo} \times 100}{\text{cantidad de muestra (g)}}$$

(AOAC, 1990)

Esta determinación se le hizo a los helados comerciales A, B y al experimental (EXP) por triplicado.

4.8.3.6 Fibra dietética

Método gravimétrico-enzimático (985.29)

Preparación de la muestra

Se secaron 500 ml de cada helado en una estufa al vacío a una temperatura de 70°C, una vez seca la muestra, se pulverizó en un molino eléctrico y se almacenaron las muestras de cada helado en recipientes de vidrio (AOAC, 1990).

Procedimiento

Se corrió un blanco a la par de toda la determinación.

Se pesó 1g de muestra (exactitud de 0.1g) en vasos de precipitado de 500 ml, cuidando que el peso de las muestras no difiriera en más de 20 mg, después se le adicionó 50 ml de buffer de fosfato 0.08M pH 6.0 a cada vaso y se midió el pH y se ajustó a $\text{pH } 6 \pm 0.2$ a las muestras que lo requirieran.

Una vez ajustado el pH se adicionó 0.1 ml de la solución de amilasa a cada vaso y se cubrieron con papel aluminio y se dejaron a baño maría a ebullición durante 15 minutos, verificando con un termómetro tuvieran una temperatura de $95^{\circ}\text{-}100^{\circ}\text{C}$, así mismo se agitaron suavemente cada 5 minutos y una vez transcurrido el tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente.



Figura 48. Muestras con solución amilasa.

Después se ajustó el pH 7.5 ± 0.2 adicionando a cada vaso 10 ml de NaOH 0.275N y se adicionaron 5 mg de proteasa (se disolvieron 50 mg de proteasa en 1ml de buffer de fosfatos y se adicionaron 0.1 ml de la solución a cada vaso), se cubrieron los vasos con papel aluminio y se les colocó en un baño a 60°C por 30 minutos con agitación continua, una vez transcurrido el tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se les adicionó 10 ml de HCL 0.325N para ajustar el pH a 4.0-4.6.

Una vez ajustado el pH se adicionaron 0.1ml de amiloglucosidasa a cada vaso de precipitado y se incubaron a 60°C por 30 minutos con agitación continua, una vez transcurrido el tiempo de incubación, se retiraron los vasos del baño maría y enseguida se les añadieron 280 ml de etanol 95% precalentado a 60°C (se midió el volumen antes de calentar) y se dejaron en reposo 1 h a temperatura ambiente.



Figura 49. Muestras y blancos después de la adición de enzimas.

Se pesaron dos crisoles previamente secados con celite, y se humedecieron con etanol 78% y se distribuyó la cama de celite, aplicando succión (bomba de vacío). Se mantuvo la succión y cuantitativamente se transfirió el precipitado de la digestión enzimática al crisol.

Después se lavar el residuo con 3 porciones de 20 ml de etanol 78%, posteriormente con 2 porciones de 10 ml de etanol 95% y finalmente con 2 porciones de 10 ml de acetona (cuando se formaba una goma en la superficie del crisol, se movía con la espátula para mejorar la filtración).

Una vez terminados los lavados, se secaron los crisoles conteniendo el residuo toda la noche a 100°C, después se enfriaron en el desecador y pesaron. Se restó el peso del crisol con la celite para conocer el peso del residuo.

Se le determinó proteína a uno de los crisoles y se analizaron cenizas al otro crisol. Finalmente se corrigió el residuo restándole las cenizas y proteína correspondiente.



Figura 50. Cenizas de las muestras de fibra.

La cantidad de fibra se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$B = \text{peso residuo} - P_B - A_B$$

Donde

Peso del residuo= promedio de los pesos de residuos (mg) para las determinaciones del blanco duplicado.

P_A y P_B = pesos (mg) de proteína y cenizas respectivamente. Se determinaron los residuos en el primero y segundo residuos.

Fibra dietética total (TDF)

$$\% \text{ de TDF} = \left[\frac{\text{peso del residuo} - P - A - B}{\text{peso de la muestra}} \right] \times 100$$

Donde

Peso del residuo= promedio de los pesos (mg) para el duplicado de muestras determinadas.

P y A = pesos (mg) de proteína y ceniza respectivamente en el primero y segundo residuos de las muestras

Peso de la muestra= promedio de peso (mg) de las muestras tomadas.

(AOAC, 1990)

Esta determinación se le hizo a los helados comerciales A, B y al experimental (EXP) por duplicado.

4.8.3.7 Valor calórico

El cálculo del contenido calórico se basó en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, la cual establece que la cantidad de energía debe calcularse utilizando el siguiente factor de conversión:

Carbohidratos disponibles 4 kcal/g 17 kJ/g

Proteínas 4 kcal/g 17 kJ/g

Grasas 9 kcal/g 37 kJ/g

Para el cálculo del valor calórico del helado EXP es necesario conocer su composición como se muestra en la tabla 24:

Tabla 24. Composición del helado EXP

| Componente | Kcal |
|------------|---------------|
| Azúcar | 9.4 x4 = 37.6 |
| Proteína | 4.45x4= 17.8 |
| Grasa | 1.8x9= 16.2 |

| | |
|-------|------|
| Total | 71.6 |
|-------|------|

La declaración sobre el contenido energético debe expresarse ya sea en kJ (kcal) por 100 g, o por 100 ml, o por porción en envases que contengan varias porciones, o por envase cuando éste contiene sólo una porción.

4.8.4 Parámetros de calidad

4.8.4.1 Índice de aireación (Overrun)

Al helado EXP se le realizó la determinación de overrun por el método de volumen constante reportado por Erika Villacís, (2010). En el caso de los helados comerciales no fue posible medir el overrun ya que éste se mide antes de ser congelado el producto.

Dicho método consiste en determinar el porcentaje de volumen al batido de la mezcla del helado por medio de pesadas tanto de la mezcla líquida del helado así como del helado ya batido (Villacís, 2010). El overrun se define como el índice de aireación o cantidad de aire agregado a la mezcla en porcentaje sobre la misma en volumen (Arbuckle, 1986).

Una espuma que tiene dos veces el volumen del líquido del cual está hecho tiene un 100% de overrun.

Procedimiento

Se pesó un volumen de mezcla líquida (100 ml), posteriormente se mezcló con un homogeneizador marca Wigen Hauser (modelo D-500) durante 20 minutos. Una vez transcurrido el proceso de batido, se tomó la muestra de helado en el mismo recipiente de 100 ml que se pesó inicialmente y se registró el peso del volumen del helado batido.

Con los pesos registrados, se calcula el porcentaje de aumento al batido por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de aireación (\%overrun)} = \frac{\text{masa del helado} - \text{masa de la mezcla}}{\text{masa de la mezcla}} \times 100$$

(Villacís, 2010)

Esta determinación se realizó al helado experimental (EXP) por triplicado.

Dada la interrelación que existe entre Prueba de Rendimiento al Batido (PRB) con el cuerpo – textura del helado, se recurre a la tabla 25 para la calificación de calidad (CC) al PRB de cada muestra. La evaluación se realizó una vez por cada muestra de helado.

Tabla 25. Método del porcentaje del rendimiento al batido y calificación de calidad.

| PRB (%) | Cuerpo | Textura | CC |
|-------------|--------------------------|-----------------|-----------|
| Menos de 50 | Duro | Hieloso | Regular |
| 50-60 | Duro- Consistente | Hieloso- Suave | Buena |
| 60.5-80 | Consistente- Adecuado | Suave - Cremoso | Muy buena |
| 80.5-100 | Consistente- Adecuado | Suave - Cremoso | Excelente |
| 100.5-115 | Consistente- Frágil | Suave - Cremoso | Muy buena |
| Sobre 115 | Frágil | Suave - Cremoso | Buena |

Fuente: (Erika Villacís, 2010)

4.8.4.2 Determinación de Masa derretida del helado (MDR)

Esta determinación se realizó a helados comerciales y EXP con el método de “masa derretida de helado (MDR)” reportado por Érica Villacís(2010).

Dicho método consiste en determinar cuantitativamente la cantidad de masa de helado que se derrite durante 30 minutos de exposición a temperatura ambiente de una bola de helado de aproximadamente 50 g, ésta debe derretirse y fundirse de manera uniforme y regular quedando similar a la mezcla original. Cabe mencionar que este método es válido solo para helado de tipo lácteo.

Para ello con un racionador de helado se tomó una bola de helado del recipiente de 1 litro donde está contenido la muestra total; esta muestra fue almacenada durante 15 días a una temperatura de -10 °C. La bola de helado se colocó en la malla de soporte de 20 * 10 cm con huecos cuadrados de aproximadamente 3 mm de lado, que se soporta sobre una marco de madera de 2cm de alto y debajo de esta se colocó un recipiente de plástico previamente pesado donde se recibió el helado derretido a una

distancia de 10 cm. Posteriormente se procedió a tomar el tiempo y después de 30 min se pesó el recipiente con el helado derretido

Se registraron los pesos de los volúmenes del helado derretido e igualmente se estableció una calificación de calidad (CC) que se relaciona con el cuerpo y textura de cada una de las muestras, para lo cual se aplica la tabla 26, para calificar los valores de MDR. La evaluación se realizó una vez por cada muestra de helado.

Tabla 26. Método de “masa derretida del helado” y calificación de calidad.

| Rango de variación de MDR (g) | Consistencia cuerpo-textura | CC |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------|
| Más de 5 | Dura-hielosa | Regular |
| 3.5-5 | Consistente- poco cremosa | Buena |
| 1.55-3 | Adecuada- cremosa | Muy buena |
| 0.60-1.50 | Suave- cremosa | Buena |
| Menos de 0.60 | Muy suave gomosa | Regular |

Fuente: (Villacís, 2010)

4.9 Análisis microbiológico al helado seleccionado (experimental)

El análisis microbiológico realizado al helado elaborado, se hizo en base a la metodología de la NOM-243-SSA1-2010, la cual establece que para los productos lácteos, específicamente helados, se debe realizar el conteo de *Coliformes Totales*, *Coliformes Fecales* (*Escherichia coli*), *Salmonella*, *Mesófilos aerobios* así como *Mohos* y *Levaduras*.

La metodología realizada para *Coliformes Totales*, *Coliformes Fecales*, *Escherichia coli*, y *Salmonella*, fue la misma mencionada anteriormente para el suero de leche, sin embargo la preparación de la muestra (helado derretido) fue diferente, ya que se pesaron 25 g del helado experimental (para *Salmonella*) y se dejaron derretir, hasta que la muestra se encontrara totalmente líquida a temperatura ambiente; una vez con estas características, se siguió la metodología mencionada para el suero de leche.

4.9.1 Determinación de *Mohos* y *Levaduras*

- ❖ Método para la Cuenta de *Mohos* y *Levaduras* en Alimentos

Fundamento

El método se basa en inocular una cantidad conocida de muestra de prueba en un medio selectivo específico, acidificado a un pH 3,5 e incubado a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, dando como resultado el crecimiento de colonias características para este tipo de microorganismos (NOM-243-SSA1-2010).

Preparación de medio de cultivo

Agar papa dextrosa (PDA)

Para este caso se utilizó 150 ml de agua destilada y 5.85 g de agar, se diluyó y se acidificó con ácido tartárico para obtener un pH de 3.5 ± 0.1 finalmente se esterilizó y se dejó enfriar hasta tener una temperatura de 45°C (NOM-243-SSA1-2010).

Procedimiento

La metodología que se utilizó fue exactamente el mismo que en *Coliformes totales* con la única diferencia de dejar incubar las cajas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ (figura 51).

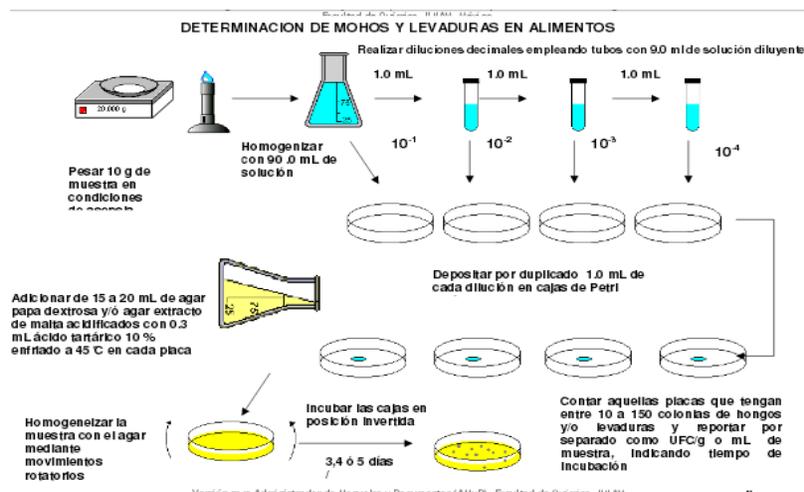


Figura 51. Procedimiento para la Cuenta de Mohos y Levaduras en Alimentos **Fuente:** Camacho, 2009

Se cuentan las colonias de cada placa después de 3, 4 y 5 días de incubación. Después de 5 días, se seleccionan aquellas placas que tuvieron entre 10 y 150 colonias. Si alguna parte de la caja muestra crecimiento extendido de mohos o si es difícil contar colonias bien aisladas, considerar

los conteos de 4 días de incubación y aun de 3 días. En este caso, informar el periodo de incubación de 3 o 4 días en los resultados del análisis.

Si es necesario, cuando la morfología colonial no sea suficiente, examinar microscópicamente para distinguir las colonias de levaduras y mohos de las bacterias (NOM-243-SSA1-2010).

Informe de la Prueba

Informar: (UFC/g o mL) de mohos en agar papa – dextrosa acidificado, incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 5 días.

(UFC/g o mL) de levaduras en agar papa dextrosa acidificado, incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 5 días (NOM-243-SSA1-2010).

4.9.2 Determinación de *Mesofilicos aerobios*.

- ❖ Método para la Cuenta de Bacterias Aerobias en Placa.

Fundamento

El fundamento de la técnica consiste en contar las colonias, que se desarrollan en el medio de elección después de un cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio. El método admite numerosas fuentes de variación, algunas de ellas controlables, pero sujetas a la influencia de varios factores (NOM-243-SSA1-2010).

Preparación de medio de cultivo

Agar-Triptona Extracto de Levadura

Para este caso se agregaron 4.7 g de agar en 200 ml de agua destilada, se midió pH con un intervalo de 7.0 ± 0.2 a 25°C . Posteriormente se esterilizó y se enfrió a $45^\circ\text{C} \pm 1.0^\circ\text{C}$ en baño maría (NOM-243-SSA1-2010).

Preparación de la muestra

Se prepararon diluciones de igual manera que en la metodología para *Coliformes totales*.

Procedimiento

De igual manera se realizó el mismo procedimiento que en la metodología de *Coliformes totales* con la diferencia de que se incubaron las cajas Petri a una temperatura de $35 \pm 2^\circ\text{C}$ en un tiempo de 48 ± 2 h. El procedimiento se muestra en la figura 52.

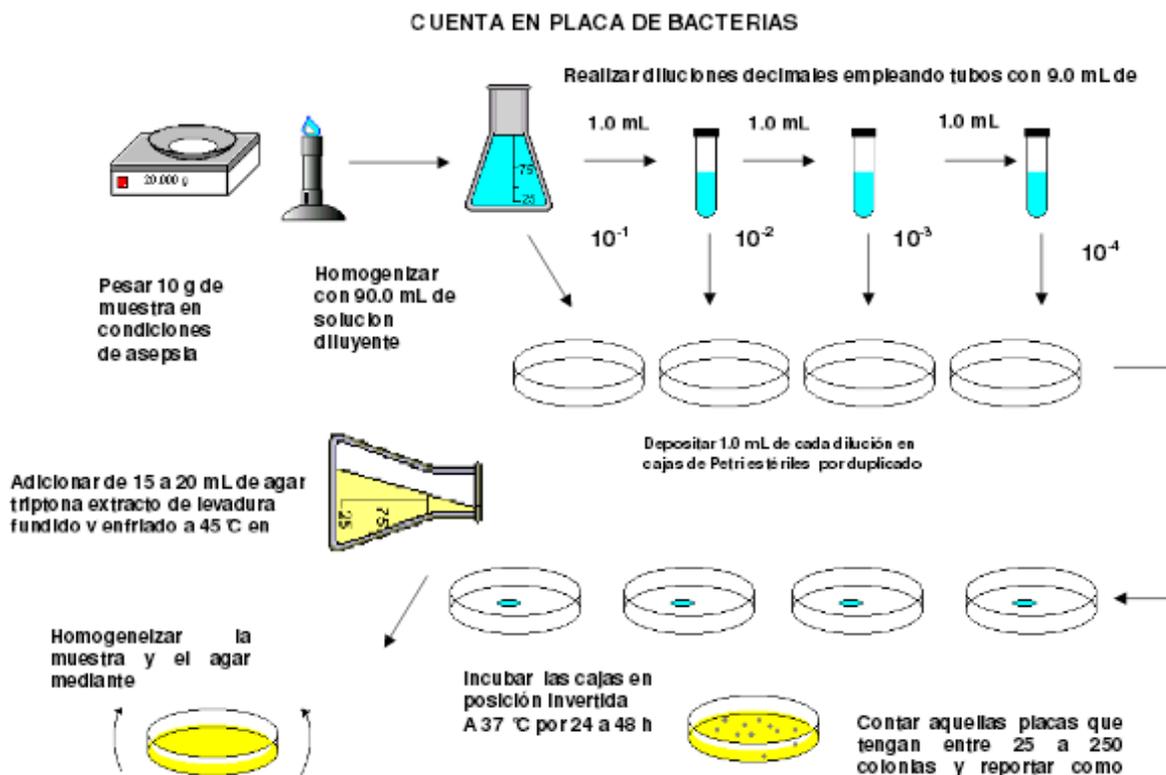


Figura 52. Procedimiento para Cuenta de *Bacterias Aerobias* en Placa.

Fuente: Camacho, 2009.

Si hay presencia de crecimiento en las cajas Petri seleccionar aquellas donde aparezcan entre 25 a 250 UFC.

Contar todas las colonias desarrolladas en las placas seleccionadas (excepto las de mohos y levaduras), incluyendo las colonias puntiformes. Hacer uso del microscopio para resolver los casos en los que no se pueden distinguir las colonias de las pequeñas partículas de alimento (NOM-243-SSA1-2010).

Informe de la Prueba

Reportar como: Unidades formadoras de colonias, ___ UFC/g o ml, de bacterias aerobias en placa en agar triptona extracto de levadura, incubadas _____ horas a _____ °C (NOM-243-SSA1-2010).

4.10 Determinación de parámetros sensoriales

Una vez elaborado el helado de acuerdo a la formulación seleccionada por un panel de jueces no entrenados, se realizó nuevamente una evaluación sensorial, con la finalidad de comparar las características de textura (cremosidad), sabor, color y aroma del helado experimental con las características de uno comercial "C", y de esta forma conocer que tanto se asemejan los parámetros evaluados con los del comercial, así como conocer el grado de aceptación del producto por parte de los jueces evaluadores.

Para esta evaluación, se realizaron una prueba de preferencia y una de aceptación, se ocupó el formato 3 el cual se muestra en el anexo 1, mismo que fue aplicado a un panel de 60 jueces no entrenados.

4.11 Análisis estadístico

Para las pruebas físicas (densidad), fisicoquímicas (pH y acidez), parámetros de calidad (overrun y fusión), y análisis químico proximal, debido a que cada prueba se realizó por triplicado para cada muestra (los helados comerciales A, B y experimental) con los datos obtenidos se les realizaron medidas de tendencia central (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación).

Para los análisis microbiológicos, solo se reporta la ausencia o presencia de los microorganismos evaluados, de acuerdo a lo marcado por la NOM-243-SSA1-2010.

A los resultados de las evaluaciones sensoriales se les realizó un anova para encontrar las diferencias significativas de cada parámetro evaluado del helado experimental con el comercial. Para ambos análisis se empleó el programa estadístico SPSS.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis microbiológico de suero de leche en polvo como materia

En la tabla 27 se presentan los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos realizados al suero de leche como materia prima.

Tabla 27. Análisis microbiológico a suero de leche

| Microorganismo | Límite máx. permitido | Reportado |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <i>Coliformes Totales</i> | <100 UFC/g o mL | No desarrollo de coliformes/ml |
| <i>Coliformes Fecales (E. coli)</i> | 100 UFC/g o mL | Sin presencia de E.coli |
| <i>Salmonella</i> | Ausente en 25 g o mL | Ausencia de Salmonella |

Debido a que en las pruebas microbiológicas no hubo presencia de los microorganismos indicados en la norma NOM-243-SSA1-2010 en el suero de leche, lo cual indica que las condiciones de almacenamiento del suero fueron las apropiadas para evitar la contaminación de éste, por lo que se empleó en la elaboración de las formulaciones de los helados.

5.2 Evaluación sensorial de las diferentes formulaciones de los helados para evaluar la preferencia de los edulcorantes

Los resultados de las pruebas de satisfacción y preferencia se presentan en las siguientes figuras 53 y 54 respectivamente.

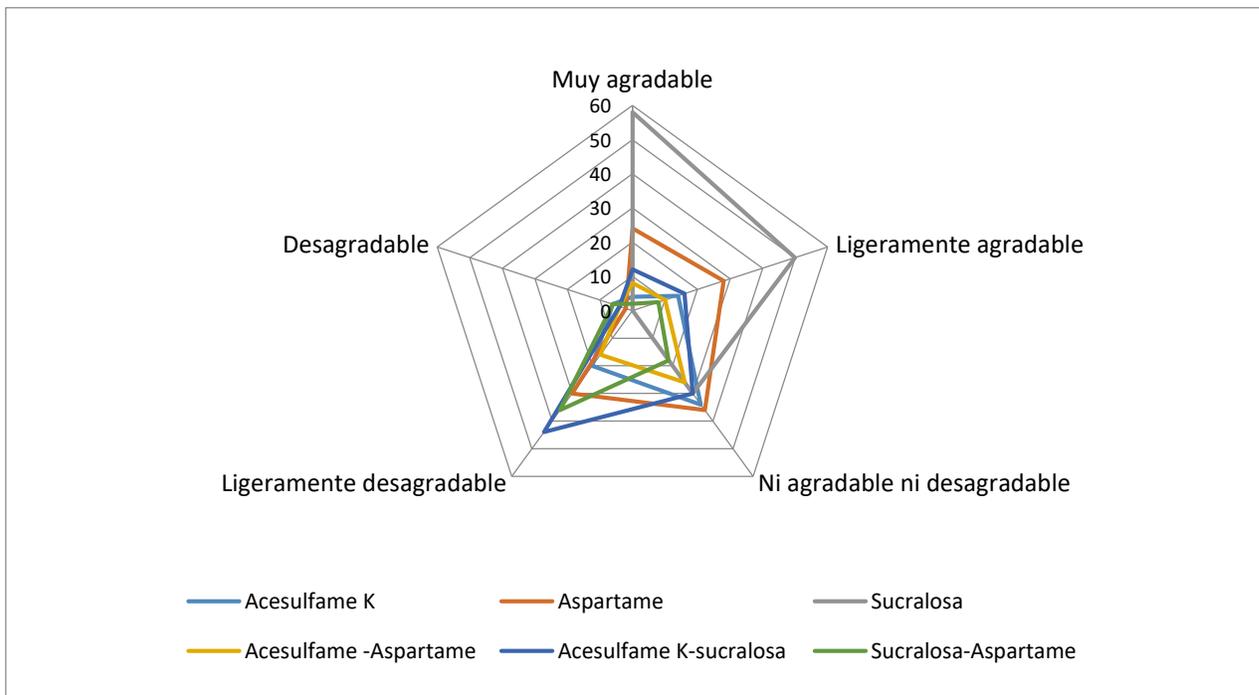


Figura 53. Porcentaje de grado de satisfacción de las formulaciones evaluadas

En la figura 53 se observa que la formulación de sucralosa fue la de mayor agrado para los panelistas con un porcentaje de 58% en comparación con la formulación de sucralosa-aspartame que tuvo un 2% con respecto al parámetro “Muy agradable”; es decir que la formulación de sucralosa tuvo un 96% de mayor agrado que la de sucralosa –aspartame.

Para el parámetro “Ligeramente agradable” la formulación de sucralosa tuvo el 50% de preferencia, mientras la formulación de aspartame que tuvo un 28%, siendo la de sucralosa un 44% de mayor agrado con respecto a la de aspartame, así como la de mayor preferencia con respecto a las demás en esta categoría.

Con respecto “Ni agradable ni desagradable” el aspartame presentó el mayor valor que los demás, con un 36% de preferencia, mientras que la sucralosa- aspartame tuvo un 18%, siendo el aspartame un 64% de mayor agrado que la sucralosa-aspartame.

En cuanto al parámetro “Desagradable”, la formulación de menor agrado fue la de sucralosa-aspartame, ya que tuvo el valor más elevado con un 6% de desagrado, siendo un 66.7% mayor que la formulación de aspartame que para el 2% de la población fue desagradable.

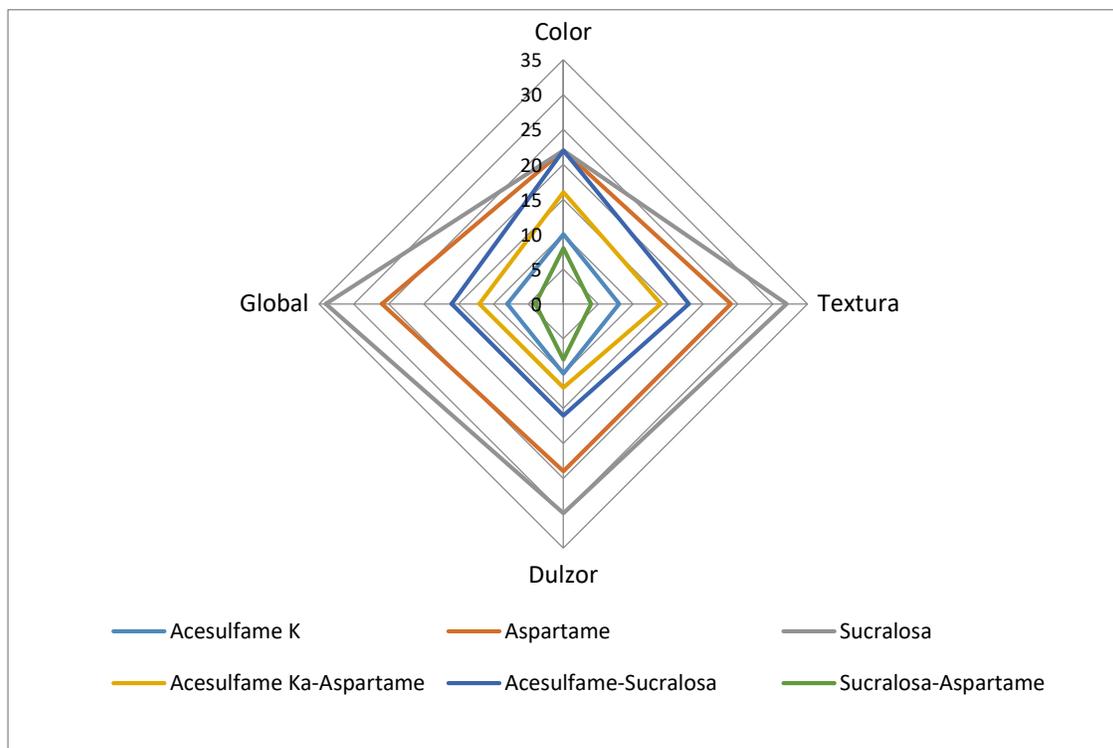


Figura 54. Comparación de textura, dulzor y color por prueba de preferencia de las formulaciones evaluadas.

Como se observa en la figura 54, la formulación de sucralosa fue la de mayor agrado en cuanto al parámetro de textura (cremosidad) con una preferencia del 87.5 % sobre la formulación de sucralosa-aspartame que tuvo un 4%, siendo así la de menor agrado; mismo que ocurre para el dulzor, ya que la formulación de sucralosa obtuvo el 30% de preferencia global, mientras que la de sucralosa-aspartame tuvo el 8% de agrado; es decir, que la formulación de sucralosa fue un 72.4% más preferida que la fórmula mezcla.

Con respecto a las formulaciones de aspartame, sucralosa y acesulfame K –sucralosa, que obtuvieron la misma calificación en el parámetro color, se debe a que en esas formulaciones como estrategia se incorporó la misma cantidad de colorante para verificar que los panelistas realizaran las evaluaciones de forma correcta, lo cual indica que además de ser percibido el mismo color en los helados, la concentración empleada en ellos fue la de mayor agrado con respecto a las otras, siendo la formulación de sucralosa-aspartame la que tuvo un menor agrado en cuanto al color, con un 63.64 % de preferencia menor que la de sucralosa.

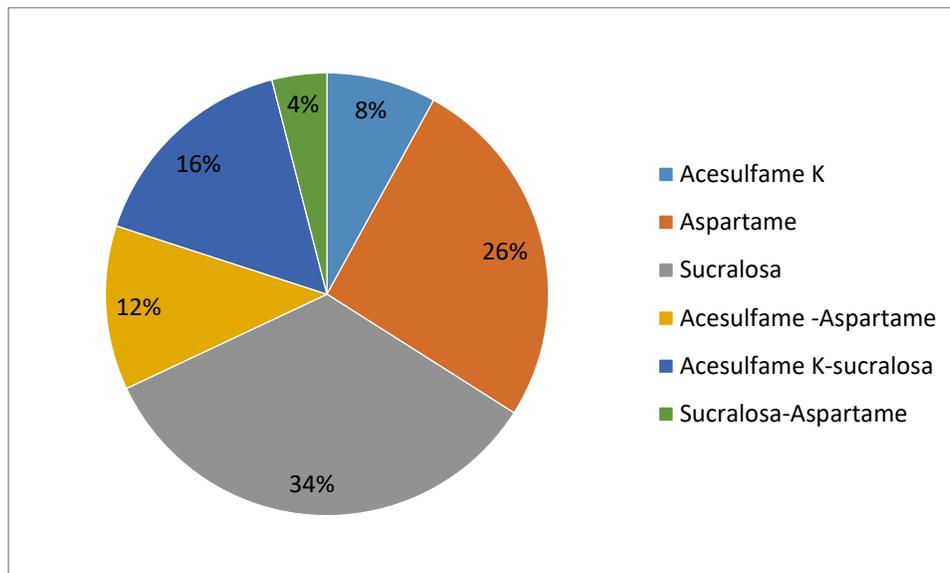


Figura 55. Grado de aceptación de las formulaciones evaluadas.

Con respecto al grado de aceptación global que tuvieron los panelistas en función a las 6 formulaciones evaluadas, se observa en la figura 55 que la formulación de sucralosa fue la de mayor calificación con un 34% de aceptación, seguida de la de aspartame con un 26%, mientras que la de sucralosa-aspartame fue la de menor calificación con un 4 % de aceptación global.

Como se observa en las figuras 53, 54 y 55, la formulación de mayor grado de satisfacción, preferencia y aceptación fue la de sucralosa, lo cual es atribuido a la textura y dulzor que este edulcorante imparte al helado, ya que a diferencia del aspartame, la sucralosa posee un poder edulcorante de 400- 600 veces más dulces que la sacarosa, una estabilidad en disolución a temperatura ambiente muy grande en una gama de pH amplia (3 a 7), así como su estabilidad a la temperatura soporta muy bien la cocción con tiempo de hasta 25 minutos a 180° C, o bien 230°C por 4 minutos (Belitz,2012), sin detección de ningún producto de descomposición o aparición de un regusto o resabio amargo; no siendo así para el aspartame, que posee un poder edulcorante de 150-200 veces más dulce que la sacarosa, en éste la estabilidad en disolución es función de las condiciones de temperatura ,pH y de tiempo de almacenamiento, teniendo una estabilidad a 20°- 25°C en un intervalo de pH 3-5 (Belitz,2012) tomando en cuenta que el aspartame es sensible a condiciones de temperatura, pH y tiempo, las condiciones de pasteurización del helado pudieron haber provocado la pérdida de dulzor detectada por los panelistas , debido a la degradación del poder edulcorante de éste que es menor en comparación con el de la sucralosa,

además el pH promedio del helado fue de 6.4, el cual se encuentra por arriba del intervalo sugerido para el aspartame, mismo que contribuye a la disminución de sus propiedades; sin embargo para la sucralosa, el pH del helado se encuentra dentro del intervalo establecido para la sucralosa, no afectando su funcionalidad en el helado (Multon,2000).

Por otra parte, el acesulfame K, posee un poder edulcorante de 130-200 veces más que la sacarosa, también posee una buena estabilidad a la temperatura por lo que puede ser sometido a temperaturas establecidas para la cocción de productos de pastelería (Belitz,2012), por lo que las condiciones de pasteurización a las que se sometió la base para el helado no lo afectaron; también posee un sabor azucarado agradable y se manifiesta rápidamente, sin embargo siempre es percibido un ligero resabio amargo a fuertes concentraciones. Posee un sabor dulce limpio que desaparece rápidamente, lo cual fue percibido por los panelistas en las formulaciones en las que se empleó el acesulfame K, contribuyendo a que tuvieran calificaciones menores en cuanto al dulzor, ya que fue percibido como un grado de dulzor menor en comparación con el de la sucralosa y aspartame (Aguilar, 2003), haciendo de ésta una formulación de baja aceptación.

En cuanto a la textura, la formulación de sucralosa, tuvo un porcentaje mayor de agrado en comparación con las demás, ya que el perfil de sabor que proporciona es muy similar al de la sacarosa, siendo un producto dulce y estable en comparación con el aspartame y acesulfame K (que son edulcorantes derivados de aminoácidos ácido aspártico y fenilalanina, un ácido orgánico y potasio, respectivamente) por lo que la funcionalidad de la sacarosa no se pierde, ya que durante el proceso de elaboración de la sucralosa se sustituyen selectivamente tres grupos hidroxilo de la molécula del azúcar por tres átomos de cloro. El cloro está presente de manera natural en muchos de los alimentos y bebidas que ingerimos todos los días, y desempeña un papel importante en muchos procesos biológicos y en la naturaleza. La presencia de cloro en la sucralosa produce un edulcorante que no tiene calorías, pero que es 600 veces más dulce que el azúcar haciendo que sucralosa posea una combinación única de sabor a azúcar y excelente estabilidad. (Calorie control, 2009: International Sweeteners Association, 2011).

Con respecto a cómo se metaboliza la sucralosa en el cuerpo, éste no utiliza la sucralosa para obtener energía porque no es descompuesta como la sacarosa (el azúcar). Pasa rápidamente a través del cuerpo, prácticamente

inalterada. La sucralosa ha sido sometida a extensas pruebas en más de 100 estudios durante un período de 20 años y se ha comprobado que es segura y un ingrediente extraordinariamente inerte. Puede ser utilizada por todas las poblaciones, inclusive las mujeres embarazadas, las madres lactantes y los niños de todas las edades. La sucralosa es beneficiosa para las personas con diabetes, porque las investigaciones demuestran que no tiene efecto en el metabolismo de los carbohidratos, el control de la glucosa en sangre a corto o largo plazo ni la secreción de insulina. Los estudios realizados en personas con niveles normales de glucosa en sangre y en personas con diabetes Tipo 1 ó Tipo 2 han confirmado que la sucralosa no tiene efecto en el control de la glucosa en sangre a corto o largo plazo (Calorie control, 2009).

En base a los resultados con consumidores, se seleccionó la formulación número 3 (sucralosa) como la de mayor preferencia, a la cual posteriormente se le determinaron sus propiedades físicas, fisicoquímicas, análisis químico proximal y pruebas microbiológicas.

5.3 Análisis para helados comerciales y el helado experimental

seleccionado

Las propiedades físicas evaluadas en el helado fueron la densidad y viscosidad.

5.3.1 Propiedades físicas

5.3.1.1 Determinación de Densidad

En la tabla 28 se presentan los valores obtenidos de las réplicas realizadas a los helados comerciales A y B, y al helado experimental.

Tabla 28. Densidades de los helados comerciales y el helado experimental seleccionado

| Helados | A | B | EXPERIMENTAL |
|--------------|--------|--------|--------------|
| Repeticiones | 1.1678 | 1.0681 | 1.0791 |
| | 1.1272 | 1.0689 | 1.0795 |
| | 1.1272 | 1.0685 | 1.0794 |
| Promedio | 1.1407 | 1.0685 | 1.0793 |
| D. E | 0.0234 | 0.0004 | 0.0002 |
| C.V | 2.0541 | 0.0380 | 0.0194 |

Como se observa en la tabla 28 el helado experimental tiene un valor de densidad que se encuentra entre la densidad de los helados A y B, el cual es de 1.0793, siendo la densidad del helado A un 5.4% mayor que la del experimental, y a la vez la densidad del helado experimental (1.0793) es 1.01 % mayor que la del B.

Diversas investigaciones indican que la densidad de la mezcla del helado oscila entre 1.0544 y 1.1232 (Arbuckle, 1986), por lo que el valor de la densidad del helado experimental se encuentra dentro del rango esperado, por lo que se considera un valor aceptable de acuerdo a Arbuckle (1986).

Es importante mencionar que los valores de coeficientes de variación para los tres helados son menores al 10%, por lo que los resultados reportados son confiables.

5.3.1.2 Determinación de Viscosidad

Con los datos obtenidos, se realizaron las gráficas de esfuerzo de cizalla en función de la velocidad de cizalla, viscosidad en función de la velocidad de cizalla, y viscosidad en función del tiempo de cizallamiento, como se muestra en las figuras 56, 57, 58, respectivamente.

Cabe mencionar que en la mayoría de los helados fundidos las curvas de ascenso y descenso de la velocidad de cizalla, coinciden, por lo que las muestras no son dependientes del tiempo de cizallamiento.

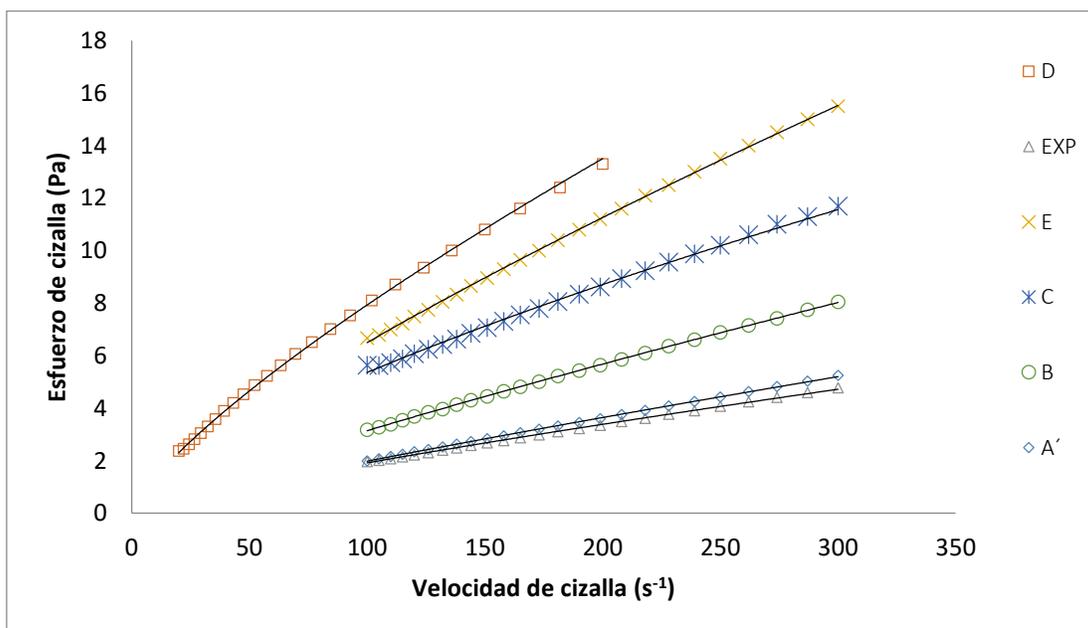


Figura 56. Comportamiento al flujo de los helados fundidos comerciales y base del helado experimental.

La muestra B fue la única que presentó tixotropía y por lo que se presentan tanto la curva de ascenso como la de descenso en la figura 56.1

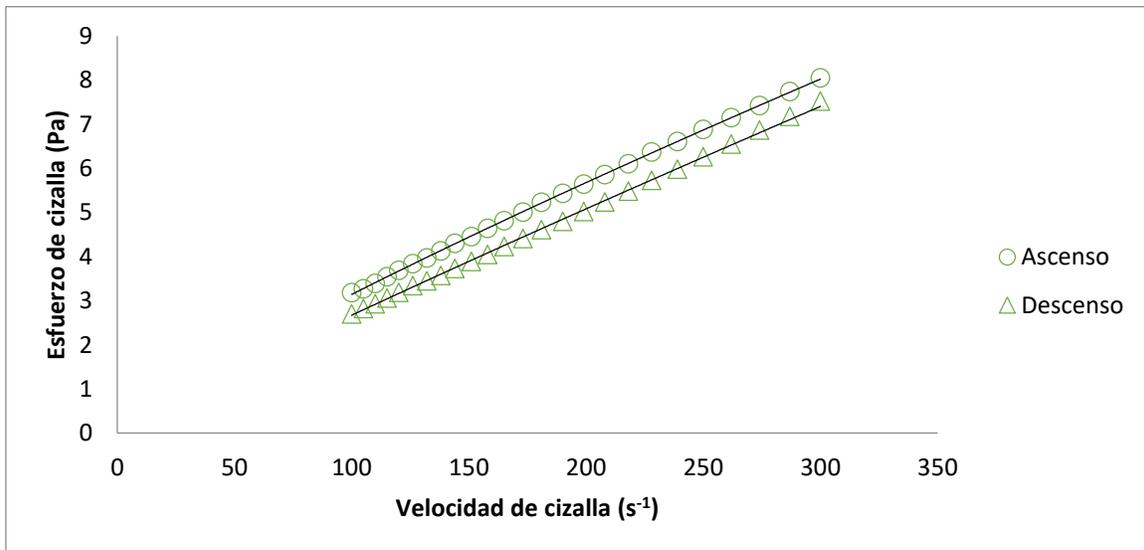


Figura 56.1. Comportamiento al flujo del helado fundido B.

Como se puede observar en la figura 56, todos los helados analizados presentaron un comportamiento no newtoniano tipo potencia o fluidificante a la cizalla, exceptuando la muestra D, que fue tixotrópica (figura 56.1).

El helado fundido D, mostró valores de esfuerzo de cizalla mayores con respecto a los demás. Mientras que la base de helado experimental y base A', presentaron los valores de esfuerzo de cizalla menores.

En la figura 57, se muestra la viscosidad respectiva, a las mismas velocidades de cizalla, y se puede confirmar el comportamiento fluidificante, además de que la que presenta la mayor viscosidad en el intervalo de 100-200 s⁻¹, fue la del helado fundido D, mientras que la de menor viscosidad fue el EXP.

Las otras muestras presentaron viscosidades intermedias.

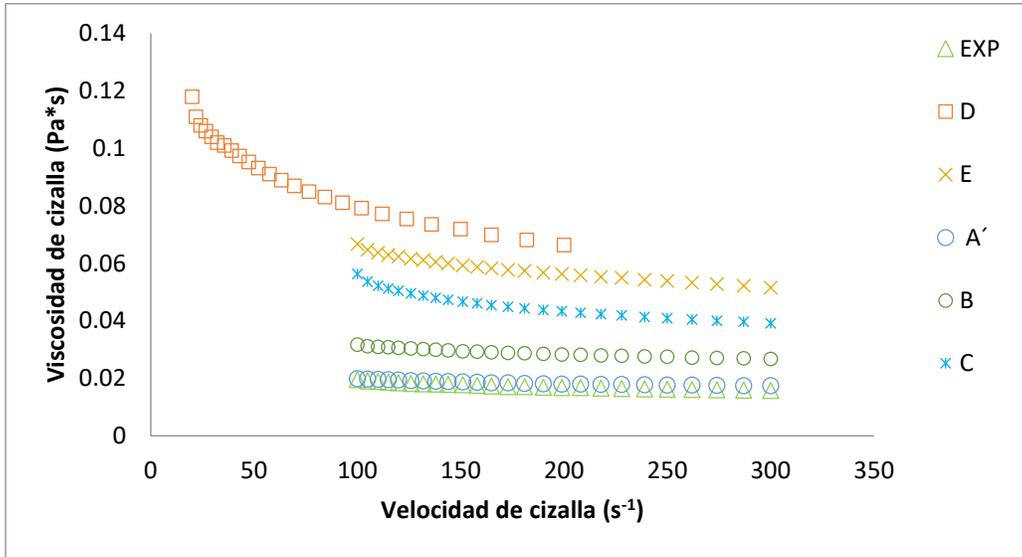


Figura 57. Gráfico de viscosidad con respecto a velocidad de cizalla de los helados fundidos comerciales y base de helado experimental.

En la figura 58 se presenta la variación de la viscosidad de una muestra representativa de los helados fundidos comerciales con respecto al tiempo de cizallamiento, obtenidos en la etapa 2 de la prueba. Se puede constatar que la dependencia del tiempo de cizallamiento es despreciable, ya que la viscosidad permanece casi constante. Por esta razón, las tendencias de las curvas de ascenso y descenso de la velocidad de cizalla coinciden para cada muestra.

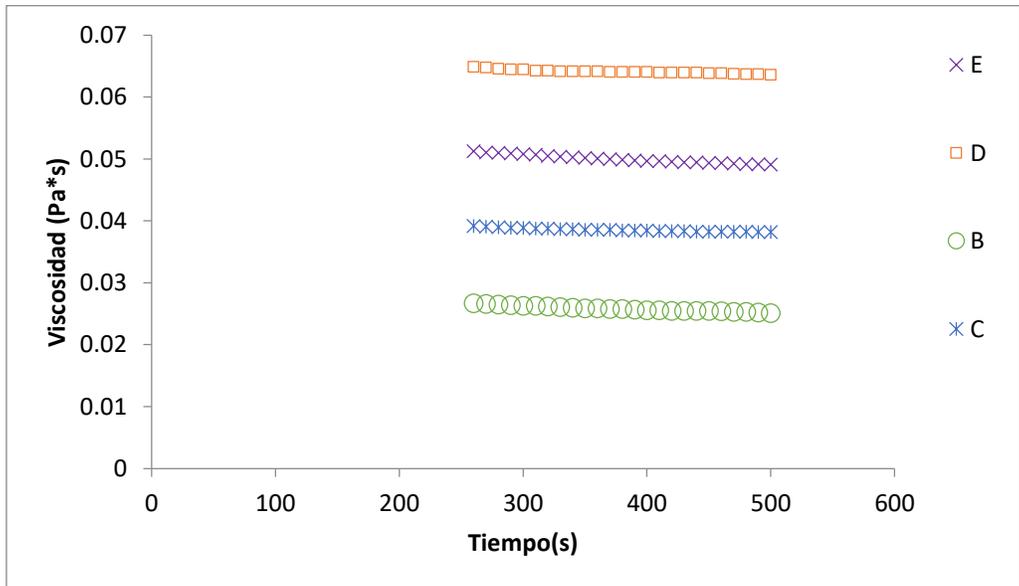


Figura 58. Gráfico de viscosidad con respecto al tiempo de cizalla de los helados fundidos comerciales y base de helado experimental.

En la tabla 29 se presentan resumidos los valores de los parámetros del modelo de la potencia, n (índice del comportamiento al flujo) y K (índice de consistencia) de los helados fundidos comerciales y el experimental.

Tabla 29. Promedios de parámetros reológicos del modelo de la potencia de los helados fundidos comerciales y base de helado experimental.

| Helado Fundido | Parámetros Reológicos | | |
|----------------|--------------------------|-----------|--------|
| | K (Pa \cdot s n) | n | r^2 |
| A' | 0.037 | 0.86 | 0.9994 |
| B | 0.045-0.143 | 0.72-0.89 | 0.9994 |
| C | 0.21 | 0.70 | 0.9976 |
| D | 0.22 | 0.78 | 0.9992 |
| E | 0.16 | 0.78 | 0.9993 |
| ExP | 0.044 | 0.81 | 0.999 |

Con respecto a n , todas las muestras poseen un valor menor a 1, lo que indica que el cizallamiento produce un adelgazamiento en ellas, produciendo una disminución de la viscosidad a las altas velocidades de cizalla.

Las muestras A' y EXP son similares, ya que para la base del helado experimental se obtuvo un valor de K de 0.044 Pa \cdot s n , con un coeficiente de variación de 0.6 % y una n de 0.81 con un coeficiente de variación de 2.7%, a diferencia de la muestra A' que tuvo un valor de K de 0.037 Pa \cdot s n , con un coeficiente de variación de 9.98% una n de 0.86 con un coeficiente de variación de 2.71%.

La muestra C fue la que presentó la n menor, indicando que es la más susceptible a perder su viscosidad al incrementar su velocidad de cizalla. Lo que representa que la muestra C tiende a disminuir su viscosidad más fácilmente con respecto a la velocidad de cizalla al compararla con las muestras A' y EXP

Para las muestras C, D y E, se obtuvieron valores K muy cercanos entre ellos, indicando mayor consistencia, inclusive a la preparada en este estudio.

Es importante mencionar que la para muestra B, no se presenta un promedio de los valores de K y n , ya que el coeficiente de variación de éstos fue de 62.84% y 10.7% respectivamente, debido a la discrepancia de los valores obtenidos en cada repetición, lo que se atribuye a la inestabilidad de la muestra, ya que al ser fundido presento una separación de fases, así mismo hubo desconocimiento de la composición química de éste por lo marcado en la etiqueta. Cabe mencionar que el valor de coeficiente de variación

para las demás muestras fue menor al 10%, por lo que los resultados reportados son confiables.

De acuerdo con lo antes mencionado se observa que la viscosidad entre los helados fundidos y la base de helado experimental variaron, ya que su composición química es diferente entre ellos principalmente en la cantidad de grasa, tal es el caso de la muestra D que contiene un 2.2% de grasa, que a pesar de ser una cantidad baja se obtuvo una viscosidad mayor en comparación con las demás muestras, esto se le atribuye a las gomas que contiene, tales como carboximetilcelulosa (CMC), xantana, algarrobo, carragenina y alginato reportadas en etiqueta, las cuales poseen características de estabilizante, gelificante y emulsificante, además de dar un aumento en la viscosidad a bajas concentraciones.

La muestra D obtuvo un coeficiente de consistencia mayor en comparación con las demás teniendo un valor de 0.22 Pa.sⁿ, siendo esta muestra la más viscosa y en su preparación fue la que tuvo más resistencia a la fusión concordando con lo dicho por Akin y col. (2007), la cual dice que las mezclas de helados con alto coeficiente de consistencia son muy viscosos y esta viscosidad aumenta la dureza, por lo que está influenciada por las propiedades reológicas en la mezcla.

Las muestras C, D y E tuvieron una viscosidad en un rango de 0.04-0.12 Pa.s (20°C) mientras que Arbuckle (1986) reporta que la viscosidad de una mezcla de helado está en un rango de 0.05-0.3 Pa.s a 20°C, por lo que se encuentra dentro de lo encontrado por este autor, sin embargo, para la muestra B se obtuvo un valor de 0.03 Pa.s y para las muestras A' y EXP fue de 0.02 Pa.s ya que las tres muestras tuvieron prácticamente una viscosidad constante, por lo que están por debajo de lo reportado por éste autor.

Los helados tienen componentes dentro de sus ingredientes que poseen la capacidad de retener agua, esto se debe a las propiedades funcionales de los ingredientes. En los helados ricos en productos lácteos se encuentran una serie de productos naturales con carácter estabilizante, principalmente las proteínas de la leche (caseína, albúmina y globulina), cuanto más es la presencia de ingredientes con propiedades estabilizantes en el helado menos estabilizantes añadidos necesitará (Martínez, 2002). Tomando en cuenta, que en la formulación del helado EXP había suero de leche, únicamente se adicionó goma xantana, por lo que obtuvo una viscosidad por debajo del rango reportado por Arbuckle (1986), considerando que a pesar de que la muestra B no se conoce su completa composición química y la muestra A' es un helado estándar obtuvieron valores por debajo del rango establecido por este mismo autor. Cabe resaltar que a pesar de que

la muestra A' es un helado con un contenido de grasa del 3.6% y de gomas como guar y carragenina y algunos emulsificantes, los cuales contribuyen a un incremento en la viscosidad comparado con la base de helado EXP conteniendo 1.7% de grasa y goma xantana, suero de leche y leche descremada como estabilizantes obtuvieron el mismo comportamiento y mismo valor constante de viscosidad siendo de 0.02 Pa.s.

Con respecto a la adición de inulina y contenido de grasa Akin y col. (2007), reportaron a diferencia de otras fibras, la inulina no tienen "resabio" y puede agregarse sin que contribuya a la viscosidad por lo que a su vez reportó que no hay diferencia significativa entre una leche entera y una leche desnatada en su viscosidad conteniendo 4 y 6% de inulina, lo cual justifica los resultados obtenidos en el helado experimental con la adición de 5% de inulina la cual no afectó su viscosidad, ya que se obtuvo un valor similar en comparación con el helado A' teniendo un contenido de grasa de 1.7 y 3.6% respectivamente, a pesar de que el helado A' contiene goma guar y carragenina.

Este mismo autor reporta que los helados reducidos y bajos en grasa hechos solo con inulina se derriten más rápido que un helado con grasa regular en contraste con Nagar y col., quien es citado a su vez por Akin y col. (2007), encontró que la adición de inulina a una mezcla de helado de yogurt reduce la fusión del producto congelado; en el presente estudio el helado experimental tuvo un tiempo de fusión similar en comparación con el helado con contenido de grasa estándar (muestra A'). Por lo que nuestros resultados se encuentran dentro de lo establecido por la bibliografía consultada.

5.3.2 Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas evaluadas en el helado fueron acidez y pH.

5.3.2.1 Determinación de acidez

En la tabla 30 se presentan los resultados de los cálculos para la obtención de la acidez.

Tabla 30. Acidez de los helados comerciales y acidez.

| Helados | A | B | EXPERIMENTAL |
|--------------|-------|-------|--------------|
| Repeticiones | 0.158 | 0.333 | 0.207 |
| | 0.167 | 0.315 | 0.216 |
| | 0.162 | 0.333 | 0.212 |
| Promedio | 0.162 | 0.327 | 0.212 |
| D. E | 0.005 | 0.010 | 0.004 |
| C.V | 2.778 | 3.178 | 2.128 |

El helado experimental posee una acidez (ácido láctico) de 0.2 %, el cual tiene un 23.6 % más de ácido láctico que el helado B que posee una acidez de 0.16 %. De acuerdo a lo reportado por Arbuckle (1986) los valores de acidez varían de este tipo de productos entre un 0.126-0.224 %, los cuales dependen de la composición de la mezcla, ya que a mayor cantidad de sólidos de leche no grasos aumenta la cantidad de ácido láctico y disminuye el pH, por lo que los valores de acidez del helado experimental son aceptables. Sin embargo, para el helado B, su acidez es de 0.327 %, siendo un 35.2% mayor que el experimental, encontrándose fuera del rango establecido por Arbuckle (1986), por lo que el helado B pudo haber desarrollado un exceso en su viscosidad, disminución del sabor, inestabilidad o incluso una posible coagulación durante la pasteurización, lo que lo hace más susceptible al ataque de microorganismos, y de esta forma aumentar su acidez.

El coeficiente de variación para las tres muestras es menor al 10%, por lo que los resultados reportados son confiables.

5.3.2.2 Determinación de pH

En la tabla 31 se presentan los valores de pH obtenidos para los helados comerciales y el experimental.

Tabla 31. Valores de pH de los helados evaluados.

| Helados | A | B | EXPERIMENTAL |
|----------|-------|-------|--------------|
| Réplicas | 6.510 | 5.870 | 6.490 |
| | 6.330 | 5.860 | 6.440 |
| | 6.540 | 5.900 | 6.430 |
| Promedio | 6.460 | 5.877 | 6.453 |
| D. E | 0.114 | 0.021 | 0.032 |
| C.V | 1.758 | 0.354 | 0.498 |

Como se presenta en la tabla 32, el pH del helado experimental fue de 6.45, mientras que el de la muestra B fue de 5.87, es decir, que el helado experimental fue 9% mayor que el B. Los valores de pH de la muestra A y el experimental son muy cercanos, habiendo solo un 0.2% de diferencia entre ellos.

Los valores de pH reportados por Arbuckle (1986) se encuentran entre 6.28-6.4, dependiendo del contenido de sólidos no grasos del helado, ya que a medida que aumentan éstos, el pH disminuye, de igual forma que a mayor acidez los valores de pH son menores, lo cual se observa en el helado B que posee el mayor porcentaje de acidez y menor valor de pH.

De igual forma, los coeficientes de variación en los tres helados evaluados son menores al 10%, por lo que los resultados reportados son válidos.

5.3.3 Análisis Químico Proximal a helados comerciales y el helado experimental seleccionado

5.3.3.1 Determinación de humedad

En las siguientes figuras se presentan los resultados obtenidos del análisis químico proximal realizado a los helados comerciales A, B y el Experimental. En la figura 59 se muestra el porcentaje de humedad de los helados.

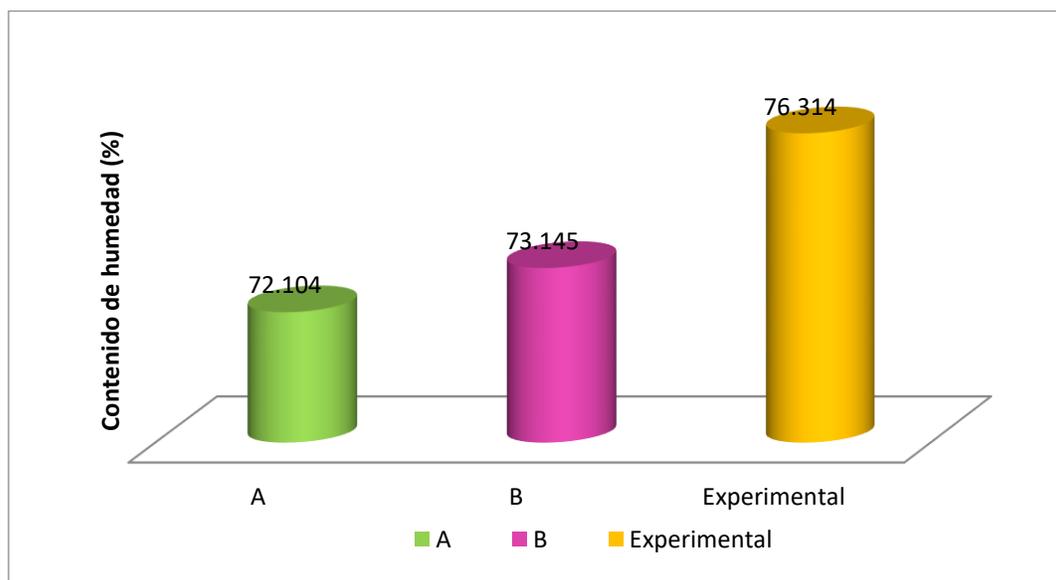


Figura 59. Contenido de humedad (%) de los helados comerciales A, B y el helado experimental.

Como se observa en la figura 59, el helado experimental tuvo mayor porcentaje de humedad, siendo de 76.314%, mientras que el helado B tuvo una humedad intermedia de 73.145%, y el helado A de 72.104%, existiendo solo una diferencia del 5.52% y 4.16 %, entre la humedad del helado experimental, con la del helado A y B respectivamente.

Comparando los resultados obtenidos durante la experimentación con los reportados de humedad por Parra y col.; que establecen un 48%-68% de humedad para helados de composición estándar (Parra y col., 2010), los porcentajes de los helados comerciales y el experimental son mayores; de igual forma al comparar el contenido de humedad de los helados A, B y experimental con lo encontrado por Arbuckle (1986), también son mayores, ya que se éste indica una humedad promedio del 61.9% para helados estándares, siendo la humedad del helado experimental 15.57% mayor a la reportada por Arbuckle (1986).

Así mismo al comparar los resultados obtenidos con los publicados por Barrionuevo y col., quienes realizaron una formulación de un helado dietético y reportaron una humedad del $68,13 \pm 0,41$, la humedad del helado experimental es mayor por un 7.1% con respecto a éste (Barrionuevo y col., 2011).

Es importante mencionar que la humedad del helado A tuvo un coeficiente de variación de 1.83%, el helado B de 0.35% y el experimental de 0.068%, por lo que los resultados reportados se consideran confiables.

5.3.3.2 Determinación de grasa

En la figura 60 se muestran los resultados de grasa de los helados comerciales A, B y el helado experimental.

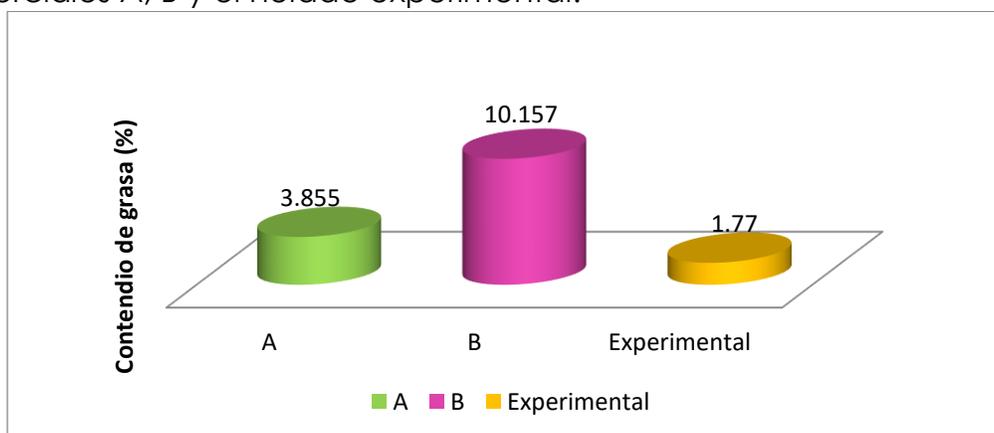


Figura 60. Contenido de grasa (%) de los helados comerciales A, B y el helado experimental.

Como se observa en la figura 60, el helado B tuvo un contenido de grasa mayor al de los demás, siendo éste de 10.157%, mientras que el helado A tuvo 3.85% y el helado experimental de 1.7%. Es importante señalar que el helado experimental tuvo un 83.27% menor contenido de grasa que el A, y 55.9% menor que el B.

De igual forma, al compararlos con lo reportado por Sibel y col., quienes desarrollaron un helado reducido en grasa empleando proteína de suero de leche aislada e inulina (Sibel y col. 2007) y obtuvieron para un helado con 6% de grasa láctea e inulina un contenido de grasa del 5.8% y para uno empleando el 3% de grasa láctea e inulina un 3.2 %, mientras que el contenido de grasa del helado experimental fue de 1.77% , es decir un 70.69% menos de grasa y 46.88% menos en comparación con las formulaciones anteriores, respectivamente.

De acuerdo a lo señalado por Arbuckle (1986), quien menciona para un helado para diabéticos bajo en grasa un contenido de grasa del 2%, el porcentaje de grasa del helado experimental se encuentra dentro de las recomendaciones de Arbuckle (1986).

Los coeficientes de variación para los tres helados fueron menores al 10%, siendo para la muestra A de 1.65%, para el B 1.94% y para el experimental de 0.798%, por lo que los resultados reportados son confiables.

5.3.3.3 Determinación de proteína

En la figura 61 se presentan los resultados obtenidos del análisis químico proximal de proteína de los helados comerciales A, B y experimental.

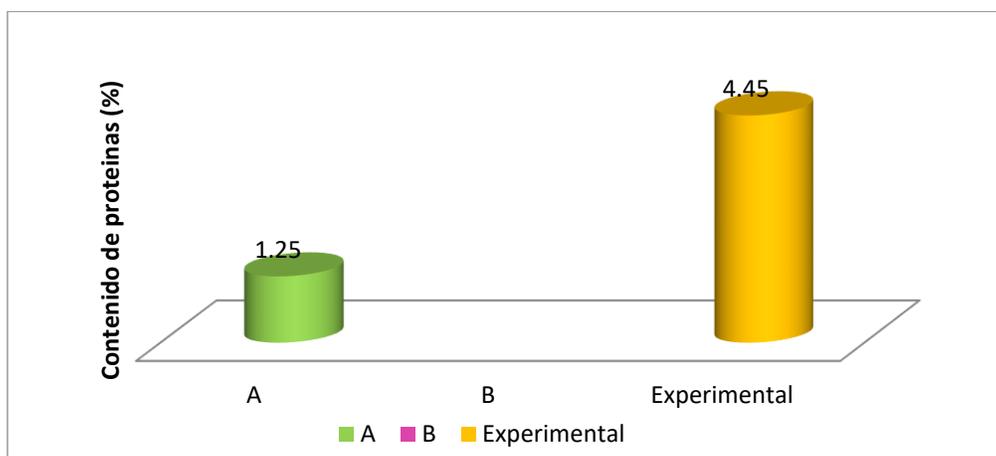


Figura 61. Contenido de proteínas (%) de los helados comerciales A, B y el helado experimental.

Con respecto a este parámetro, al helado B se le realizaron 5 veces la determinación de proteína, y no se obtuvo contenido en el helado comercial B. Sin embargo para el helado A se obtuvo un contenido del 1.25% y para el experimental 4.45 % de proteína. Por lo que el helado experimental tuvo un 72% mayor proteína que el A.

De acuerdo a Arbuckle (1986), un helado estándar posee un contenido de proteínas de 4.1%, por lo que el helado experimental tuvo un contenido mayor a lo indicado en un 7.9%. Sin embargo en contraste con lo obtenido por Barrionuevo y col. (2011), quienes obtuvieron un contenido proteico de $8.4 \% \pm 0.07$, el helado experimental tuvo un 47% menor proteína que el desarrollado por Barrionuevo y col (2011).

Por otra parte Sibel y col. (2007), obtuvieron un contenido proteico del $3.9\% \pm 0.4$ en un helado reducido en grasa empleando 3% de grasa láctea e inulina, existiendo solo un 12.4% de diferencia con el contenido proteico del helado experimental.

Con respecto a los coeficientes de variación, para el helado A se obtuvo un valor del 5.49%, mientras que el helado experimental tuvo un 7.9%, siendo ambos menores al 10%, por lo que los resultados mostrados son aceptables.

5.3.3.4 Determinación carbohidratos

Los resultados de los carbohidratos de los helados comerciales A, B y experimental se muestran en la figura 62.

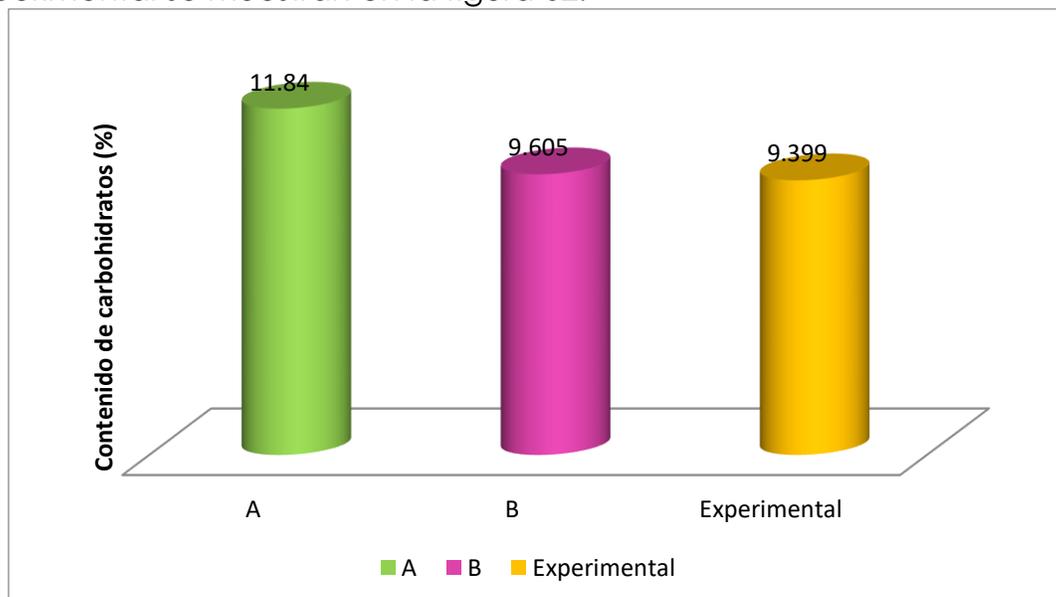


Figura 62. Contenido de carbohidratos (%) de los helados comerciales A, B y el helado experimental.

El helado A tuvo un contenido de azúcares mayor, siendo éste del 11.84%, seguido del helado B con 9.605 % y con menor cantidad de azúcares el helado experimental con 9.399%.

El helado experimental tuvo un 20.62% menor cantidad de carbohidratos y 2.15% en comparación con los helados A y B respectivamente. Existiendo una diferencia del 18.8% en el contenido de carbohidratos entre los helados A y B.

De acuerdo a lo marcado por Arbuckle (1986), un helado estándar posee un 20.7% de carbohidratos, por lo que el helado experimental en comparación con uno estándar tiene 11.301% menor contenido de azúcares. Sin embargo Barrionuevo y col. (2011); quienes realizaron una formulación de un helado dietético con sucralosa empleando inulina como sustituto de grasa al 100%, reportaron un contenido de azúcares totales del 23,02%, por lo que el helado experimental realizado se encuentran por debajo de los carbohidratos obtenidos por Barrionuevo y col. (2011) en un 59.2%.

Los coeficientes de variación de los helados A, B y experimental fueron de 4.5%, 2.57% y 5.43% respectivamente, por lo que al ser menores del 10%, se consideran como aceptables.

5.3.3.5 Determinación de cenizas

En la figura 63 se muestran los resultados del contenido de cenizas obtenidos de los helados comerciales A, B y el experimental.

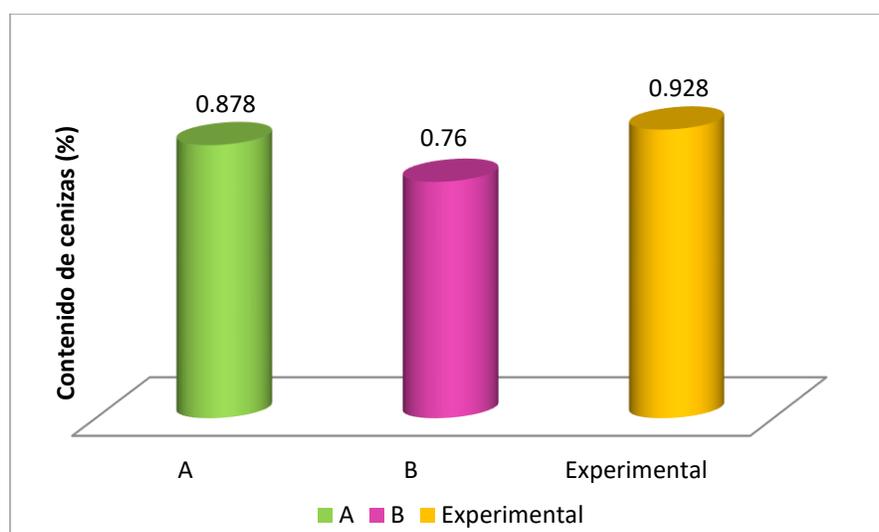


Figura 63. Contenido de cenizas (%) de los helados comerciales A, B y el helado experimental.

Como se observa en la figura 63, el helado con mayor contenido de cenizas fue el helado experimental con un 0.928%, seguido del helado A con un 0.878% y el helado B con un 0.76%, existiendo una diferencia entre el helado experimental y el A del 5.4% y del 18.2% con respecto al B.

En contraste con lo reportado por Arbuckle (1986), quien encontró para un helado estándar un 0.3931% de cenizas, existe una diferencia del 57.7% entre éste y el experimental; no siendo así al ser comparado el helado experimental con lo obtenido por Barrionuevo y col. (2011), ya que sólo existe una diferencia del 3.1% entre ellos, Barrionuevo y col. (2011) reportan un contenido de 0.9% de cenizas.

Los coeficientes de variación para los helados A, B y experimental fueron de 2.57%, 1.27% y del 2.8% respectivamente, siendo todos menores al 10%, por lo que los resultados reportados son aceptables.

5.3.3.6 Determinación de fibra dietética

En la figura 64 se muestra el contenido de fibra de los helados comerciales A y B, así como del helado experimental obtenido en el análisis químico proximal realizado.

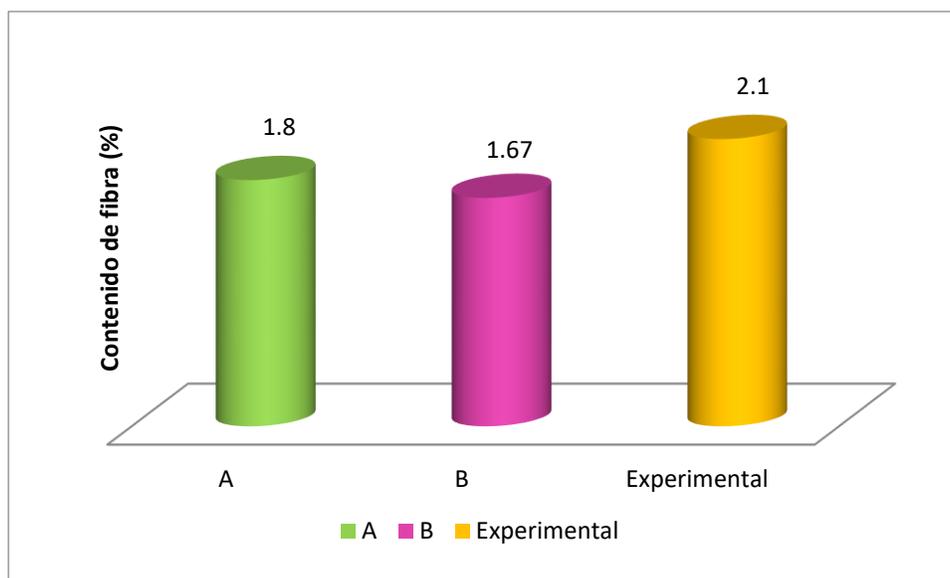


Figura 64. Contenido de fibra (%) de los helados comerciales A, B y el helado experimental.

Como se observa el helado experimental tuvo el mayor contenido de fibra, siendo éste del 2.1%, mientras que el helado B tuvo un 1.67% y el A un 1.8%. Siendo el helado experimental un 20.5% mayor en comparación con el helado B y 14.3% con el helado A.

En contraste con un helado estándar que no posee fibra (Arbuckle, 1986), el helado experimental aporta una mayor cantidad de fibra en comparación con los comerciales A y B, no siendo así al ser comparado con lo obtenido por Barrionuevo y col., ya que reportan un contenido en fibra del 12.51% ± 0.84, siendo 83.22% mayor a lo obtenido en el helado experimental.

Por otra parte, al comparar los resultados por Migueles (2009) quien desarrollo un helado empleando el 15% de inulina y sucralosa y obtuvieron un contenido de fibra del 3%, valor cercano al obtenido en el helado experimental, con una diferencia del 32.6% entre ellos (Migueles, 2009).

Los valores de coeficientes de variación obtenidos para los helados A, B y experimental fueron 7.8%, 0 y 6.7% respectivamente, siendo menores al 10%, por lo que son aceptables los resultados mostrados.

5.3.3.7 Valor calórico helado EXP.

El valor calórico obtenido para la mezcla del helado EXP basada en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 fue de 71.6 cal /100g, o bien 35.8 kcal/50 g.

En base a lo anterior, se puede decir que el helado EXP cumple con lo establecido por la NOM-086-SSA1-1994 ya que para un producto bajo en calorías, ésta marca un contenido menor o igual a 40 calorías/50 g de producto.

5.3.4 Parámetros de calidad

5.3.4.1 Índice de aireación (Overrun)

En la tabla 32 se muestran los resultados obtenidos del helado EXP presentando un overrun promedio de 61.3%.

Tabla 32. Overrun de helado EXP.

| Helado | EXP |
|---------------------|--------|
| Repeticiones | 60.4 |
| | 61.6 |
| | 61.9 |
| Promedio | 61.300 |

| | |
|-------------|-------|
| D.E. | 0.794 |
| C.V | 1.295 |

Con respecto a la tabla 26 (Materiales y métodos) descrita anteriormente por el método de porcentaje de rendimiento al batido y calificación de calidad se obtuvo un PRB dentro del rango de 60.5 - 80 % definiendo el helado con un cuerpo “consistente – adecuado”, textura “suave – cremoso” y una calificación de calidad “muy buena”. Estos resultados coincidieron con los reportados por Villacís (2010) quien elaboró un helado para diabéticos con una formulación semejante a la elaborada teniendo 68.6% de agua, 10.3% de leche en polvo descremada, 8% de manitol, 7.1% de grasa vegetal, 5.6% de sorbitol, 0.3% de estabilizante (utilizando también 0.4% como otra alternativa a esta misma formulación) y 0.02% de sucralosa.

A pesar de que en la formulación mencionada anteriormente se utilizó 3 edulcorantes y grasa vegetal se obtuvo un PRB de 61.2%, coincidiendo con el resultado que se obtuvo en el helado EXP siendo de 61.3%. Cabe mencionar que en los resultados bibliográficos se obtuvo un mismo valor de PRB con ambos porcentajes de estabilizante (0.3 y 0.4%), el cual utilizaron un estabilizante comercial (Obsicream) siendo una mezcla de goma con emulsificante.

Cabe recalcar que en este estudio se utilizó un homogeneizador marca Wigger Hauser (modelo D-500) para la incorporación de aire en la elaboración del helado EXP, una vez realizado esto se colocó la mezcla en un recipiente de acero inoxidable y se introdujo dentro de otro recipiente de mayor capacidad añadiéndose una mezcla de hielo con sale para enfriar la mezcla mientras se batía, finalmente se colocó la mezcla parcialmente congelada a un enfriamiento de -10 °C, caso contrario con lo bibliográfico donde se utilizó un mantecador el cual hace un batido en frío, teniendo un brazo mezclador rotatorio que sirve para el mezclado y el aireado; un tazón de enfriado con doble pared aislante, que contiene un líquido que congela entre los -18 y -20°C, de esta manera el aire que se incorporó queda totalmente retenido. A pesar de ello el overrun en el helado EXP y lo reportado por Villacís (2010) fue el mismo. Se obtuvo un coeficiente de variación del 1.29% por lo que los resultados son confiables.

Es esencial un cierto nivel de viscosidad para tener un batido adecuado y para la retención de aire, conforme aumente la viscosidad, la resistencia a la fusión y la suavidad del cuerpo aumenta, pero el batido disminuye. El batido también es dependiente de la eficiencia del mecanismo para batir, la viscosidad de la mezcla parcialmente congelada y de la cantidad total del aire una vez que haya sido incorporado, quede retenido (Bear, 2007).

5.3.4.2 Masa de derretimiento del helado (MDR)

En la tabla 33 se muestra la cantidad de gramos derretidos de helados comerciales y EXP, transcurrido un tiempo de exposición de 30 min a temperatura ambiente, las cuales se realizaron tres repeticiones para cada muestra.

Tabla 33. Masa de derretimiento de los helados.

| Helados | A | B | EXP |
|--------------|-------|-------|-------|
| REPETICIONES | 1.259 | 0.401 | 1.042 |
| | 1.262 | 0.423 | 1.061 |
| | 1.249 | 0.415 | 1.059 |
| Promedio | 1.257 | 0.413 | 1.054 |
| D.E. | 0.007 | 0.011 | 0.010 |
| C.V (%) | 0.542 | 2.696 | 0.991 |

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en los helados A, B y EXP con respecto a la tabla 27 descrita anteriormente por el método de “masa de derretimiento del helado” y calificación global se obtuvo para los helado A y EXP un MDR muy similar estando dentro del rango de 0.60 -1.50 g definiendo el helado con un cuerpo- textura como “suave-cremoso” y calificación de calidad de “buena”, esto debido a que los helados A y EXP son helados bajos en calorías y grasa, conteniendo muy similar la cantidad de ingredientes como inulina, grasa y edulcorante . Estos resultados coincidieron con lo reportado por Villacís, (2010) quien elaboro un helado para diabéticos utilizando 68.6% de agua, 10.3% de leche en polvo descremada, 8% de manitol, 7.1% de grasa vegetal, 5.6% de sorbitol, 0.3% de estabilizante (utilizando también 0.4% como otra alternativa a esta misma formulación) y 0.02% de sucralosa. Cabe mencionar que a pesar de no tener misma cantidad de ingredientes de edulcorantes y grasa vegetal entre la formulación bibliográfica y la del helado EXP, ambas obtuvieron una calificación de calidad como “buena” de acuerdo a la tabla 27, a pesar de tener una MDR de 4.2 y 1.05 g respectivamente.

En la bibliografía se utilizó como alternativa la cantidad de estabilizante Obsicream de 0.4% la cual obtuvo un MDR 4.3 g mostrando que la influencia de la concentración de estabilizante sobre éste parámetro no es estadísticamente significativo (prueba de Fisher igual a 0,44) (Villacís, 2010).

En cuanto a los edulcorantes, el helado A contiene 0.008% de sucralosa y 4.4% de sorbitol, mientras que para el helado EXP un 0.03% de sucralosa. A pesar de tener ambos helados la sucralosa como edulcorante, Villacís (2010), muestra que no hay diferencia significativa en la concentración de edulcorantes sobre la MDR, ya que este autor obtuvo MDR de 4.2 g y 4.35 para un 12% y 14% de edulcorantes respectivamente, sin embargo a mayor concentración de edulcorantes el incremento de masa derretida del helado es mínima. Por esta razón el helado A con el EXP a pesar de tener una diferencia mínima en la cantidad de sucralosa se obtuvo un MDR de 1.25 y 1.05 g respectivamente, los cuales son muy cercanos.

5.4 Análisis microbiológico del helado experimental seleccionado

Los resultados del análisis microbiológico realizado al helado experimental, basado en la metodología de la NOM-243-SSA1-2010, se presentan en la tabla 34.

Tabla 34. Resultados de análisis microbiológico al helado experimental

| Microorganismo | Límite máx.permitido | Reportado |
|-------------------------------------|----------------------|-----------|
| <i>Coliformes Totales</i> | <100 UFC/g o ml | Ausencia |
| <i>Coliformes Fecales (E. coli)</i> | 100 UFC/g o ml | Ausencia |
| <i>Salmonella</i> | Ausente en 25g o ml | Ausencia |
| <i>Mohos y levaduras</i> | 50 UFC/g o ml | Ausencia |
| <i>Mesofílicos aerobios</i> | 200,000 UFC/g o ml | Ausencia |

Debido a que se encontró ausencia de los microorganismos indicados por la NOM-243-SSA1-2010 en el helado, se puede hablar de un producto inocuo, ya que la preparación de éste se realizó considerando prácticas de higiene, eliminando así cualquier riesgo que cause un daño a la salud del consumidor.

5.5 Determinación de parámetros sensoriales del helado experimental seleccionado

En la figura 65, se presentan los resultados obtenidos de las evaluaciones sensoriales realizadas al helado experimental seleccionado para conocer que tanto se asemejan los parámetros evaluados (textura, sabor, color y aroma) con los del comercial, así como conocer el grado de aceptación del producto por parte de los jueces evaluadores.

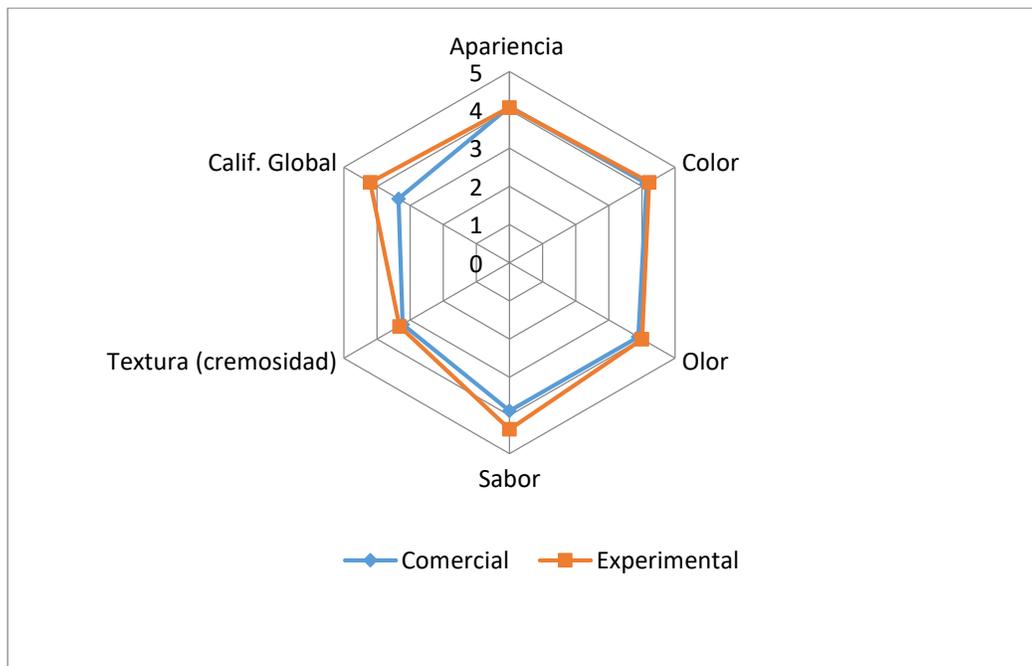


Figura 65. Comparación de apariencia, textura, sabor y color del helado experimental seleccionado con comercial.

Como se observa el helado experimental con respecto a la apariencia tuvo un porcentaje menor del 0.564% con el comercial, no habiendo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ellos; en color el helado experimental tuvo un porcentaje mayor sobre el comercial del 1.91%, sin embargo el ANOVA realizado (anexo II) indica que no existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ellos en el color; en cuanto al olor el helado experimental tuvo un porcentaje mayor del 5% con el comercial, no habiendo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos; con respecto al sabor el helado experimental tuvo un porcentaje mayor del 11.09% que el comercial, por lo que sí existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ellos en el sabor, por lo que el helado experimental tuvo mayor agrado que el comercial; en la textura el helado experimental presentó un porcentaje mayor con respecto

al comercial del 3.01%, sin embargo el ANOVA no mostró la existencia de diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las muestras.

Con respecto a la calificación global de las muestras, el helado experimental tuvo mayor preferencia que el comercial, ya que presentó un porcentaje del 20.39% más que el comercial, existiendo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ellos, siendo el helado experimental de mayor agrado que el comercial.

6. CONCLUSIONES

- ✚ Las condiciones de almacenamiento del suero de leche fueron inocuas lo cual permitió emplearlo como materia prima para la elaboración de los helados.
- ✚ La formulación 3 (sucralosa) fue la de mayor agrado con respecto a los parámetros de textura, dulzor, color así como en calificación global; mientras que la formulación 6 (sucralosa-aspartame) fue la de menor aceptación.
- ✚ Los valores reportados en las propiedades fisicoquímicas para los helados A, B y EXP son semejantes a los obtenidos por diversos autores, de igual forma para las propiedades físicas con la excepción de la viscosidad, ya que los valores de parámetros reológicos obtenidos se encuentran por debajo de lo establecido en la literatura.
- ✚ Con respecto a la composición química del helado EXP, éste cumple con lo establecido por la NOM-086-SSA1-1994 para considerarse como un producto bajo en calorías y grasa.
- ✚ El contenido de proteína del helado EXP fue un 72% mayor que el comercial A, mientras que en el helado B no se encontró proteína, por lo que lo marcado en su etiqueta no concuerda con lo reportado de acuerdo a la experimentación realizada.
- ✚ En cuanto al contenido de fibra debido a la adición de inulina en el helado EXP, es mayor que los helados A y B, sin embargo no cumple con el mínimo establecido para ser considerado un producto adicionado con fibra.
- ✚ Con respecto al valor calórico, el helado se encuentra reducido en un 50% con respecto a las calorías que establece la normatividad, haciendo de éste un producto totalmente innovador.

- ✚ En cuanto al índice de aireación (overrun) y masa de derretimiento de los helados (MDR), el helado EXP puede ser definido con un cuerpo “consistente” y de textura “suave – cremoso” calificándolo como de calidad “muy buena”.
- ✚ Con respecto al análisis microbiológico, todos los valores obtenidos de las determinaciones de microorganismos se encuentran por debajo de lo máximo permitido por la norma, por lo que el producto se puede considerar de buena calidad sanitaria.
- ✚ Los panelistas de las evaluaciones sensoriales no lograron encontrar diferencias en cuanto a textura, sabor, color, olor y apariencia entre un helado comercial y el EXP.
- ✚ Debido a que el contenido calórico y en grasa del helado desarrollado es menor comparado con los comerciales de la misma gama, estas características lo hacen un producto innovador y rentable.

7. RECOMENDACIONES

- ✚ Reformular helado EXP para aumentar el contenido en fibra y pueda cumplir con lo establecido en la normatividad como considerado como un producto adicionado con fibra.
- ✚ Emplear otros edulcorantes en combinación con la sucralosa, con los que se obtenga un producto de textura suave así como dulzor agradable, ya que la mezcla de aspartame-sucralosa tuvo una calificación desagradable en las evaluaciones sensoriales.
- ✚ Se puede recurrir a otros sustitutos de grasa en el helado como el quitosan que tiene una funcionalidad de espesante, estabilizante, emulsionante así como un aporte en fibra dietética.
- ✚ Se podría emplear otra goma como estabilizante del helado, por ejemplo la arábica que es usada ampliamente en este tipo de productos.
- ✚ Debido a que la temperatura mínima registrada en el congelador fue de -10°C , el tiempo de congelación del helado fue mayor, lo cual afectó el índice de aireación, disminuyendo el volumen de éste, por lo que se recomienda que durante la etapa de almacenamiento, se empleen temperaturas de -30°C para garantizar la rápida congelación de la mezcla evitando haya una pérdida de la estructura lograda durante el batido.
- ✚ Estudiar la vida de anaquel del producto, ya que no posee algún conservador.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ◆ Achicoria (2013). Botánica cubana. Disponible en: <http://botanicacubana.blogspot.mx/2013/04/achicoria-cichorium-intybus-hojera.html>
- ◆ Aguilar, J. (2003). Edulcorantes artificiales. Alimentación y Nutrición. Pág.58-61.
- ◆ Aguilar, M. (2008). Estudio del efecto del extracto de Yacón e ingredientes en la aceptabilidad sensorial para la elaboración de helados de tipo funcional. Protocolo para obtención de título Ingeniero en alimentos.
- ◆ Universidad Jorge Basadre Grohmann Tacna. Trujillo, Perú.
- ◆ Akin, M.B., Akin, M.S., Kirmaci Z. (2007). Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice cream. Food Chemistry. 104 (1): 93-99.
- ◆ Alimentos. Sustitutos de grasas (2005). Alimentación y Nutrición. Disponible en: http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content_detail&id=103
- ◆ Alimentos para celíacos (2008). Alimentos para celíacos. Disponible en: <http://fuente.wordpress.com/page/3/>
- ◆ América Alimentos. Ingredientes funcionales (2013). Probióticos en helado. Disponible en: www.americaalimentos.com
- ◆ ANTAD 2014. *Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales*. Perfilan potencial de crecimiento de industria del helado. Disponible en: <http://www.antad.net/index.php/publicaciones/antad-informa/antad-informa/item/19426-perfilan-potencial-de-crecimiento-de-industria-del-helado>>. Fecha de consulta: 5/09/2014.
- ◆ Asociación Española de Fabricantes de Helado, 2006. Los helados: nutrición y placer.
- ◆ Arbuckle, W. S. (1986). Ice cream. Third Edition. AVI Publishing Company, Inc. United States of America.
- ◆ Ávila L., Montero D., Barrantes C. (2011). Desarrollo de Helados con Cultivos Probióticos Lactobacillus Casei y Lactobacillus Acidophilus. Revista Mundo Lácteo y Cárnico. Pág. 11-16.

- ◆ Avila, V., Silva, M. (2008). Evaluación de la calidad microbiológica de los helados elaborados en una empresa del municipio de Soacha y su impacto a nivel local. Trabajo de grado para optar al título de Microbiólogo Industrial y bacterióloga. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- ◆ Baduí, S. (2006). Química de los alimentos. Cuarta edición. Editorial Pearson Educación. México.
- ◆ Barrionuevo, M.R., Carrasco, J.M.N., Cravero, B.A.P., Ramón, A.N. (2011). Formulación de un helado dietético sabor arándano con características prebióticas. Revista Diaeta. 29(134):23-28
- ◆ Bear, R.J., Wolkow M.D., Kasperson K.M. (2007). Efecto de emulsificantes en el cuerpo y textura del helado bajo en grasa. Mundo Lácteo y Cárnico.
- ◆ Belitz H., Grosch, W. (2012). Química de los alimentos. Editorial Acribia. España.
- ◆ Bolliger S., Kornbrust, B., Goff, H.D., Tharp, B.W., Windhab, E.J. (2000). Influence of emulsifiers on ice cream produced by conventional freezing and low-temperature extrusion processing. International Dairy Journal. 10 (1): 497-504.
- ◆ Branko, E. 2014. La historia del helado. Disponible en: <<http://www.taringa.net/posts/hazlo-tu-mismo/13769527/La-historia-del-helado.html>>. Fecha de consulta: 3/08/14.
- ◆ Caillet A., Cognle C., Andrieu J., Laurent P., Rivoire A. (2003). Characterization of ice cream structure by direct optical microscopy. Influence of freezing parameters. Lebensm Wis Technol (LWT). 36(1): 743-749.
- ◆ Calorie Control Council. (2009). Datos sobre la sucralosa. Calorie Control Council. Atlanta.
- ◆ Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., Velázquez, O. (2009). Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. Segunda edición. Facultad de Química, UNAM. México.
- ◆ Carreño-Guerrero J., Castillo-Atienza M., Olives-Arcenales L., (2011). Proyecto de inversión para el reposicionamiento de una empresa productora y comercializadora de helados de soya para ciudad de Guayaquil. Tesis para obtener el título de ingeniera en marketing, comunicación y ventas. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

- ◆ Clarke, C. (2004). The science of ice cream. The Royal Society of Chemistry. UK.
- ◆ Diabetes tipo 2 (2014). Pasos hacia el equilibrio. Disponible en: http://pasoshaciaelequilibrio.co.cr/what_happens_in_type_2_diabetes.html
- ◆ Di Bartolo, E. (2005). Guía para la elaboración de helados. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Argentina.
- ◆ Douglas-Goff H. (2002). Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. Current Opinion in Colloid and Interface Science. 7(1): 432-437.
- ◆ Emulsiones cárnicas (2014). Emulsiones cárnicas. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301106/EXE_301106/31_emulsiones_carnicas.html
- ◆ Facultad de Química, UNAM. (2008). Fundamentos y Técnicas de Análisis de alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- ◆ Frotis de una emulsión estable a largo plazo (2011). Frotis de una emulsión estable a largo plazo. Disponible en: <http://doctoraliaf.blogspot.com.es/2011/02/frotis-de-una-emulsion-estable-largo.html>
- ◆ General Recommendations for Individuals with Diabetes (2014). Disponible en: <http://www.noahhealth.org/general-recommendations-for-individuals-with-diabetes/#sal>
- ◆ Gominolas de petróleo, 2013. Estructura gel. Disponible en: http://www.gominolasdepetroleo.com/2013_06_01_archive.html
- ◆ Helado de crema Americana (2013). Cocinatipo. Helado de crema. Disponible en: <http://www.cocinatipo.com/recetas/postres/helado-de-crema-americana>
- ◆ Horton E. S., Napoli, R., (1997). Conocimientos actuales sobre nutrición. Organización Panamericana de la Salud. Séptima edición. Washington, Estados Unidos Americanos.
- ◆ Hui, Y. H. (1993). Dairy Science and Technology Handbook. Vol. 1. Principles and Properties. VCH Publishers, Inc. United States of America.
- ◆ Ibáñez, F.C, Barcina, Y. (2001). Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones. Editorial Síntesis. España.
- ◆ Jiménez Ma. Claudia (2012). Helado de yogurt. Disponible en: <http://www.vanidades.com/estilo-vida/salud/450176/fan-del-helado-yogurt-cuidado/>

- ◆ La química de la limpieza (2014). Jabones. Disponible en: http://www.cneg.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/dgire2006-2007/11_porta/jabones/jabonactividades.htm
- ◆ Lara, L. (2011). INULINA: Polisacárido con interesantes beneficios a la salud humana y con aplicación en la industria farmacéutica. Revista Infármate. 7(27): 99-106.
- ◆ Lee-Jones, D. (2012). Australia Dairy and Product Annual. USDA Foreign Agriculture Service.
- ◆ Lem I UNAM FESC (2013). Espuma. Disponible en: <https://ialimentoslem1.wordpress.com/2013/12/10/v-espuma/>
- ◆ Liendo, M., Martínez, A. (2007). Sector lácteo. Industria del helado. Un análisis del sector. Undécimas Jornadas "Investigaciones en la Facultad" de Ciencias Económicas y Estadística. Universidad Nacional de Rosario.
- ◆ Madrid V. A., Cenzano I. (2003). Helados: elaboración, análisis y control de calidad. Mundi-prensa, España.
- ◆ Madrigal, L., Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 4 (57): 387-396.
- ◆ Madrid, A., Cenzano, I. (2003) Helados: Elaboración, análisis y control de calidad. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- ◆ Mahuat M., Jeanet, R., Schuck P., Brule, G. (2004). Productos lácteos industriales. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- ◆ Mantello Sergio (2007).Mundo helado Argentina. Notas técnicas sobre helados. Disponible en: <http://www.mundohelado.com/helados/cambios-helado-02.htm>
- ◆ María Carlos (2011). Helados Conaprole. Disponible en: <http://www.cruce.com.uy/ES/helados-conaprole.html>
- ◆ Martín Rocío (2014).Sorbetes para bodas. Disponible en: <http://www.bodaclick.com/report/sorbetes-para-bodas.html>
- ◆ Martínez-Rojas J. A. (2002). Evaluación de una mezcla de estabilizantes y emulsificantes en la elaboración de un helado cremoso con grasa vegetal sobre las características de una mezcla base y del producto final. Tesis para obtener el título de especialista en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia.
- ◆ Migueles, H. (2009). Aplicación de inulina de dalia y de achicoria en el desarrollo de productos alimenticios". Tesis para obtener el grado de

maestro en ciencias con especialidad en alimentos. Instituto Politécnico Nacional. México. D.F.

- ◆ Multon, J.L. (2000). Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- ◆ Nielsen, S. S. (2003). Análisis de los alimentos. Manual de laboratorio. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- ◆ Norma Mexicana. NMX-F-217-1975. Determinación de dextrosa equivalente en glucosa de maíz. Determination of equivalent dextrose on corn glucose.
- ◆ Norma Mexicana NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos.
- ◆ Norma Mexicana NMX-F-511-1988. Alimentos. Determinación de acidez en leche reconstituida.
- ◆ 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-116-SSA-1-1994. Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.
- ◆ Norma Oficial Mexicana. NOM-118-SSA1-1994. Bienes y servicios. Materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza. Colorantes y pigmentos inorgánicos. Especificaciones sanitarias.
- ◆ Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Producto y servicios. Leche fermentada, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
- ◆ Parra, A., Osuna, D., León E., Smiter, K., Muñoz, Y. (2010). Formulación para la fabricación de helados cremosos, dietéticos y no dietéticos. Tecnología Química en Suministros en Alimenticios, Mérida.
- ◆ Pasquel A. (2010). Gomas: una aproximación a la Industria de Alimentos. Revista Mundo alimentario. 35(4): 6-12.
- ◆ Pearson, D. (1981). Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- ◆ Primo, Y. (1998). Química de los Alimentos. Editorial Síntesis. España.
- ◆ Problemas de Regulación del Metabolismo de Carbohidratos (2004). Biología Arizona. Disponible en: http://www.biologia.arizona.edu/biochemistry/problem_sets/carbomet/01t.html

- ◆ Pro México. (2012). Industria de Alimentos Procesados. Pro México Inversión y Comercio.
- ◆ Rebollo-Alonso L. A. (2008). Manual de procedimientos para el desarrollo de un helado reducción en calorías. Tesis para obtener el título de ingeniería en alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- ◆ Sanchez-Frías, I. R. (2009). Diseño y evaluación de un helado funcional elaborado a partir del fruto de *Litchi Chinensis Sonn*, adicionado con fibra de avena y bifidobacterias. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias quimicobiológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- ◆ Sibel, A., Karagözlü, C., Ünal, G. (2007). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *Eur Food Res Technol.* 227: 889–895.
- ◆ Sin autor. (2003). Curso de manipulación de alimentos. Helados y Horchatas. Minim ediciones. México.
- ◆ Sistema digestivo: El papel de la fibra (2010). Sistema digestivo: el papel de la fibra. Disponible en: <http://www.icarito.cl/herramientas/despliegue/laminas/2009/12/376-605371-3-sistema-digestivo-el-papel-de-la-fibra.shtml>
- ◆ Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología (SMNE), (2010) Diabetes y uso de edulcorante.
- ◆ Sofjan R. P., Hartel R. W. (2004) Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal.* 14(1):255-262.
- ◆ Soluciones prácticas ITDG, (2008). Ficha técnica: componentes que se emplean en la elaboración de helados.
- ◆ Tate y Lyle (2014). Emulsificantes. Disponible en: http://www.yourdrinksolutions.com/language/es_ar/nuestros_ingredientes/nuestros_texturizantes/nuestros_almidones_emulsificantes/paginas/nuestros_almidones_emulsificantes.aspx
- ◆ Timm, F. (1985).Fabricación de helados. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- ◆ UNED (2014). Enfermedades: Diabetes. Disponible en: http://www.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-l/guia/enfermedades/diabetes/manual_produccion_de_ins.htm

- ◆ Villacís-Barba E. A., (2010). Formulación de helados aptos para diabéticos. Tesis para obtener el título de ingeniera agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Julio.
- ◆ Walstra, P., Wouters, T. M. J., Geurts, T.J. (2006). Dairy Science and Technology. Second edition. Taylor y Francis Group. United States of America.
- ◆ Wilson Oksana (2014) Helado acodado con frutas. Disponible en: <http://es.dreamstime.com/fotograf%C3%ADa-de-archivo-postre-helado-acodado-con-las-frutas-la-crema-azotada-y-el-cus-image12355662>

9. ANEXOS

ANEXO 1

FORMATO 1: PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN

NOMBRE: _____

Sexo: F M

EDAD:

Fecha: _____

Pruebe las muestras que se le presentan y señale con una X el lugar que indique su opinión acerca de la muestra.

| ESCALA | 6224 | 3500 | 3831 | 5590 | 3749 | 6934 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Muy agradable | — | — | — | — | — | — |
| Ligeramente agradable | — | — | — | — | — | — |
| Ni agradable ni desagradable | — | — | — | — | — | — |
| Ligeramente desagradable | — | — | — | — | — | — |
| Desagradable | — | — | — | — | — | — |

FORMATO 2: PRUEBA DE PREFERENCIA

PRUEBA DE PREFERENCIA: COLOR

Pruebe las muestras que se le presentan, empezando por la de la izquierda, y señale con una X cuál prefiere.

6224 3500 3831 5590 3749 6934

PRUEBA DE PREFERENCIA: TEXTURA

Pruebe las muestras que se le presentan, empezando por la de la izquierda, y señale con una X cuál prefiere.

6224 3500 3831 5590 3749 6934

PRUEBA DE PREFERENCIA: DULZOR

Pruebe las muestras que se le presentan, empezando por la de la izquierda, y señale con una X cuál prefiere.

6224 3500 3831 5590 3749 6934

PRUEBA DE PREFERENCIA: GLOBAL.

Pruebe las muestras que se le presentan, empezando por la de la izquierda, y señale con una X cuál prefiere.

6224 3500 3831 5590 3749 6934

Observaciones: _____

MUCHAS GRACIAS

FORMATO 3: PRUEBA DE PREFERENCIA

NOMBRE: _____

FECHA: _____

¿Con que frecuencia consumes helado al mes?

Pruebe las siguientes muestras que se le presentan y califique de acuerdo a las escalas correspondientes a cada parámetro.

| | MUESTRAS DE HELADO | |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------|
| PARÁMETRO | 3749 | 6224 |
| APARIENCIA VISUAL ^a | | |
| COLOR ^a | | |
| OLOR ^a | | |
| SABOR ^a | | |
| TEXTURA (CREMOSIDAD) ^b | | |
| CALIFICACION GLOBAL ^a | | |

| | |
|---|--|
| <p>a) Escala general</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Muy mala 2. Mala 3. Aceptable como límite de consumo 4. Buena 5. Muy buena | <p>b) Escala de cremosidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nada cremoso 2. Poco cremoso 3. Aceptable 4. Cremoso 5. Muy cremoso |
|---|--|

De las muestras anteriores, ¿cuál prefieres?

¿Por qué?

¿Lo consumirías?

Cuánto estarías dispuesto a pagar por un litro de helado, considerando algunos ejemplos de precios diferentes helados comerciales.

| | | | | |
|-----------|-------------|------------|----------------|--------------|
| NESTLÉ 1L | NUTRISSA 1L | HOLANDA 1L | SANTA CLARA 1L | BLUE BELL 1L |
| \$30 | \$55 | \$40 | \$80 | \$140 |

MUCHAS GRACIAS

ANEXO II

ANOVA realizado en programa SPSS para determinación de diferencias entre parámetros sensoriales del helado experimental con uno comercial.

ANOVA de un factor

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------|--------------|-------------------|-----|------------------|--------|-------------|
| Apariencia | Inter-grupos | .008 | 1 | .008 | .019 | .891 |
| | Intra-grupos | 52.317 | 118 | .443 | | |
| | Total | 52.325 | 119 | | | |
| Color | Inter-grupos | .208 | 1 | .208 | .570 | .452 |
| | Intra-grupos | 43.117 | 118 | .365 | | |
| | Total | 43.325 | 119 | | | |
| Olor | Inter-grupos | .408 | 1 | .408 | .858 | .356 |
| | Intra-grupos | 56.183 | 118 | .476 | | |
| | Total | 56.592 | 119 | | | |
| Sabor | Inter-grupos | 7.008 | 1 | 7.008 | 14.545 | .000 |
| | Intra-grupos | 56.858 | 118 | .482 | | |
| | Total | 63.867 | 119 | | | |
| Cremosidad | Inter-grupos | .300 | 1 | .300 | .561 | .455 |

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------|-----|--------|--------|-------------|
| Calificación | Intra-grupos | 63.125 | 118 | .535 | | |
| | Total | 63.425 | 119 | | | |
| | Inter-grupos | 22.102 | 1 | 22.102 | 48.935 | .000 |
| | Intra-grupos | 53.296 | 118 | .452 | | |
| | Total | 75.398 | 119 | | | |

En los valores obtenidos como 0.000 en los parámetros sensoriales, expresan que si existe diferencias significativas entre los parámetros del helado EXP con respecto a los del helado comercial.