

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería Química - Facultad de Ciencias Veterinarias



*“Carrera de Especialización en Ciencia y Tecnología de la Leche y Productos Lácteos”*

## TRABAJO FINAL INTEGRADOR

# DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE HELADOS DE CREMA MEJORADOS NUTRICIONALMENTE

**Autora:**

Lic. Paulazzo, Micaela Giana  
- Santa Fe, 2021-

TRABAJO FINAL INTEGRADOR PRESENTADO COMO PARTE DE LOS REQUISITOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO “ESPECIALISTA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS”

**Director:** Cuffía, Facundo  
Ingeniero en Alimentos y Dr. en Tecnología Química  
Cargo: Investigador asistente de CONICET - Profesor Adjunto DE FIQ-UNL

**Co-Directora:** Carina, Viviana Bergamini  
Bioquímica y Dra. en Ciencias Biológicas  
Cargo: Investigadora independiente de CONICET – JTP DS FIQ-UNL

---

## *Agradecimientos*

---

Primero y, antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y haber puesto en mi camino a todas las personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de ejecución de este trabajo.

A mi familia y amigos quienes siempre me acompañan, siendo el sostén de mi vida, incitándome a la superación constante.

A VENETO S.A. que me facilitó bibliografía y el tiempo necesario para poder llevar a cabo este trabajo.

A mi director Facundo Cuffia y codirectora Carina Bergamini que aceptaron este desafío y contribuyeron a formarme. Muy agradecida estoy por su tiempo, paciencia y predisposición.

Quiero agradecer especialmente a Cristina Perotti por motivarme a terminar este Trabajo Final Integrador.

Por último, a las autoridades de la Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, en especial al personal profesional y altamente capacitado que conforman el INLAIN (Instituto de Lactología Industrial) que me formaron durante la carrera de la Especialización en Ciencia y Tecnología de los Productos Lácteos, permitieron que utilice sus instalaciones, equipamiento y me brindaron su atención siempre que la necesité con mucha amabilidad y dedicación en todo momento.

---

## *Índice*

---

1-Resumen.....	5
2-Introducción.....	6
3-Objetivos.....	8
General.....	8
Específicos.....	8
4-Origen y evolución histórica de los helados.....	9
5-Definición de los helados.....	12
6-Clasificación de los helados.....	16
i)Helados de agua o sorbetes.....	16
ii)Helados o helados de leche.....	16
iii)Cremas heladas o helados de crema.....	16
iv)Torta helada o denominaciones similares.....	16
v)Helados de bajo contenido glucídico.....	17
7- Principales ingredientes utilizados en la preparación de los helados.....	18
i)Agua.....	18
ii)Azúcar.....	20
iii)Leche y derivados lácteos.....	21
Proteínas.....	22
Lactosa y sales minerales.....	23
Materia grasa.....	24
iv)Colorantes, acidulantes y saborizantes.....	25
v)Estabilizantes y emulsionantes.....	26
8-Proceso de fabricación de los helados.....	28
i)Preparación del mix.....	29
ii)Pasteurización.....	29
iii)Homogeneización.....	30
iv)Enfriamiento del mix.....	32
v)Maduración.....	32

vi) Congelación.....	33
vii) Envasado.....	35
viii) Almacenamiento o endurecimiento profundo.....	36
ix) Comercialización.....	36
9-Helados mejorados nutricionalmente.....	38
i) Sustitutos de grasa a base de lípidos.....	39
ii) Sustitutos de grasa a base de proteínas.....	40
iii) Sustitutos de grasa a base de carbohidratos.....	42
Maltodextrina y polidextrosa.....	42
Hidrocoloides.....	43
Almidón.....	43
Fibras dietarias.....	44
Inulina y oligofructosa.....	44
Pectinas.....	45
i) Propiedades reológicas.....	45
ii) Dureza.....	46
iii) Derretimiento/fusión.....	47
iv) Overrun.....	48
v) Atributos sensoriales.....	49
10-Experiencia laboral.....	51
11-Conclusión.....	52
12-Bibliografía.....	54

---

## *I-Resumen*

---

El proceso de fabricación de los helados es muy antiguo, pero recién en estos últimos años se han desarrollado estudios sobre los fenómenos que ocurren durante la elaboración, especialmente en su compleja microestructura.

El conocimiento, basado en el estudio científico del proceso y de dichos fenómenos, contribuirá a facilitar la selección de sustitutos adecuados para la grasa láctea mejorando así el perfil nutricional de los helados, sin perder la calidad de los mismos y sin generar grandes cambios sensoriales teniendo una buena aceptabilidad por parte de los consumidores.

En el aspecto social debe considerarse que la fabricación de los helados, en gran parte, está basada en tradiciones o conocimientos empíricos heredados. El aporte de información científica enriquece y asegura la proyección futura de los helados, permitiendo garantizar el patrimonio culinario, mantener la calidad del producto obtenido y contribuir al resguardo de las fuentes de trabajo.

Esta investigación teórica demuestra la gran importancia que presenta la formulación de los helados de crema principalmente sobre su microestructura y el grado de estabilidad final del mismo, influenciando en gran medida sobre la elección y aceptación de este producto por parte del consumidor.

Como impacto, se pretende mostrar diferentes alternativas como sustitutos de la grasa láctea dentro de la formulación básica de helados de crema. Esta investigación aporta un nuevo enfoque a la tecnología de los alimentos, en el campo de la investigación y fabricación de helados mejorados nutricionalmente.

---

## 2-Introducción

---

En el año 2017 se produjeron a nivel mundial 849.000 millones de litros de leche, de los cuales el 82% provino de la especie bovina. Sudamérica aporta el 10% de la producción mencionada y, en especial, Argentina cubre una cuota de mercado (en los últimos cuatro años) de 11.000 millones de litros (OCLA, 2017).

Con respecto a la producción mundial de helados, en el año 2010 se produjeron 16.300 millones de litros, de los cuales Argentina produjo 175 millones (Goff y Hartel, 2013).

En cuanto al consumo de helados, en el año 2010 Australia registró un consumo anual per cápita de 17,9 litros, encabezando el ranking mundial, seguido de Nueva Zelanda y Estados Unidos. Por su parte, Argentina se ubicaba en el puesto 22 de un total de 28 países, con un consumo anual per cápita de 4,3 litros (Goff y Hartel, 2013).

El Código Alimentario Argentino (CAA), en el capítulo XII, artículo N° 1.074, define al helado como: “productos obtenidos por mezclado congelado de mezclas líquidas constituidas, fundamentalmente, por leche, derivados lácteos, agua y otros ingredientes consignados en este artículo, con el agregado de los aditivos autorizados en el artículo N° 1.075” (CAA, 2021).

Los ingredientes para la elaboración de un helado de crema son diversos y variados; sin embargo, su base está compuesta por agua, azúcar, leche y derivados lácteos tales como manteca y crema. De hecho, los llamados “helados de crema” deben su nombre a estos últimos dos ingredientes (CAA, 2021).

Los ingredientes lácteos contienen varios componentes como proteínas, grasas y el único azúcar presente que es la lactosa. Cada una de ellos cumple un rol en la composición del helado, haciendo que éste tenga características particulares. Por ejemplo, otorgan cremosidad, suavidad, palatabilidad, mejoran la textura, dan cuerpo y firmeza, influyen en el punto de congelamiento y fusión, incrementan el valor alimenticio y permiten obtener un aumento de volumen (overrun). Del mismo modo, participan en la estabilidad de la emulsión de forma tal que en el momento del consumo se perciba una textura y estructura determinada (Taboada y col., 1993).

Dentro de los componentes que conforman un helado se encuentran también los aditivos, que pueden agruparse en dos categorías: *i*) Aditivos capaces de modificar las

características organolépticas del alimento tales como: colorantes, acidulantes y saborizantes, *ii*) Aditivos que mejoran el aspecto y sus características físicas: estabilizantes y emulsionantes (hidrocoloides).

Para la elaboración de un helado se realizan varias operaciones: *i*) mezclado de los ingredientes, *ii*) pasteurización, *iii*) homogeneización, *iv*) enfriamiento, *v*) maduración, *vi*) congelamiento-batido, *vii*) envasado, *viii*) endurecimiento profundo en cámaras y *ix*) comercialización. En cada una de estas etapas los componentes lácteos sufren modificaciones a nivel molecular y estructural, que impactan directamente sobre las características sensoriales (del Castillo y Lagarriga, 2004; Timm y col., 1989).

Desde el punto de vista nutricional, se registra a nivel mundial una tendencia al consumo de alimentos saludables y existen diferentes estrategias para poder desarrollarlos (Stressler y col., 2019). Una de ellas es la reducción del valor energético a partir de la disminución del contenido de lípidos y/o carbohidratos (Rodríguez Toranzo, 2014). Sin embargo, para preservar las características organolépticas de este tipo de alimento se deben adicionar “agentes de relleno o de masa” para proporcionar un aumento de volumen y/o de masa en reemplazo de los lípidos y/o carbohidratos sin contribuir significativamente al valor energético (CAA, 2021). Esta temática tiene un gran interés científico e industrial en todas las áreas alimenticias. Los helados no escapan a esta tendencia, menos aún los helados de crema, que están constituidos principalmente por azúcar, leche y grasa láctea en cuantía (6% a 14%) (Rolon y Col., 2017). Si estos componentes se reducen sin reemplazarse por sustitutos se perderían ciertas características estructurales y sensoriales.

Por todo lo expuesto, las compañías ven la necesidad de recurrir a nuevos ingredientes para desarrollar alimentos más saludables. De esta manera, utilizan emuladores, simuladores de grasas, agentes de relleno o agentes de masa con el objetivo de reformular los productos para disminuir el aporte calórico y mantener las propiedades organolépticas del alimento convencional (Akbari y col., 2019).

---

### 3-Objetivos

---

Como objetivo general se pretende:

*i)* Realizar una investigación bibliográfica para describir y profundizar sobre la funcionalidad de los ingredientes y aditivos que componen los helados de crema y el impacto que generan sobre su estructura fisicoquímica, textura y características organolépticas. Además, la investigación se orientará a la descripción de las estrategias tecnológicas empleadas para la obtención de helados mejorados en su perfil nutricional (principalmente reducidos en grasas).

Como objetivos específicos se espera:

*i)* Referir sobre la historia de los helados desde la antigüedad y su evolución histórica con su consumo mundial.

*ii)* Definir y clasificar a los helados.

*iii)* Describir los principales ingredientes y aditivos utilizados para la elaboración de helados y detallar la funcionalidad que cumplen en el producto.

*iv)* Detallar las etapas del proceso de elaboración y las transformaciones que se suceden en cada una de ellas.

*v)* Describir los posibles sustitutos de la materia grasa para la obtención de helados reducidos o cero grasas y cómo impactan estos sustitutos en las características texturales y sensoriales al compararlos con un helado de crema convencional.



---

#### 4-Origen y evolución histórica de los helados

---

Es difícil establecer cuál es el origen del *helado* ya que el concepto del producto ha sufrido sucesivas modificaciones debido al avance tecnológico, a la generalización de su consumo y a las exigencias de los consumidores. Pero a pesar de ello se puede fijar un primer hito en China, unos 2000 años A.C., donde se supo que mezclaban hielo, leche y jugos de frutas (Taboada y col., 1993).

Alrededor del año 450 A.C., los griegos y romanos estaban familiarizados con el consumo de nieve como ingrediente para la fabricación de bebidas y manjares fríos, y recomendaban su consumo ya que activaban humores corporales y acrecentaban el bienestar. Hay quienes sostienen que los antiguos romanos son los “inventores” del conocido *sorbete* (Timm y col., 1989).

A partir del año 780 D.C., el lujo imperante en las cortes de los califas y sultanes árabes en Damasco, Bagdad y El Cairo en la Alta Edad Media era comparable al de los romanos y, como ellos, está descrito que se hacían traer a lomo de camello, desde el Líbano hasta la Meca, nieve para preparar platos y bebidas frías (del Castillo y Lagarriga, 2004).

En la Antigüedad y Edad Media se llamaba a los helados “*alimento congelado*”. Los antecedentes expuestos demuestran que los helados no son un descubrimiento moderno, ya que se empezaron a preparar en los orígenes de la civilización utilizando como base la nieve y el hielo.

Marco Polo, el conocido mercader y viajero veneciano, luego de vivir durante 20 años en el interior de Asia, regresó en el año 1292 a Venecia con una receta del príncipe de Mongolia para la fabricación de congelados. De esta manera, es a Marco Polo a quien se le atribuye haber divulgado la receta para la preparación de los helados en Italia (Arévalos Verón y col., 2018).

Sin embargo, resulta dificultoso saber exactamente la vía por la cual ingresaron los helados a Europa, dado que una alternativa podría ser mediante los árabes a través de Sicilia o por Venecia a partir de la ruta de Oriente.

En los siglos XVI y XVII en Italia, Francia e Inglaterra solo disfrutaban de este placer los reyes y personas privilegiadas de la época ya que era imprescindible disponer de nieve y algún medio para conservar la temperatura (Timm y col., 1989).

Un paso adelante en la fabricación de los helados fue a mediados del siglo XVI en Roma, con el descubrimiento de las mezclas frigoríficas. Estas mezclas se logran disolviendo en agua determinadas sales, que generan el fenómeno de “descenso crioscópico”. Esto permitía que, en un recipiente rodeado por salmuera a bajas temperaturas, se congelaran mezclas de bebidas con jugos de frutas azucarados dando lugar a los primeros helados de textura “cremosa”.

Fue en la corte de Catalina de Médicis y posteriormente en la corte francesa donde la preparación de postres, manjares y bebidas frías a base de hielo tuvieron gran aprecio, siendo las recetas consideradas un secreto de Estado (Juri Morales y Ramírez-Navas, 2015).

Los primeros helados comerciales aparecen de la mano del siciliano Francesco Procopio del Coltelli que, en el año 1660, ofreció en París limonada y jugos de frutas congelados. En el año 1672 abrió el Café Procope, aún vigente en la actualidad, el cual puede considerarse como la primera heladería donde se servía una amplia oferta de helados y sorbetes compuestos por hielo, frutas picadas, nueces y miel dispuestos en una copa de metal. A partir de aquí, la comercialización de los helados se fue extendiendo por toda Europa (Taboada y col., 1993).

Alrededor del año 1700 llegó a América el conocimiento de los helados siendo en Estados Unidos donde más se desarrolló esta industria (Timm y col., 1989). Los registros revelan que, en el año 1846, una ama de casa americana inventó una máquina para fabricar helados accionada por una manivela, la cual se patentó en Estados Unidos dos años más tarde. Estas máquinas se caracterizaban por contener una mezcla frigorífica y recipientes metálicos conductores de temperatura. El auge de los helados como alimento tuvo lugar en Alemania algunas décadas más tarde que en Estados Unidos, precisamente fue en el año 1877 cuando se registró en Alemania la primera máquina frigorífica (Timm y col., 1989).

En Argentina, la producción de helados se concentró fundamentalmente en manos de inmigrantes italianos que introdujeron el oficio. En la ciudad de Buenos Aires se encuentra la heladería más antigua, aún en funcionamiento, llamada “El Vesuvio”, fundada en el año 1902 por el matrimonio Cocitore. Ellos trajeron al país una de las primeras máquinas de helados, la cual consistía en un cilindro de cobre con un espacio al costado que se rellenaba con hielo y sal para mantener el frío (Liendo y Martínez, 2007).

Respecto de la composición, en sus inicios el helado no era un producto lácteo, sino más bien un producto frutal de base acuosa. Sin embargo, con los años y en especial en el siglo XIX se crearon numerosas especialidades de helados que aún siguen satisfaciendo las crecientes y cada vez más exigentes preferencias del consumidor. Los helados comenzaron a prepararse con pequeñas proporciones de leche y derivados lácteos a tal punto que, hoy en día, en la elaboración se usan masivamente constituyentes lácteos como la leche y la grasa butirosa (Taboada y col., 1993).

En cuanto a la tecnología de elaboración, en sus inicios, las bebidas y pastas heladas se fabricaban con nieve y jugos de frutas sin ningún tipo de maquinaria. Los árabes fueron los primeros en utilizar una vasija con el jugo de frutas dentro de otra, que contenía el hielo picado, y mediante agitación se comenzaba la congelación. Con el paso del tiempo se pueden destacar los siguientes hitos tecnológicos: *i*) en el siglo XVI se incorpora sal al hielo para disminuir su temperatura de congelación; *ii*) en el siglo XIX la agitación manual se reemplaza por la agitación mecánica; *iii*) a finales del siglo XIX se comienza a pasteurizar y homogeneizar los helados con máquinas a presión inventadas en Francia, que son la base de los homogeneizadores actuales a pistón; y *iv*) en el siglo XX, precisamente en el año 1913, se inventa en Estados Unidos la primera fabricadora continua de helado, conocida también como “mantecadora”.

La revolución final en la elaboración de los helados fue la aparición de los modernos equipos de frío que, además de asegurar la producción, permiten una óptima conservación y distribución (Di Bartolo, 2005).

Esta línea de productos siempre tuvo una enorme difusión en todo el mundo, tanto en el sector infantil como en el adulto, y si bien en una primera etapa se los consideraba postres estivales, hoy se los elabora y consume durante todo el año en la mayor parte del mundo ya que por sus cualidades sapidoaromáticas y sus valores nutritivos (constituidos por leche, crema, manteca, huevos, azúcares, agua, chocolates, frutas frescas y secas) constituyen un componente ideal de la dieta (Taboada y col., 1993).

---

## 5-Definición de los helados

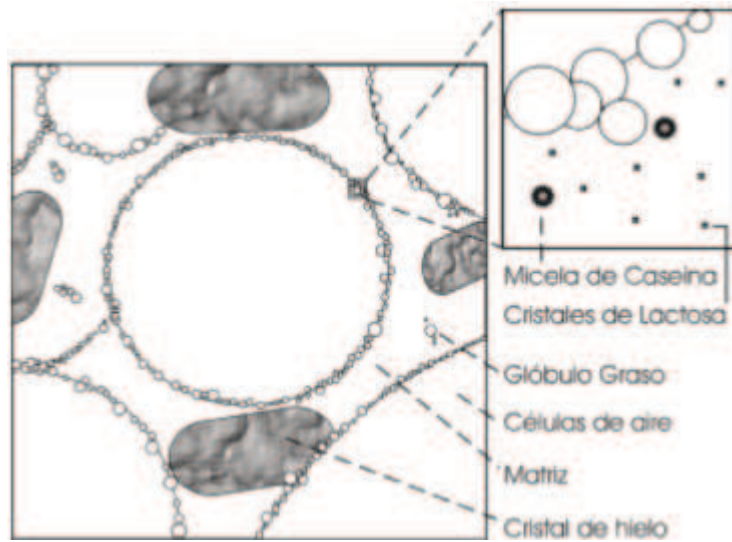
---

El diccionario de la lengua española define al helado como una bebida dulce o postre que se hace con leche, huevos, azúcar, frutas y alguna esencia y que se somete a congelación (Calpe, 2005).

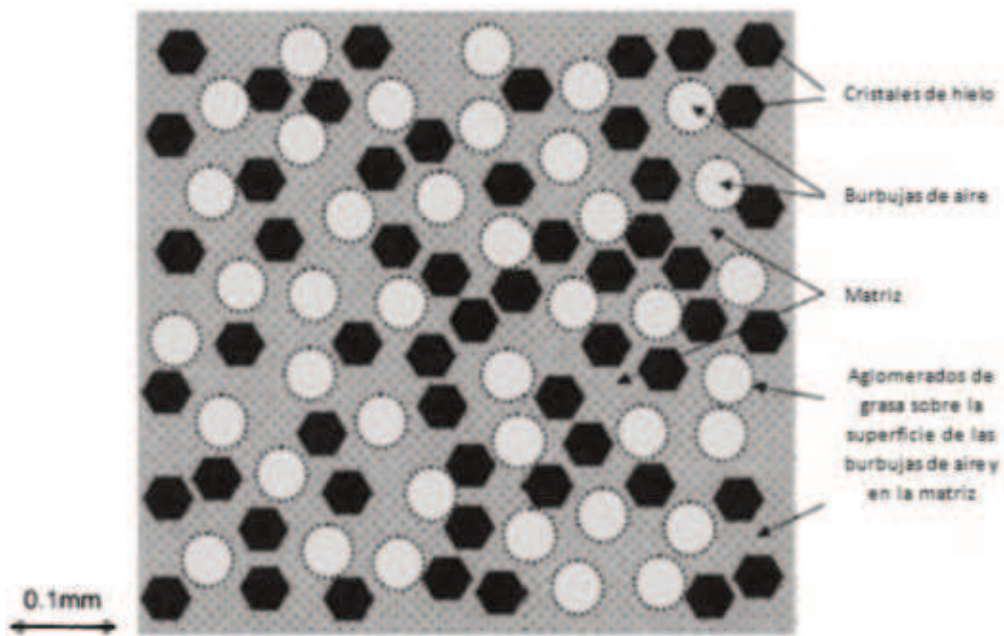
La definición de helado varía de un país a otro según las diferentes reglamentaciones y tradiciones de composición (Arévalos Verón y col., 2018). Sin embargo, en términos generales se lo puede definir como un alimento de sabor dulce que se consume en estado congelado (Timm y col., 1989), rico en proteínas, grasas, carbohidratos y minerales, que se obtiene de la mezcla de ingredientes líquidos y sólidos tales como: *i)* ingredientes lácteos, *ii)* edulcorantes, *iii)* estabilizantes y emulsionantes y *iv)* saborizantes (López y Sepulveda, 2012; Arévalos Verón y col., 2018). La mezcla de estos ingredientes luego de pasar por varias etapas de elaboración, pero anterior a la etapa de congelación recibe el nombre de “*mix*” (mezcla) (Martínez Rojas, 2002; Alfaro Pacheco, 2020). En el siguiente paso, el mix se congela en forma semiplástica a  $-6^{\circ}\text{C}$  y finalmente se endurece a temperaturas muy bajas, entre  $-20$  y  $-40^{\circ}\text{C}$ , antes de su consumo como helados duros. Esta mezcla líquida convertida en helado presentará características específicas de sabor, estructura y textura, determinadas por la calidad de los ingredientes utilizados, el equilibrio de la mezcla y el proceso de fabricación (Crilly y col., 2008).

Por otro lado, también se puede definir al helado desde el aspecto fisicoquímico como un sistema alimenticio de alta complejidad compuesto por cuatro sistemas: una emulsión (grasa), una espuma (aire) y una suspensión (hielo) -fase dispersa- y, todo ello englobado en una matriz de agua en la que están disueltos o dispersos los azúcares, las proteínas lácteas y los hidrocoloides formando la fase continua de alta viscosidad. Los volúmenes correspondientes de cada fase son aproximadamente: 50% de aire, 25% de hielo, 5% de grasa y 20% de la fase líquida continua (Rodríguez Toranzo, 2014; Pintor-Jardines y Totosaus-Sanchez, 2013).

En las tres figuras siguientes se esquematiza la microestructura del helado a partir de diferentes fuentes bibliográficas.



**Figura 1:** Estructura del helado (del Castillo y Lagarriga, 2004).



**Figura 2:** Diagrama esquemático de la microestructura del helado (Goff y Hartel, 2013).



**Figura 3:** Relaciones entre los ingredientes básicos del helado y los componentes de su microestructura (Goff y Hartel, 2013).

El Código Alimentario Argentino (CAA), en el capítulo XII “Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada”, artículo N° 1.074, define al helado como:

*“productos obtenidos por mezclado congelado de mezclas líquidas constituidas, fundamentalmente, por leche, derivados lácteos, agua y otros ingredientes consignados en este artículo, con el agregado de los aditivos autorizados en el artículo N°1.075”.*

El producto final presentará una textura y grado de plasticidad característicos que deberán mantenerse hasta el momento de ser consumido. Los helados podrán presentarse con diversos recubrimientos como baños de repostería, coberturas u otros, previamente autorizados.

Además, en el artículo N° 1.074 considera como ingredientes las siguientes materias alimenticias:

- a) Agua potable.
- b) Leche fluida, evaporada, condensada, desecada (entera, parcialmente descremada o descremada).
- c) Crema de leche, manteca.
- d) Edulcorantes nutritivos con excepción de lactosa, aceptados por el Código, los que podrán ser reemplazados parcial o totalmente por miel.
- e) Huevos y/o yemas frescas, congelados o en polvo. En caso de emplearse huevos congelados, la temperatura de descongelamiento no deberá ser mayor de 10°C en la

masa. No se deberá descongelar más que la cantidad requerida para la fabricación diaria.

f) Dulce de leche, yogurt.

g) Frutas frescas, confitadas, secas o desecadas, en conserva, pulpas, jugos, jarabes, jugos concentrados, dulces de frutas.

h) Productos fruitivos: cacao y/o chocolate, malta, café.

i) Bebidas fermentadas y alcohólicas: vinos, licores, bebidas destiladas y otras autorizadas por el Código. La adición de alcohol calculada como alcohol absoluto no debe ser mayor de 3% p/p.

j) Granos o semillas: enteros, en trozos, en pasta, tostados o no, autorizados por el Código.

k) Otros productos que autorice la autoridad sanitaria competente.

En el artículo N° 1.075 describe los aditivos y sus cantidades máximas permitidas para agregar a los helados.

En el artículo N° 1.076 establece la prohibición de elaborar helados:

a) Con agua no potable.

b) Con leche cuya acidez sea mayor de 0,18% p/v expresada en ácido láctico.

c) Con crema de leche cuya acidez sea mayor de 0,30% p/p expresada en ácido láctico.

d) Con agregado de sustancias grasas distintas a la grasa de leche.

e) Con materias primas y/o ingredientes que no respondan a las exigencias del presente Código y/o no sean aptas para el uso a las que se las destina.

f) En recipientes metálicos que no cumplan con las exigencias de los Artículos 185 y 187 del Código.

---

## 6-Clasificación de los helados

---

Son varias las clasificaciones que se pueden hacer de los helados teniendo en cuenta distintos parámetros como: **i)** la composición (helados de agua o de leche); **ii)** los ingredientes utilizados en su elaboración (helados de crema, helados de leche, helados de leche descremada, helados de agua, helados de fruta y helados de yogurt); y **iii)** el modo de envasado o presentación (copas o conos, con mango o palo, envases familiares, a granel, extrusados o tortas heladas (Vicente y del Castillo, 1995).

En Argentina, según el CAA en el artículo N° 1.077 del Capítulo XII, de acuerdo a sus características y/o a los ingredientes empleados en su elaboración, los helados se clasifican en:

**i) Helados de agua o Sorbetes:** esta denominación corresponde a los productos en los que el componente básico es el agua. Deberán responder a las siguientes exigencias:

- Extracto seco, Mín: 20,0% p/p.
- Materia grasa de leche, Máx: 1,5% p/p.

**ii) Helados o Helados de leche:** esta denominación corresponde a los productos que han sido elaborados a base de leche. Deberán responder a las siguientes exigencias:

- Sólidos no grasos de leche, Mín: 6,0% p/p.
- Materia grasa de leche, Mín: 1,5% p/p.

**iii) Cremas heladas o Helados de crema:** esta denominación corresponde a los productos que han sido elaborados a base de leche y han sido adicionados de crema de leche y/o manteca. Deberán responder a las siguientes exigencias:

- Sólidos no grasos de leche, Mín: 6,0% p/p
- Materia grasa de leche, Mín: 6,0% p/p.

**iv) Torta Helada o denominaciones similares:** corresponden a los productos elaborados con los distintos tipos de helados definidos precedentemente a los que se han agregado diversos ingredientes tales como bizcochuelo, masa de tortas, sustancias alimenticias de relleno, sustancias decorativas y otros productos alimentarios aceptados por el Código.



v) *Helados de bajo contenido glucídico*: esta denominación corresponde a helados modificados en su contenido glucídico. Deberán responder a las exigencias generales para productos dietéticos y en particular a las correspondientes para productos de bajo contenido glucídico.

---

## 7-Principales ingredientes utilizados en la preparación de los helados

---

Los ingredientes para la elaboración de un helado de crema son diversos y variados. La base está compuesta por: *i) agua; ii) azúcar; iii) leche y derivados lácteos* tales como *manteca y crema*. Además, se encuentran *aditivos* capaces de modificar las características organolépticas del alimento como *iv) colorantes, acidulantes y saborizantes*; y aditivos que mejoran el aspecto y las características físicas como *v) estabilizantes y emulsionantes* (hidrocoloides) (Abd El-Rahman y col., 1997). Estos últimos aditivos contribuyen a la estabilidad de la emulsión aire-agua-grasa, mejoran la textura, incrementan la firmeza y viscosidad y reducen la tasa de difusión de agua y sales (demorando así el crecimiento de los cristales de hielo y lactosa) (Vicente y del Castillo, 1995). En el CAA, capítulo XII, artículo N° 1075 quedan establecidos los aditivos permitidos en helados y sus concentraciones máximas.

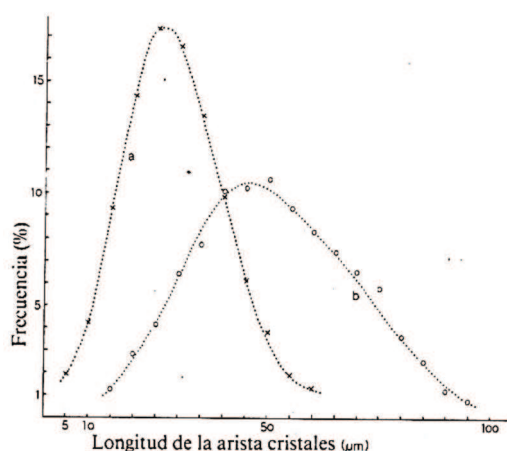
Estos son los componentes básicos de los helados y en los que se centrará el desarrollo del presente capítulo. Más allá de esto, pueden ser incorporados ingredientes como frutas y sus jugos, huevo y su producto derivado (albúmina), frutos secos, chocolates, café, cacao y bebidas alcohólicas, entre otros (Vicente y del Castillo, 1995).

A continuación, se describirán los principales ingredientes y aditivos mencionados anteriormente detallando la funcionalidad que cumple cada uno en el producto.

*i) Agua:* Es el ingrediente *congelable* del helado (Alvarez y col., 2005; Granger y col., 2005). Su aporte proviene por el agregado *exprofeso* o por la adición de productos que contienen agua en su composición como ser la leche (88%) o frutas. En consecuencia, el contenido final de agua en la mezcla es la sumatoria de las cantidades de agua que contienen los distintos ingredientes que componen el mix (Goff y Hartel, 2013).

El agua es responsable del carácter refrescante del helado, es el medio disolvente de los ingredientes hidrosolubles (azúcares, proteínas, sales, ácidos, sustancias aromáticas) y determina la consistencia del producto según la proporción de agua congelada que contenga. Se encuentra bajo la forma de cristales de hielo y su número y dimensiones determinarán la consistencia y textura del helado. Aquellos cristales de hielo cuyo

diámetro sea superior a 50  $\mu\text{m}$  son percibidos en la boca dando una sensación de consistencia glacial y cristalina (Alvarez y col., 2005; Granger y col., 2005).



**Figura 4:** Distribución de los cristales de hielo según su tamaño en helado con grasa (Timm y col., 1989).

**a)** 5 - 25  $\mu\text{m}$ : consistencia suave, lisa y cremosa.

**b)** > 50  $\mu\text{m}$ : consistencia cristalina, glacial, áspero, arenosa.

El agua pura congela a 0° C. Sin embargo, en el caso de los helados donde en la fase acuosa existen sustancias disueltas como los azúcares (lactosa, glucosa, sacarosa, fructosa, azúcar invertido) y algunas de las sales inorgánicas de los sólidos no grasos de la leche (SNGL), el punto de congelación será menor y dependerá de la concentración de estas sustancias en el mix (Arriola y col., 2020).

El agua interviene y es clave en la *etapa de congelamiento*, la cual es una de las operaciones más importantes de la fabricación del helado dado que de ella dependerá la calidad y aceptabilidad del producto terminado. La cantidad aproximada de agua congelada a una temperatura determinada en un helado de crema es la siguiente:

Temperatura (°C)	Agua congelada (%)
-3	18
-3.5	26
-4	35
-5	48
-6	55
-7	64
-25	90

**Tabla 1:** Porcentaje de agua congelada en función de la temperatura en un helado de crema (Taboada y col., 1993).

Finalmente, cabe destacar que el agua utilizada en el proceso debe cumplir con la calidad higiénico-sanitaria estipulada por las normativas vigentes, regido en Argentina por el CAA, en el capítulo XII, artículo N° 982 (CAA, 2021).

*ii) Azúcar:* El azúcar más empleado en la fabricación de helados es la sacarosa, un dímero formado por la unión de glucosa y fructosa, obtenido de la caña de azúcar o de remolacha. Su gran utilización se debe a su elevada solubilidad, gran poder edulcorante y bajo costo (Rothwell, 1997). Sin embargo, también suelen emplearse otros azúcares como glucosa (obtenida por hidrólisis del almidón de maíz), fructosa, azúcar invertido (mezcla en partes iguales de glucosa y fructosa resultante de la hidrólisis de la sacarosa), o lactosa. En nuestro país, este último azúcar sólo puede ser agregado como parte de un ingrediente, por ejemplo: leche o dulce de leche, debido a que el CAA en el capítulo XII artículo N° 1074 excluye el agregado de lactosa como tal, diferente a legislaciones de otros países (Taboada y col., 1993; CAA, 2021). La lactosa es un disacárido formado por la unión de una molécula de glucosa y una de galactosa. Sus propiedades físicas son muy diferentes a la sacarosa, siendo mucho menos dulce, menos soluble y no apta para los consumidores que presentan intolerancia a la misma.

La principal fuente de lactosa es el suero en polvo de quesería (70% de la materia seca) que suele utilizarse en la fabricación de algunos helados en otros países como parte de los sólidos lácteos magros (SLM). En este caso se recomienda no pasar del 25% del total de SLM para evitar que el exceso de lactosa cristalice y genere una textura arenosa en el producto.

Asimismo, para evitar estos problemas, la lactosa del suero se hidroliza en glucosa y galactosa usando enzimas inmovilizadas, obteniéndose de este modo jarabes más o menos purificados de lactosa. Su uso en los helados es satisfactorio, dan un producto más blando en comparación con la sacarosa, pero a un costo elevado porque, aunque hay abundancia de suero de quesería, los azúcares que se usan normalmente como la sacarosa y los jarabes de glucosa son productos más baratos (Rothwell, 1997).

Es importante destacar que en los helados aptos para diabéticos se emplean edulcorantes no nutritivos como sustitutos del azúcar, tales como: sorbitol, sucralosa, acesulfame de potasio, xilitol, fructooligosacáridos (Fos), entre los más destacados. Estos edulcorantes tienen la particularidad de poseer un alto poder endulzante por lo que se utilizan en pequeñas cantidades (Bylund, 1996).

El contenido de azúcares puede estar entre el 12 al 20% p/p del mix y entre el 5 al 10% p/v del producto final (por la incorporación del aire) (Di Bartolo, 2005; Arévalos Verón y col., 2018).

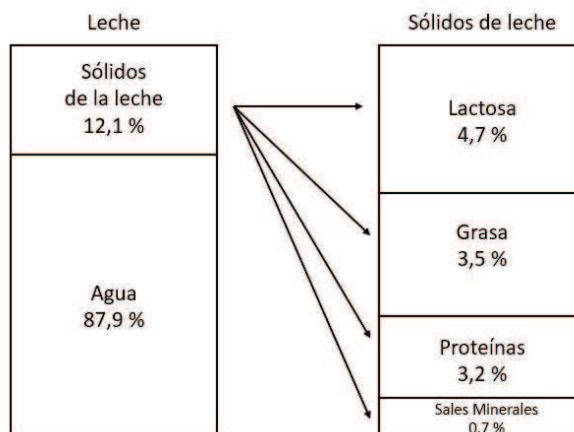
Los hidratos de carbono cumplen importantes funciones como ingredientes en la elaboración de helados: *i)* dan el típico sabor dulce que un consumidor espera; *ii)* incrementan la aceptabilidad del producto realzando el sabor a crema y frutas; *iii)* aumentan el contenido de sólidos, lo que se traduce en una disminución de su punto de congelación haciendo que el helado soporte mejor el almacenamiento y distribución (cantidades excesivas de azúcar pueden disminuir excesivamente el punto de congelación haciendo dificultoso el congelamiento y endurecimiento del producto, afectando la palatabilidad); *iv)* incrementan la viscosidad dando cuerpo y mejorando la textura (Vicente y del Castillo, 1995).

*iii) Leche y derivados lácteos:* Son los principales constituyentes de los helados (a excepción de los de agua) ya que se encuentran en mayor proporción respecto de los demás ingredientes y aditivos. El CAA en el capítulo VIII “Alimentos Lácteos” artículo N° 554 expresa: “Con la denominación de *leche* sin calificativo alguno, se entiende el producto obtenido por el ordeño total e ininterrumpido, en condiciones de higiene, de la vaca lechera en buen estado de salud y alimentación, proveniente de tambos inscriptos y habilitados por la Autoridad Sanitaria Bromatológica Jurisdiccional y sin aditivos de ninguna especie. La leche proveniente de otros animales, deberá denominarse con el nombre de la especie productora” (CAA, 2020).

La leche, debido a su complejidad y su composición, ha permitido desarrollar una industria de alto nivel tecnológico y de gran diversidad de productos, siendo el helado uno de los que más se ha beneficiado, ya que intervienen dentro de la mezcla todos los componentes de la leche (*proteínas* -caseínas y proteínas del suero-, *hidratos de carbono* -lactosa-, *grasas*, *minerales* y *agua*). El nivel de estos componentes en la leche cruda puede variar dependiendo de distintos factores, siendo los más cruciales la edad, raza del animal, estado de salud, la estación del año y la alimentación (Goff y Hartel, 2013).

En la matriz de la leche estos componentes existen en tres estados físicos bien definidos: una **solución verdadera** compuesta por lactosa, sales orgánicas e inorgánicas, vitaminas y otros componentes hidrofílicos. En esta solución acuosa, las proteínas de suero están dispersas a nivel molecular, mientras que las caseínas forman

grandes agregados coloidales (micelas) llamada **dispersión coloidal**. Finalmente, los lípidos están como **emulsión** (Fox, 2011).



**Figura 5:** Composición porcentual de la leche (Bylund, 1996).

### **Proteínas**

Las proteínas de la leche se pueden dividir en dos grupos: *proteínas de suero* y *caseínas*. Dentro del primer grupo hay dos proteínas fundamentales: la  $\beta$ -lactoglobulina, que está en mayor proporción, y la  $\alpha$ -lactoalbúmina. Estas proteínas son termosensibles, un calentamiento a 72°C por 15 segundos (proceso de pasteurización convencional) produce la desnaturalización del 7% de las mismas, mientras que si se sigue aumentando la temperatura ocurre la desnaturalización total y su precipitación. Es por ello que, en la pasteurización de la leche para elaborar helados, se debe evitar llegar a esas temperaturas (del Castillo y Lagarriga, 2004).

Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche y representan entre el 77% al 82% del total. En la leche, las caseínas se organizan en forma de micelas, las cuales contienen fosfato de calcio coloidal. La caseína no es sensible a la temperatura como las proteínas del suero, pero es sensible a la acidez, por lo que precipita a pH 4,6 (punto isoelectrico) donde se verifica su neutralidad eléctrica. En estas condiciones, el calcio micelar se solubiliza y la caseína precipita (Fox y Brodtkorb, 2008).

Un parámetro que se utiliza para definir la calidad nutricional de una proteína es el denominado valor biológico, que se define como el porcentaje de nitrógeno (aportado por las proteínas) que es retenido por el organismo humano. El valor biológico depende del perfil de aminoácidos de cada proteína, los cuales se clasifican desde el punto de vista nutricional en esenciales/indispensables y en no esenciales/dispensables dependiendo si pueden ser sintetizados o no por el hombre. Los aminoácidos esenciales deben ser ingeridos obligatoriamente en la dieta ya que el hombre no los puede sintetizar. Las proteínas de origen animal son de mayor valor biológico que las de

origen vegetal. La leche es un alimento que aporta todos los aminoácidos esenciales en sus diversas proteínas; de esta manera, los helados ricos en leche son una excelente fuente de proteínas de alta calidad (Vicente y del Castillo, 1995).

Las proteínas cumplen varias funciones como ingredientes en el helado. Las más importantes son: *i)* actuar como emulsionante durante la homogeneización del mix; *ii)* actuar como agente tensioactivo (estabilizan las fases) durante el proceso de congelación-aireación, manteniendo la estructura del helado por hidratación de las moléculas de proteínas. Estas dos funciones también las pueden ejecutar emulsionantes añadidos.

Durante la fabricación del helado, es necesario que después de la etapa de homogeneización, las proteínas lácteas se depositen, en parte, en la superficie de los glóbulos grasos para evitar una coalescencia excesiva, puesto que la ausencia de proteína puede producir glóbulos muy inestables.

La caseína micelar junto a ciertos hidrocoloides adicionados a la mezcla contribuye a otorgar la viscosidad necesaria para una buena consistencia del helado (Walstra y Jonkman, 1998).

Las proteínas pertenecen a la fase continua del helado y su solubilidad y la interacción con otros componentes de la mezcla (como polisacáridos o gomas) afectan la capacidad de emulsionar y estabilizar los glóbulos de grasa que serán dispersos en esta fase, para posteriormente cristalizar durante el batido-congelamiento y estabilizar a su vez el aire incorporado (Pintor-Jardines y Totosaus-Sanchez, 2013).

### ***Lactosa y sales minerales***

Las sales de la leche se encuentran en forma de cloruros, fosfatos y citratos (principalmente de sodio, calcio, magnesio y potasio) (Zela, 2005). Junto con la lactosa, disminuyen el punto de congelación de los helados lo cual los hace muy importantes a la hora de la formulación. La lactosa tiene el inconveniente de ser poco soluble y si hay fluctuaciones de temperatura y un almacenamiento prolongado, recristaliza formando cristales de  $\alpha$ -lactosa que pueden conferir al producto una textura arenosa (Kessler, 1981).

La lactosa es el único carbohidrato de la leche, su presencia ayuda a una normal fermentación en el colon y a la utilización del calcio y fósforo los cuales son esenciales para la formación de los huesos y dientes (Zela, 2005).

## ***Materia Grasa***

Los términos grasa o lípidos son comúnmente intercambiables, pero al hablar de grasa nos referimos específicamente a los triglicéridos. Los lípidos están generalmente clasificados en: triglicéridos, fosfolípidos, esteroides y pigmentos solubles en grasa, vitaminas y otros componentes menores. Los triglicéridos constituyen alrededor del 98% de la composición de los lípidos de la leche y se encuentran en forma de glóbulos (Goff, 2011).

En la producción industrial de helados, la grasa láctea es uno de los componentes más caros. Sin embargo, es indispensable para la elaboración ya que, en conjunto con los emulsionantes, desempeña un papel esencial en la estructura, estabilidad, palatabilidad, y conservación del helado (Goff y Hartel, 2013) debido a que: *i*) disminuye la tendencia del producto a derretirse; *ii*) tiene efecto estabilizante del aire incorporado; *iii*) promueve la incorporación y dispersión del aire; *iv*) incrementa la viscosidad; *v*) imparte el aroma típico y *vi*) favorece la formación de pequeños cristales de hielo (Kessler, 1981; Adapa y col., 2000).

El efecto estabilizante de la grasa láctea en el helado es debido a la formación de agregados de glóbulos grasos que forman una red que retiene las burbujas de aire. Estos agregados son el resultado de la coalescencia parcial que ocurre durante el batido.

Cuando se agita, los glóbulos de grasa que contienen gran parte de los triglicéridos cristalizados pierden estabilidad debido a la ruptura de su película proteica formada durante el mezclado. Esto hace que al aproximarse unos con otros, tiendan a agregarse. Esta grasa cristalizada impide que la coalescencia sea completa, formándose agregados de formas irregulares constituyendo una red continua en la matriz del producto.

La capacidad de la grasa de promover y mantener la dispersión del aire en el helado es debida a que los glóbulos grasos se colocan en la superficie de las burbujas de aire proporcionándoles una fina capa que las estabiliza (Figura 1). Este efecto impide que durante el almacenamiento bajo congelación las burbujas de aire se junten entre sí y tiendan a coalescer. Para impedir que esto suceda es necesario añadir una cantidad suficiente de grasa que cubra toda la superficie de las burbujas de aire (Koxholt y col., 2001; Marshall y col., 2003).

En esta etapa es clave explicar el concepto de *overrun* o porcentaje de rendimiento.

El CAA en el capítulo XII “Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada”, artículo N° 1.076, expresa: “Se permitirá el agregado de aire y/o gas carbónico (dióxido de



carbono). El volumen de gas incorporado por cada 100 mL de mezcla fundida no podrá ser mayor de 120% calculados según la siguiente expresión”:

$$\% \text{ Overrun} = \frac{\text{Volumen total del congelado} - \text{Volumen de la mezcla fundida (a } 20^{\circ}\text{C)}}{\text{Volumen de la mezcla fundida (a } 20^{\circ}\text{C)}} \times 100$$

El aire es un componente básico del helado, el cual tiene que ser limpio y libre de microorganismos. Si se trata de aire comprimido tiene que estar libre de aceite y agua, y filtrado con filtro estéril. Para conseguir mejor textura y cuerpo, las burbujas de aire en el helado tienen que presentar un tamaño menor a 100  $\mu\text{m}$  (lo que además intensifica el aroma). Cuanto más alto es el contenido en sólidos del helado, más cantidad de aire se acostumbra a añadir, aunque los helados que contienen fruta y frutos secos requieren menos aire (Goff, 2011; Goff y Hartel, 2013).

Dependiendo del overrun, se estima que la superficie de las burbujas de aire es de unos 30  $\text{m}^2/\text{L}$ , por lo que es importante que los glóbulos de grasa sean pequeños para que puedan cubrir el máximo de superficie. Esto se consigue con la homogeneización de la grasa. Si bien se podría pensar que, mientras menor sea el tamaño del glóbulo graso mayor será la retención de aire, hay que tener en cuenta que se necesita una gran cantidad de fosfolípidos para volver a formarlos luego de la homogeneización. Es por ello que se debe determinar un límite de corte, que generalmente viene dado por un diámetro estimado de los glóbulos grasos de 0,6  $\mu\text{m}$  y de los agregados de 3  $\mu\text{m}$ . Esto promoverá la formación de una estructura que mantendrá la forma del helado, prolongando al máximo el tiempo sin derretirse y manteniendo el aspecto seco (se habla de un helado “seco” cuando permite hacer adornos o figuras con bordes agudos sin que se redondeen por fusión) (Walstra y Jonkman, 1998).

*iv) Colorantes, acidulantes y saborizantes:* Junto con los estabilizantes y emulsionantes, forman parte de lo que se conoce como *aditivos* de un helado. Los aditivos no son sustancias que posean valor nutritivo y no se los considera ingredientes, pero se añaden con el propósito de modificar algunas de sus características organolépticas, métodos de elaboración, apariencia, y/o conservación sin modificar sus propiedades nutritivas, permitiendo obtener mejoras considerables en los alimentos donde se los aplique.

Si bien su utilización ha sido extendida a la mayoría de los alimentos procesados y ultraprocesados, debemos considerar que existen dosis máximas de dosificación reglamentadas por la legislación vigente. Esto se debe a que, si se exceden ciertos límites, muchos de estos aditivos pueden ser tóxicos (Di Bartolo, 2005).

Los colorantes pueden ser de origen natural o artificial y se agregan al helado para obtener uniformidad e intensificar el color natural de cada gusto de helado (Hernández Ornelas, 2004).

En los helados listos para consumir se permite agregar acidulantes y reguladores de acidez en ciertas proporciones. El ácido, especialmente en los sabores frutales, es el complemento indispensable de la saborización. La dosificación varía según la fruta y el gusto del mercado. En el caso de los helados de leche o cremas heladas, el ácido se deberá agregar en los minutos finales de la fabricación, preferiblemente disuelto en un poco de agua, pues de lo contrario se corre el riesgo de coagular la leche (Arévalos Verón y col., 2018).

Los saborizantes son sustancias que proporcionan sabor a los productos alimenticios donde se los añade. Como en el caso de los colorantes, hay saborizantes naturales y artificiales y se los añade en proporciones muy pequeñas (Hernández Ornelas, 2004).

**v) *Estabilizantes y emulsionantes:*** El objetivo de estos aditivos es dar suavidad, cuerpo y textura al producto, contribuir a la estabilidad de la emulsión aire-agua-grasa conjuntamente con los emulsificantes naturales presentes en la mezcla, incrementar la firmeza y viscosidad y reducir la tasa de difusión de agua y sales demorando así el crecimiento de los cristales de hielo y lactosa (Timm y col., 1981). También promueven la incorporación de aire y estabilizan al sistema contra la separación de fases, ligando el agua libre (Pintor-Jardines y Totosaus-Sanchez, 2013).

Los emulsionantes son sustancias anfifílicas, es decir, poseen una parte lipofílica o hidrófoba (larga cadena alquílica) que se disuelve bien en la fase no acuosa y otra parte polar o hidrófila (contiene grupos disociables o también grupos hidroxilo o poliglicoléter) que se disuelve bien en agua (del Castillo y Lagarriga, 2004). En sistemas inmiscibles, como el caso de la grasa y el agua, los emulsionantes van a reducir la tensión superficial, estabilizando las fases e impidiendo la coalescencia o agrupamiento de glóbulos grasos y su posterior segregación (Davidson y col., 1990; Gomez Diaz, 2004). Se pueden agrupar en dos tipos: **a)** los ésteres de mono y di

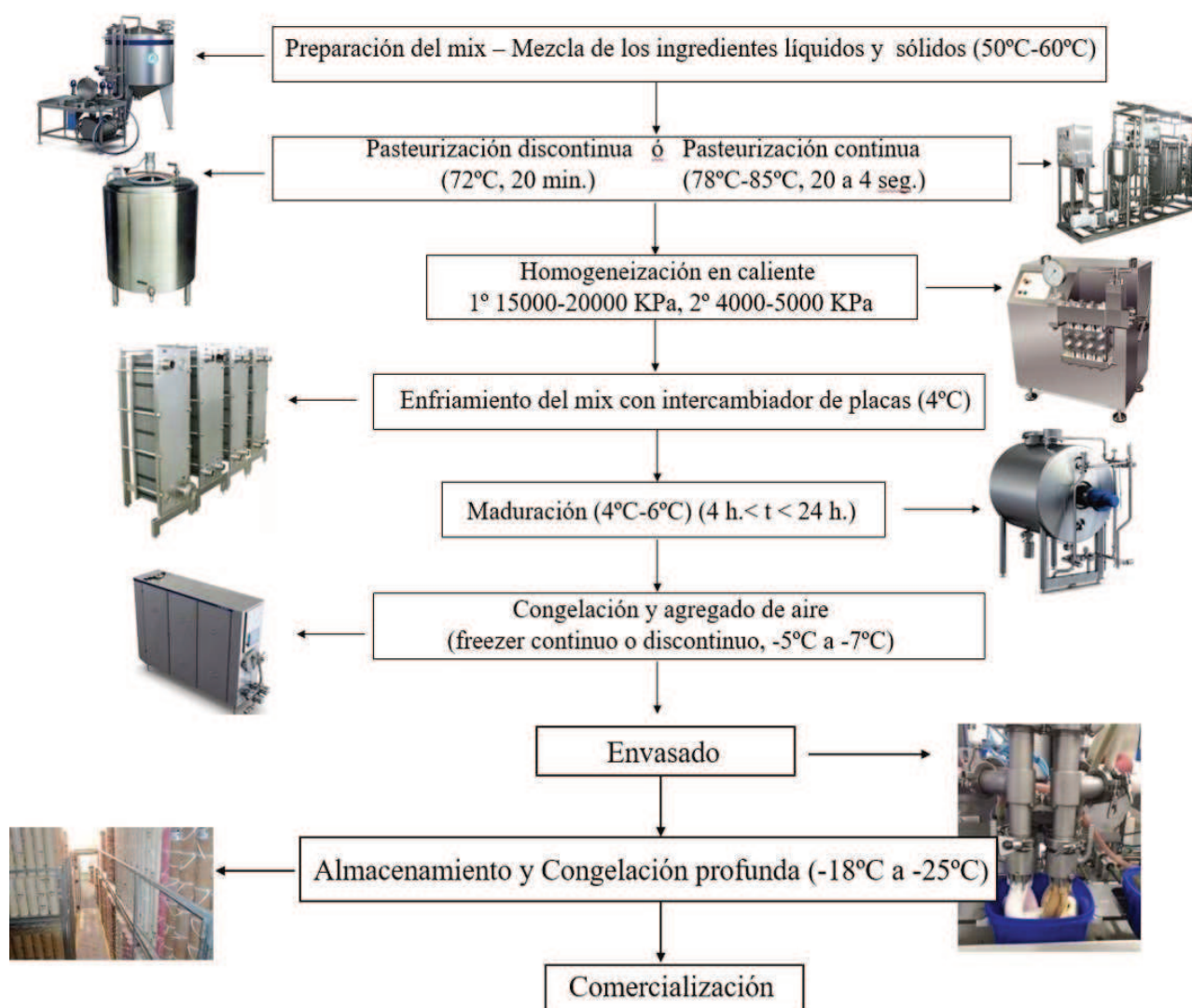
glicéridos (ésteres de ácidos grasos eficaces a la hora de impartir rigidez al helado inmediatamente después de salir del congelador que mejoran la dispersión de la grasa y la capacidad de batido - aumento de “overrun”-), y **b)** los derivados polioxietilénicos de alcoholes hexahídricos, glicol y ésteres del glicol, efectivos en producir sequedad, rigidez y en incrementar el tiempo de fundido. Las cantidades utilizadas son pequeñas y rondan en torno al 0,05 a 0,2% p/p del total de la mezcla. Un exceso puede causar disminución de la incorporación de aire y la aparición de una textura “mantecosa” (Kinyanjui y col., 2003).

Los estabilizantes son sustancias que cuando se dispersan en una fase acuosa, tienen la capacidad de absorber una gran cantidad de moléculas de agua formando un entramado que evita que se muevan libremente. Esto se traduce en un aumento de la viscosidad de la fracción no congelada. Estos hidrocoloides pueden ser de dos tipos: **a)** de origen animal o proteínicos como la gelatina, caseína, albúmina y globulina; o **b)** de origen vegetal como polisacáridos de cadenas con mayor o menor longitud: goma guar, goma xántica, goma garrofin, carrageninas, almidones, pectina, ágar, carboximetil celulosa, alginato (Bylund, 1996). Su presencia en la formulación de los helados retardará y reducirá el crecimiento de los cristales de hielo y lactosa durante el período de almacenamiento, contribuyendo a asegurar la uniformidad del producto y su resistencia a la fusión. La dosis de estabilizantes es normalmente de 0,2 a 0,4% p/p del mix. Para lograr mejores resultados y mayor efectividad es apropiado utilizar combinaciones balanceadas en lugar de hidrocoloides individuales debido al efecto sinérgico entre algunos de ellos (goma guar o garrofin con xántica) que permite bajar la dosis y disminuir los costos de formulación (Abrate Deco, 2017).

## 8-Proceso de fabricación de los helados

Conocer bien la composición de la mezcla y contar con ingredientes de buena calidad son requisitos imprescindibles para la fabricación de un helado. Una vez que los requisitos de composición relacionados con la calidad se cumplen, la mezcla está lista para su procesamiento (Abrate Deco, 2017).

En el siguiente diagrama de flujo se presentan las operaciones del proceso de elaboración de los helados.



**Figura 6:** Proceso de elaboración de los helados (del Castillo y Lagarriga, 2004)

Previo a la preparación del mix se necesita contar con todos los insumos necesarios para la elaboración. Las materias primas como la leche, el azúcar, los estabilizantes y colorantes, e insumos como envases y materiales de embalaje, son generalmente

transportados a granel en camiones. Una vez en las instalaciones, se inspeccionan y analizan y se colocan en tanques o en depósitos (estanterías o tarimas), según corresponda. El almacenamiento debe realizarse en condiciones adecuadas de temperatura y humedad según los requerimientos de cada insumo, aplicando el principio “primero entra, primero sale – por sus siglas en inglés FIFO: First In, First Out” (Casché y col., 2000).

Antes de comenzar con la elaboración, los ingredientes se llevan desde las áreas de almacenamiento al área de preparación para el pesaje, medición, o dosificación de los mismos.

*i) Preparación del mix:* El mezclado de los ingredientes ocurre en un premixer (tanque de acero inoxidable provisto de un agitador que trabaja a altas velocidades y un sistema de calentamiento), que tiene por objetivo dispersar, mezclar e hidratar los ingredientes que conforman la base para el helado. Los ingredientes son agregados con cierto orden: primero las fases líquidas y luego los componentes sólidos para que se disuelvan en ella. En el caso de los estabilizantes, es necesario hacer un premezclado con azúcar cristalino con el fin de evitar la formación de grumos en la mezcla (Kessler, 1981; Nielsen, 2000). La exactitud con que se pese o se mida el volumen de los componentes de un mix, permitirá desarrollar siempre la misma fórmula y lograr un producto final constante.

*ii) Pasteurización:* El objetivo de la pasteurización es eliminar los gérmenes patógenos. Con este tratamiento también se elimina el 99,9% de los microorganismos presentes y se inactivan ciertas enzimas que pueden producir modificaciones de sabor durante la vida útil del alimento (Tortora y col., 2007). Asimismo, para el caso de los helados, la pasteurización contribuirá con la disolución de las proteínas y los estabilizantes (Goff, 2011). Es importante destacar que este tratamiento térmico afectará la estructura de las proteínas de suero (PS), las cuales tenderán a desnaturalizarse por la pérdida de su estructura globular. Esta modificación hace que las PS expongan al medio su parte lipofílica, reduciendo la tensión superficial de la interfaz agua/grasa y actuando como emulsionantes. Además, incrementa la capacidad de retención de agua de las PS (3g de agua/g de proteína), lo que estabiliza la mezcla (Goff y Hartel, 2013).

En cuanto a temperaturas de pasteurización, para pasteurizar un mix de helado, existen varias combinaciones de tiempos/temperatura presentes en la literatura y que

pueden ser aplicadas y generalmente son más elevadas que las utilizadas para pasteurizar leche debido a que el mix tiene más extracto seco, grasa y mayor viscosidad. La pasteurización del mix en grandes industrias se realiza habitualmente en un pasteurizador continuo de placas (78-80°C/20-40 seg.). Este calentamiento no causa apariciones de sabor a cocido o caramelización de los azúcares como podría ocurrir por efecto de temperaturas más elevadas. En las industrias más pequeñas se pasteuriza de manera discontinua en tanques de acero inoxidable (65°C/30 min.) que están calefaccionados mediante una camisa de agua caliente o vapor, y cuentan con un agitador vertical que mejora la disolución y dispersión de los ingredientes (Casqué y col., 2000; Goff, 2011).

El proceso completo de pasteurización debe ir acompañado de un rápido enfriamiento de la mezcla hasta 4 o 5°C (intercambiador de placas) para impedir la multiplicación de las células microbianas sobrevivientes y evitar posibles alteraciones en los componentes del mix (Ávila Vega y Silva Rubio, 2008).

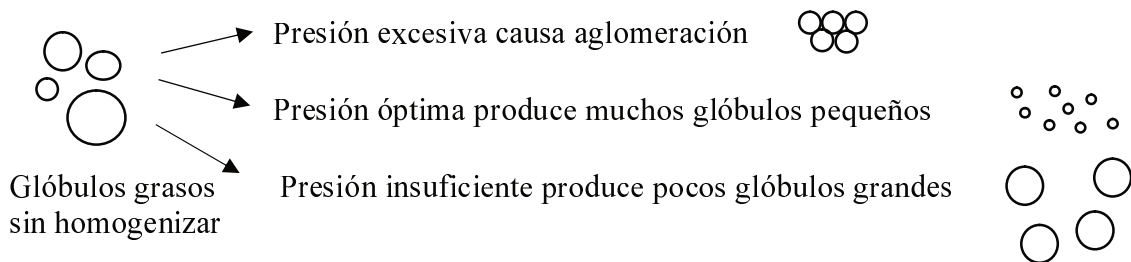
*iii) Homogeneización:* El propósito de esta etapa es reducir y estandarizar el tamaño de los glóbulos grasos de la mezcla ( $\cong 1 \mu\text{m}$ ) (Urdaneta y col., 2004) con el objetivo de conseguir una emulsión estable, evitando que la grasa se separe del resto de los componentes y ascienda hacia la superficie por su menor densidad. Asimismo, esta operación conlleva a una mejora en la textura y brillo de la mezcla, tornándola más atractiva para los consumidores (Maytaa-Hancco y col., 2020).

Esta disminución del tamaño de los glóbulos grasos se realiza en equipos denominados homogeneizadores, que utilizan fuerzas disgregadoras, turbulencia, impulsos, frotamientos, presiones, inercia y vacío (tras la descompresión) (Maytaa-Hancco y col., 2020). El principio de la homogeneización se basa en forzar el paso de la mezcla a través de un orificio muy pequeño en condiciones adecuadas de presión y temperatura (alrededor de 70°C para que los glóbulos de grasa estén en estado líquido), utilizando una bomba de desplazamiento positivo para proporcionar la presión (Nielsen 2000; Grepe 2001). Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si la homogeneización se realiza en dos etapas, la primera suele hacerse con un  $\Delta p$  de 15000-20000 KPa y la segunda con un  $\Delta p$  de 4000-5000 KPa. De esta manera se previene la formación de agregados.

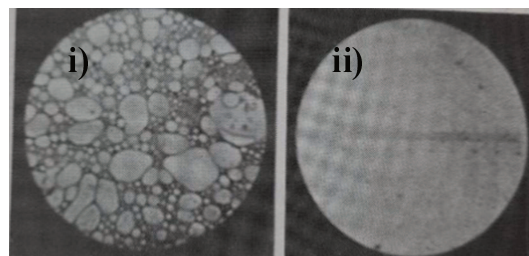
- Si la homogeneización se realiza en una sola etapa, el  $\Delta p$  que se utiliza es menor (14000- 17000 KPa) para evitar una aglomeración de los glóbulos grasos.

El  $\Delta p$  depende del contenido de grasa del mix; por ejemplo, mezclas con alto contenido en grasa se homogenizan a un  $\Delta p$  de 7000 KPa (Kessler, 1981; del Castillo y Lagarriga 2004). Es muy importante el control de las presiones de homogeneización, ya que presiones excesivas o muy bajas pueden derivar en resultados no deseados, tal como se observa en la siguiente figura.



**Figura 7:** Representación del efecto de las presiones de homogeneización sobre el tamaño del glóbulo graso (Taboada y col., 1993).

En la figura 8 se muestran las imágenes de dos mezclas vistas al microscopio. A la izquierda se observa la mezcla no homogeneizada con los glóbulos grasos enteros. A la derecha la mezcla está homogeneizada y se ven los glóbulos grasos finamente divididos.



**Figura 8:** Imágenes de dos mezclas observadas al microscopio óptico: i) mezcla no homogeneizada; ii) mezcla homogeneizada (Vicente y del Castillo, 1995).

Es importante destacar que los glóbulos grasos en estado natural están recubiertos por fosfolípidos que permiten conservar su estructura globular. Cuando los mismos son sometidos a la etapa de homogeneización sucede lo siguiente:

1. Se reduce su tamaño.
2. Aumenta su número.
3. Aumenta significativamente la superficie ( $\cong 460\%$ ).

En consecuencia, se necesitará mayor cantidad de fosfolípidos para recomponer la estructura de los nuevos glóbulos grasos, mantener estable el mix y prevenir la

aparición de grasa libre. Como los fosfolípidos son un factor limitante, la nueva membrana estará conformada además por las proteínas contenidas en la mezcla, estabilizadas por los emulsionantes agregados en la etapa inicial de mezclado de ingredientes (Goff y Hill, 1992).

**iv) Enfriamiento del mix:** Este proceso consiste en enfriar el mix hasta 3 a 6°C en el término de una hora (CAA, 2021) con el objetivo de evitar que los microorganismos sobrevivientes a la pasteurización proliferen y empezar a lograr una cristalización de la materia grasa. Para ello, la mezcla fría se deposita en tanques de acero inoxidable llamados maduradores (Goff, 2011).

Es importante destacar que a partir de esta etapa de enfriamiento deben tomarse todas las precauciones necesarias para asegurar la higiene, tanto de la manipulación como de las instalaciones, ya que la mezcla no volverá a pasar por ningún tratamiento térmico (del Castillo y Lagarriga, 2004).

**v) Maduración:** Esta etapa es de vital importancia para obtener un helado de óptima calidad ya que en ella se logra un aprovechamiento integral de los ingredientes utilizados.

La maduración consiste en mantener la mezcla dentro de los tanques maduradores a una temperatura no mayor de 6°C durante un período de tiempo que no supere las 24 horas (CAA, 2021). Los maduradores deben estar provistos por un sistema de refrigeración (por ejemplo, una camisa por donde circula líquido refrigerado) y agitadores con motores eléctricos de funcionamiento discontinuo (la mezcla se agita de manera intermitente para evitar la formación de espuma por excesiva incorporación de aire). Otra alternativa es realizar una agitación continua a baja velocidad (30 rpm) (Nielsen, 2000).

Durante este tiempo se consiguen cambios beneficiosos en la mezcla:

**i) Máxima hidratación de las proteínas lácteas y los estabilizantes.** El tiempo empleado en esta etapa permite una buena absorción de agua por parte de los ingredientes, formando de esta manera una matriz muy viscosa que contendrá los cristales de hielo, la red de grasa láctea y las burbujas de aire. Esto genera una mejoría en el cuerpo y consistencia del helado además de aumentar la estabilidad del mismo durante su almacenamiento.

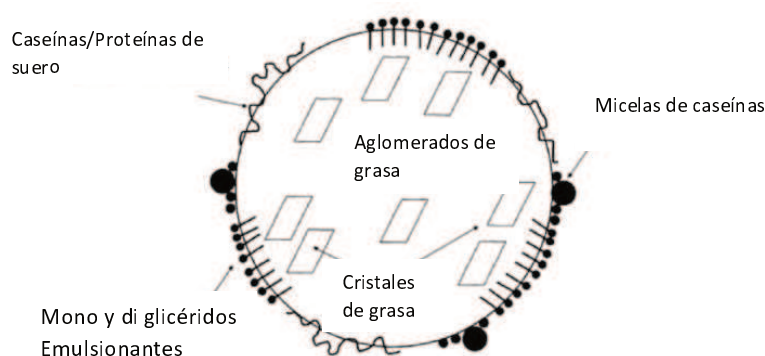


*ii)* Cristalización de los ácidos grasos de alto punto de fusión. Estos ácidos grasos se orientan hacia la superficie del glóbulo graso manteniendo en su interior la grasa líquida. En este punto es importante que la cristalización de la grasa no sea total sino parcial y se mantenga una buena relación grasa sólida/grasa líquida para promover una agregación parcial y formar una red tridimensional que estabilizará el mix y contribuirá con la retención del aire inyectado en etapas posteriores. Para ello, se necesitan como mínimo 4 horas de maduración.

*iii)* Mayor resistencia del helado a la fusión.

*iv)* Mejoras en la textura y desarrollo de aroma del producto final. En la etapa de maduración se añaden los aromatizantes, colorantes y frutas en condiciones higiénicas estrictas (Kessler, 1981; Barford y col., 1991; Nielsen, 2000; Clarke, 2005).

En la figura 9 se observa un glóbulo graso durante la etapa de maduración mostrando la adsorción de proteínas lácteas y emulsionantes sobre la superficie de dicho glóbulo y la cristalización de la grasa.



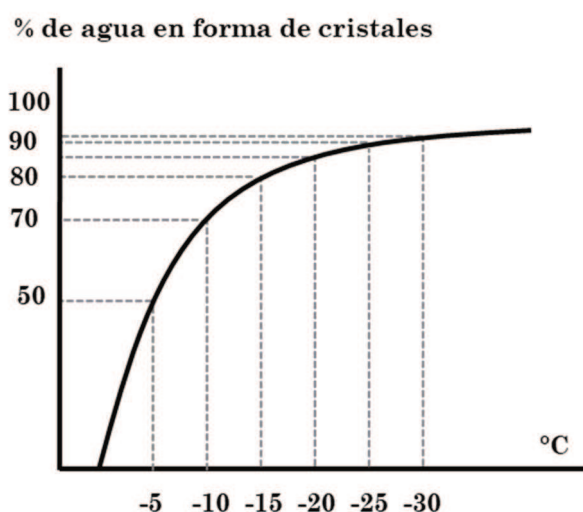
**Figura 9:** Glóbulo de grasa durante la etapa de maduración (Goff y Hartel, 2013).

*vi) Congelación:* Después del proceso de maduración, la mezcla es aireada, batida y congelada en un equipo denominado congelador que puede ser del tipo continuo o discontinuo. La estructura del helado se desarrollará en esta etapa, por ende, es la operación más influyente en la calidad final del mismo. En ella se llevan a cabo dos operaciones de suma importancia: *i)* Se inyecta aire comprimido filtrado en la mezcla hasta lograr el cuerpo y la textura deseada, *ii)* Se congela parte del agua de la mezcla.

Es importante destacar que la etapa de congelado debe hacerse lo más rápido posible para favorecer la formación de “pequeños” cristales de hielo que le van a otorgar al producto final características texturales deseadas.

La mezcla madurada y saborizada entra al congelador entre 4 a 6°C y sale del mismo con una consistencia pastosa a una temperatura de entre -4 a -7°C. Cuanto más

baja sea la temperatura de congelación mayor será la viscosidad y mayor la proporción de agua que se congelará (Tabla 1, Figura 10). A medida que se desarrolla la cristalización, el agua se va congelando en forma pura. De esta manera comienza a aumentar la concentración de los componentes presentes en el mix debido a la remoción del agua en forma de hielo. El punto de congelación de dicha solución disminuye conjuntamente con el aumento en la concentración, de acuerdo a las propiedades coligativas. Lo que se busca, en términos generales, es congelar la mayor cantidad de agua posible siempre y cuando la consistencia lo permita y evitar congelar agua en la etapa de endurecimiento profundo, la cual es a menor temperatura y muy lenta, por lo que los cristales que se forman serán más grandes y tendrían un impacto negativo en la textura (González, 2012).



**Figura 10:** Curva de congelamiento del agua durante el ciclo de producción de helados (Vicente y del Castillo, 1995).

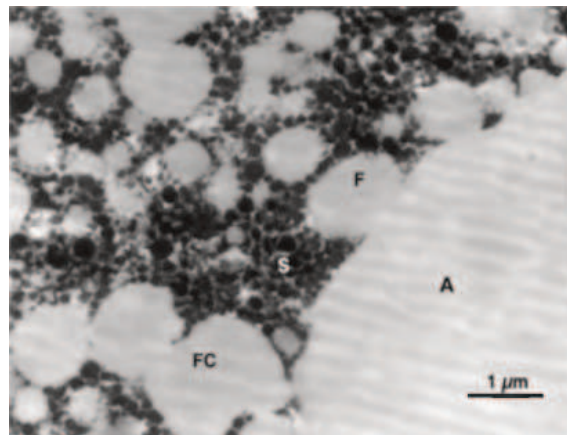
En este punto del proceso los hidrocoloides juegan un papel de suma importancia por su capacidad para retener grandes cantidades de agua.

En general, los helados son suaves debido a la cremosidad que imparten los componentes de la fase dispersa, es decir, cristales pequeños de hielo de tamaños menores de 40  $\mu\text{m}$ , glóbulos de grasa (1  $\mu\text{m}$ ) y burbujas de aire (<100  $\mu\text{m}$ ). Esta composición determinará la textura del helado (Goff, 2002).

Por otro lado, dentro de la etapa de congelación, ocurre la incorporación de aire generalmente en proporción 1:1 que va a depender de la temperatura y del contenido de grasa en la mezcla y conlleva a un aumento de volumen (overrun). En este paso la cantidad de aire incorporado en forma de pequeñas burbujas o celdas (50-80  $\mu\text{m}$ ) va a depender de la estabilidad e interacción de los componentes, así como de la cantidad y

calidad de los mismos. Conforme la mezcla se bate, y debido a las acciones mecánicas: *i)* los glóbulos de grasa chocan; *ii)* las membranas de proteínas se rompen; *iii)* se libera la grasa líquida; *iv)* aumenta el contacto superficial. Todo esto hace que el sistema tienda a coalescer; sin embargo, la acción del retículo de cristales de hielo, las proteínas y los emulsionantes proporcionan estabilidad a las burbujas de aire e impiden este fenómeno.

Después de la incorporación de aire, el helado adquiere una consistencia cremosa. La estabilidad de este sistema (aire - cristales de hielo - gotas de grasa - fase líquida) (Figura 11) dependerá del grado de incorporación de aire, del tamaño de sus celdas, y fundamentalmente, del espesor de la capa que rodea las celdas. Esta capa está constituida por la materia grasa parcialmente desestabilizada, proteínas de la leche, estabilizantes y emulsionantes. La misma debe tener un espesor de 10  $\mu\text{m}$  y ser suficientemente resistente. Si las burbujas de aire se unen entre sí y se escapan de la matriz, el helado no podrá mantener su forma y colapsará. Es por ello que es necesario mantener las burbujas de aire finamente dispersas para impedir que los cristales de hielo entren en contacto entre sí y aumenten su tamaño. Por su parte, las proteínas de la leche poseen alta capacidad para formar espumas por lo que contribuyen a la estabilización de la interfaz de aire en el helado (Goff y Sahagian, 1996; Goff, 2002; Zhang y Goff, 2005; Goff, 2011; Méndez-Velasco y Goff, 2011; Pawar y col., 2012; Goff y Hartel, 2013).



**Figura 11:** Imagen de microscopía por transmisión de electrones del helado mostrando la interfase de aire (A) con glóbulos de grasa adsorbidos (F) y aglomerados de grasa con una coalescencia parcial (FC) extendidos dentro de la fase serosa (S) conteniendo las micelas de caseína (Abrate Deco, 2017).

*vii) Envasado:* Una vez que el helado sale del congelador, debe ser envasado en recipientes cuya forma, tamaño y apariencia sean las deseadas, según el producto que se esté fabricando (granel, extrusión y moldeado). Deben ser atractivos para el consumidor, económicos, amigables con el medio ambiente, fáciles de manipular y que

permitan un óptimo endurecimiento. La rotulación deberá cumplir con la normativa vigente del CAA (Bosset y col., 1995).

El envasado puede ser a granel (en baldes plásticos, cartón, o telgopor) o en porciones individuales (impulsivos, postres, copas). Dependiendo de los volúmenes, el llenado puede ser manual o automático (Casqué y col., 2000).

Previo a la etapa de envasado a veces se incorporan, mediante máquinas automáticas a la salida del congelador, las diferentes inclusiones (jaleas, frutos, chocolates, productos de confitería, etc.). Por lo tanto, se requiere que la mezcla tenga una cierta plasticidad para poder incorporarlos. Debe extremarse la inocuidad de las inclusiones y la higiene de los equipos dosificadores, dado que no habrá ningún tratamiento térmico posterior.

Cuando el helado se extrae del congelador y se envasa, el producto tiene una consistencia semisólida con más de la mitad del agua congelada y no es lo suficientemente rígida para mantener su forma. Por lo tanto, el producto se remite inmediatamente al túnel o cámara de enfriamiento profundo, llevándolo a una temperatura de entre -18 a -27°C.

**viii) Almacenamiento o endurecimiento profundo:** Es la etapa dónde se congelará la porción de agua líquida hasta alcanzar un 80-90% de cristales de hielo. En este punto, el helado se considera endurecido y ocurre a temperaturas entre los -15 a -27°C. De esta manera se previene la recrystalización de los cristales de hielo y se conservan las celdas de aire.

Bajo condiciones normales, el helado presenta un tiempo de vida útil de 12 meses (Bylund, 1996).

**ix) Comercialización:** El helado es retirado de la cámara de almacenamiento profundo y transportado en vehículos refrigerados (-27°C) hacia los puntos de venta. Inevitablemente, en la práctica, el producto sufre cambios de temperatura que ocasionan que una porción del agua congelada pase a fase líquida, lo cual repercute en su:

- **Textura:** debido a que el agua recrystaliza en forma de cristales de mayor tamaño, lo que torna la textura arenosa y disminuye la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores.

- **Estructura:** el agua escapa de la red tridimensional que estabiliza el helado, y arrastra fuera de la misma una proporción de los estabilizantes y emulsionantes. Esto

propicia la coalescencia del producto, en donde se pierde la capacidad de retención de aire y las fases se separan.

En resumen, la calidad sensorial de los helados es muy importante, la que se logra manteniendo su textura y sabor característico. Es decir, debemos tomar las precauciones necesarias para que los compuestos estén perfectamente solubilizados, cristalizar de manera adecuada la materia grasa, evitar fenómenos de recristalización del agua, lograr un correcto balance de los ingredientes e incorporar de manera adecuada las esencias e inclusiones (del Castillo y Lagarriga, 1989; Goff, 2011; Goff y Hartel 2013; Abrate Deco, 2017).

---

## *9-Helados mejorados nutricionalmente*

---

El crecimiento de la población, sumado a la mayor esperanza de vida, la actual epidemia de obesidad y el comportamiento de los consumidores que en forma creciente exigen alimentos seguros, saludables y funcionales, conlleva a desafíos productivos cada vez más exigentes. Desarrollar soluciones adecuadas para satisfacer estas demandas y expectativas son la base de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) de las instituciones científicas y del sector productivo (Stressler y col., 2019).

El helado es un alimento popular en todo el mundo (Shaviklo y col., 2011), afirmación que se da debido a su alto consumo (Soukoulis y col., 2010). Su ingesta genera una sensación refrescante, proporcionando estimulación sensorial, y considerándose una experiencia de valencia positiva. Por lo general, las personas clasifican al helado como una golosina o postre y asocian su consumo con una actividad social ligada a buenos momentos (encuentros familiares, reuniones, festejos). Sin embargo, hay una creencia generalizada sobre que el helado es un producto no saludable y, por lo tanto, no se lo asocia comúnmente con esta característica (Spence y col., 2019). El helado proporciona una fuente moderada de proteínas y contiene una elevada carga de calorías proveniente de los carbohidratos (4 kcal/g) y las grasas (9 kcal/g) (Farouk y col., 2018). Cuando se pretende reducir el contenido energético de un alimento, lo primero que se hace es disminuir los porcentajes de lípidos (aceites y grasas) y/o de carbohidratos (almidón y azúcares), pero ello implica una modificación en la composición global que impactará en las características sensoriales.

En los últimos años, los consumidores se han interesado cada vez más por el consumo de productos alimenticios bajos en grasas. Este interés está asociado al cuidado de la salud, en particular de las personas cardíacas, hipercolesterolémicas, dislipidémicas u obesas, ya que un alto consumo de grasas en la dieta aumenta el riesgo de padecer o agravar las enfermedades crónicas no transmisibles – ECNT- (Akalin y col., 2008). En consecuencia, durante la última década, varios grupos de investigadores de todo el mundo han trabajado en el desarrollo de helados nutricionalmente mejorados manteniendo su calidad sensorial (Chandan y Shah, 2007).

Para lograr este objetivo, se ha propuesto el reemplazo total o parcial de la materia grasa por una serie de compuestos llamados “agentes de relleno” o “agentes de masa”. En el CAA, capítulo XVIII “Aditivos Alimentarios”, se define a estos compuestos como “sustancias que proporcionan aumento de volumen y/o de masa de los alimentos sin contribuir significativamente al valor energético del alimento” (CAA, 2021).

Hoy en día son muchos los sustitutos de grasa que pueden ser utilizados para obtener un helado bajo (sustitución parcial) o cero grasas (sustitución total), y que tengan la condición de mitigar los defectos sensoriales (aparición de hielo y asperezas, cuerpo quebradizo, encogimiento, disminución de *flavor* característico, etc.) que pueden ser causados por la reducción del contenido de materia grasa en los helados (Mahdian y Karazhian, 2013; Akbari y col., 2019). Éstos son sustancias que pueden imitar las propiedades físicas y atributos sensoriales de la grasa en algunos alimentos, pero proporcionan significativamente menos calorías (Zoulias y col., 2002).

Los sustitutos de grasas se clasifican generalmente en tres grupos según su composición a base de: **i) lípidos**, **ii) proteínas** y **iii) carbohidratos**; cada uno de los cuales presenta diferentes propiedades funcionales y pueden utilizarse solos o como parte de una mezcla (Ognean y col., 2006).

**i)** Los sustitutos de grasa **a base de lípidos** contienen emulsionantes, triacilglicerolos sintéticos de cadena media (moléculas compuestas por ácidos grasos de difícil absorción o de menor valor calórico, sólo 5 kcal/g) o lípidos estructurados que tienen una superficie activa y pueden estabilizar las emulsiones (Lucca y Tepper, 1994). Es decir, su estructura ha sido químicamente modificada para reducir o eliminar el aporte calórico (Napier, 1997). Como ejemplos de estos sustitutos se encuentran la caprenina y el salatrim, los cuales son lípidos modificados que presentan propiedades funcionales similares a las de la manteca de cacao, y se usan en la elaboración de caramelos blandos, revestimientos de confitería y helados. Otro ejemplo de sustituto de grasas a base de lípidos es la olestra, la cual se trata de una molécula de sacarosa (glucosa + fructosa) cuyos grupos hidroxilos están sustituidos con ácidos grasos de diferente longitud de cadena. No proporciona calorías y resiste las altas temperaturas; sin embargo,

interfiere en la absorción de sustancias liposolubles (vitaminas A, E, D y K) y carotenoides (Giese, 1996; Clydesdale, 1997).

*ii)* Los sustitutos de grasa *a base de proteínas* se pueden obtener del huevo, leche, soja y gluten (Colmenero, 1996; Yáñez y Biolley, 1999; Cordero García, 2010).

Los más utilizados son generalmente producidos mediante tratamiento térmico a partir de concentrados de proteínas de suero de leche (WPC por sus siglas en inglés: whey protein concentrate) comercializados con los nombres de Simplesse® (CP Kelco), Nutrilac® (Arla Foods Ingredients) y Dairy Lo™ (Pfizer Inc.) son algunos de los productos con estas propiedades que están disponibles en el mercado. Los dos primeros son polvos obtenidos por un proceso llamado microparticulación. Este procedimiento consiste en someter las proteínas de suero a tratamientos físicos (térmico y mecánico: cizallamiento/esfuerzo de corte) de manera de modular sus propiedades funcionales; se produce la desnaturalización y agregación controlada obteniéndose partículas coloidales de proteínas con un rango de tamaño de 0,1 a 10  $\mu\text{m}$ , similar al tamaño del glóbulo graso (Ipsen, 2017). El producto obtenido genera una mejor sensación en el paladar que la de los sustitutos a base de carbohidratos ya que, al poseer partículas pequeñas, producen un mayor efecto de cremosidad (Villareal Fonseca, 2014). Además, presentan la ventaja de contener 1 kcal/g (Monteiro y col., 2006). Por su parte, Dairy Lo™ es un concentrado de proteína de suero modificado que puede formar una red similar a un gel (Yazici y Akgun, 2004).

Dentro de este grupo de sustitutos también se encuentran las proteínas de soja que son la fuente de proteína vegetal más importante para la alimentación y una de las más ampliamente usadas debido a sus diversas propiedades funcionales tales como retención de agua y emulsificación (Akesowan, 2008). Los diferentes tratamientos, especialmente el térmico, se pueden utilizar para modificar la estructura y así mejorar las propiedades funcionales de las proteínas de soja tales como la gelificación, emulsificación, formación de espuma e hidratación (Yamauchi y col., 1991). Mediante la propiedad de gelificación, las proteínas pueden retener grandes cantidades de agua en una masa sólida que se comporta elásticamente en una escala de tiempo tal que se percibe como un sólido. La estructura sólida y elástica de los geles es usada en muchas aplicaciones



industriales proporcionando propiedades texturales y sensoriales deseables en los productos alimenticios para los consumidores (van der Linden y Foegeding, 2009; Acevedo, 2010).

Las proteínas presentes en los alimentos son un ingrediente estabilizador. Una de sus características principales es que son agentes tensioactivos efectivos porque poseen la capacidad de reducir la tensión interfacial entre los componentes hidrofílicos e hidrofóbicos en los alimentos. Es decir, tienen la capacidad de participar en la formación de una emulsión (agua en aceite o aceite en agua) y estabilizarla, evitando la coalescencia de ésta. Las propiedades emulsionantes son características funcionales útiles que juegan un papel importante en el desarrollo de nuevas fuentes de productos proteicos vegetales para usos como alimentos. Las proteínas son los componentes que dominan en la mayoría de las emulsiones alimentarias. Un número significativo de alimentos son emulsiones, dispersiones y espumas, y en estos sistemas, las proteínas, en combinación con los lípidos y los carbohidratos, son estabilizadores importantes (Zayas, 1997).

Las proteínas pueden formar espumas estables en una gran variedad de alimentos. Esta espuma se define como un sistema de dos fases que consta de celdas de aire separadas por una fina capa continua de líquido llamada fase lamelar. La distribución del tamaño de las burbujas de aire en la espuma influye en la apariencia y las propiedades de textura del producto. Las espumas con una distribución uniforme de pequeñas burbujas de aire les dan cuerpo, suavidad y ligereza a los alimentos. Los espumantes proteicos más utilizados son: clara de huevo, gelatinas, caseínas, proteínas de soja y gluten (Zayas, 1997).

La hidratación de las proteínas consiste en agregar agua gradualmente a la proteína seca hasta una cantidad máxima que difiere entre las diferentes proteínas, pero normalmente ronda entre el 10 al 20% p/p de la proteína. Esta hidratación ocurre por la unión de las moléculas de agua (estructura dipolar con carga negativa sobre el átomo de oxígeno y carga positiva entre los dos átomos de hidrógeno) a grupos polares positivos de la estructura de las proteínas (grupos hidroxilos y aminos). El agua de hidratación es esencial para la estructura de los cristales proteicos; cuando están completamente deshidratados, la estructura cristalina se desintegra. En algunas proteínas este proceso va acompañado de desnaturalización y pérdida de la función biológica (Rupley y Careri, 1991; Koshland y Haurowitz, 2020).

Hasta ahora, pocos estudios se han realizado sobre el uso de proteína de soja como sustituto de grasas. Uno de ellos, por ejemplo, informó que la sustitución del 50% de la grasa total en un helado con proteína de soja/goma xantana derivó en un producto con propiedades sensoriales similares a las de un helado de crema con 10% de grasa (Liu y col., 2018).

*iii)* Los sustitutos de grasa *a base de carbohidratos* se utilizan por su facilidad para captar agua, formar geles, y por su poder ligante y espesante que otorga al producto una textura y sensación similar al que proporcionan las grasas (Brennan y Tudorica, 2008). Estos sustitutos aportan entre 1 y 4 kcal/g. Dentro de este grupo se encuentran almidones nativos y modificados, maltodextrinas de diversas fuentes, polidextrosa, derivados de la celulosa (celulosa microcristalina, metilcelulosa e hidroxipropilmetilcelulosa), hidrocoloides (agar, carragenina, guar) y fibras dietarias como inulina, oligofructosa y pectina, entre otras (Goff y Hartel, 2013).

### ***Maltodextrina y Polidextrosa***

La maltodextrina es un polisacárido no dulce producido por una hidrólisis limitada del almidón de maíz (Plaza-Díaz y col., 2013). Es completamente soluble en agua caliente y forma un gel termo reversible cuando se enfría. El gel se caracteriza por otorgar una sensación suave y uniforme en la boca, y una textura similar a la de las grasas (Schmidt y col., 1993; Ohmes y col., 1998; Güzeler y col., 2011; Goff y Hartel, 2013).

Por su parte, la polidextrosa es un polímero de la dextrosa (glucosa), soluble en agua, que puede reemplazar el volumen del azúcar y reducir la grasa, contribuyendo al mantenimiento de la textura y la palatabilidad de los productos alimenticios. Al tener una viscosidad ligeramente mayor que la de una solución acuosa, actúa como agente espesante proporcionando cuerpo al alimento (Olagnero y col., 2007). Debido a su estructura molecular, resulta prácticamente inerte para las enzimas digestivas de los mamíferos y solo una pequeña fracción es absorbida por el organismo. Es por ello que está reconocida, en algunos países, como fuente de fibra dietaria, aportando 1 kcal/g (Souza y col., 2020). En helados y postres congelados, se emplea para sustituir total o parcialmente el azúcar, así como para disminuir una parte de la grasa. La elevada viscosidad a 0°C

proporciona al helado una textura y cremosidad propia de un producto con mayor contenido graso.

Los niveles de adición entre 8 y 13% p/p proporcionan buenos resultados. La polidextrosa no es dulce, por lo que se emplea en combinación con un edulcorante no nutritivo de elevado poder endulzante, como aspartamo, y con uno de volumen como sorbitol (Schmidt y col., 1993; Ohmes y col., 1998; Güzeler y col., 2011; Goff y Hartel, 2013).

### ***Hidrocoloides***

Estos compuestos, también conocidos como gomas vegetales, son macromoléculas, en su mayoría polisacáridos de alto peso molecular, que se utilizan en los helados como emulsionantes y estabilizadores; algunos ejemplos son: agar, carragenina y goma guar (Romanchik-Cerpovicz y col., 2006). Los hidrocoloides interactúan con el agua desarrollando una textura que imita a la de un alimento graso, pero sin efectos negativos para la salud. Dan la viscosidad que el helado necesita brindando a los productos una sensación de lubricidad y cremosidad. Sin embargo, no pueden imitar totalmente las propiedades de las grasas que son las principales responsables del *flavor* y la palatabilidad (Rahimi y col., 2007; Javidi y Razavi, 2018).

### ***Almidón***

Es un polímero de glucosa en donde se pueden distinguir dos componentes importantes: amilosa (estructura lineal) y amilopectina (estructura ramificada). El almidón es uno de los biopolímeros alimentarios funcionales más importantes que se usa ampliamente en muchos alimentos como espesante, estabilizador y agente gelificante, de carga y de retención de agua (Chiu y Solarek, 2009; Aberoumand, 2011). Particularmente, el almidón nativo funciona como un buen estabilizador en los sistemas alimentarios, pero posee algunas limitaciones como la baja resistencia térmica o descomposición térmica. Por su parte, los almidones modificados, de manera física, química o enzimática, dan lugar a un producto con mejores propiedades funcionales y estable bajo condiciones de calentamiento, congelación y almacenamiento. Estos almidones modificados no presentan las limitaciones de los almidones nativos y pueden utilizarse como sustitutos de grasas (Hermansson y Svegmark, 1996).

### ***Fibras Dietarias***

Son resistentes a la hidrólisis enzimática en el aparato digestivo, es decir, no son degradadas por las enzimas digestivas ni absorbidas en el intestino delgado, llegando intactas al intestino grueso donde pueden o no ser fermentadas selectivamente por la flora intestinal colónica. Al no descomponerse en el sistema digestivo no dan lugar a aumentos en los niveles de insulina y azúcar en sangre con lo cual poseen un Índice Glucémico (IG) extremadamente bajo. La fibra dietaria no solo tiene importantes efectos fisiológicos, sino que también permite obtener resultados tecnológicos interesantes al adicionarla a los alimentos. Se ha demostrado que genera un aumento en la estabilidad y vida útil del producto donde fue incorporada (Zhang y col., 2020) así como también un aumento en la capacidad de retención de agua. Además, permite estabilizar emulsiones, formar geles, modificar la textura y disminuir la sinéresis. Sin embargo, la cantidad a adicionar está limitada ya que, en exceso, puede ocasionar cambios indeseables (Elleuch y col., 2011). En helados, la utilización de fibras produce mejoras en la textura, aporta suavidad, resistencia al derretimiento y retarda el crecimiento de los cristales de hielo (Elleuch y col., 2011).

Existen numerosas fuentes de fibra de distintos orígenes:

### ***Inulina y Oligofructosa***

Se pueden encontrar en forma natural en más de 36000 plantas y verduras siendo la raíz de la achicoria una de las fuentes principales de estos componentes. Asimismo, la inulina puede obtenerse a partir de la utilización, en procesos fermentativos, de microorganismos productores de exopolisacáridos (EPS) (Grupo Beneo-Orafti, 2016).

Se componen de cadenas lineales de unidades de fructosa (fructooligosacárido-FOS), ligadas por uniones  $\beta$  (2-1) que suelen tener una unidad de glucosa terminal. El grado de polimerización (GP) de las cadenas de inulina es de 2 a 60 unidades, con una media aproximada de 12. La oligofructosa es un subgrupo de inulina con un grado de polimerización inferior a 10 (Niness, 1999; Grupo Beneo-Orafti, 2016), que es producido por hidrólisis enzimática parcial de la inulina nativa (mediante el uso de una endoinulinasa). La inulina nativa es menos soluble y más viscosa que la oligofructosa y se utiliza como sustituto de grasas, especialmente en helados bajos en grasas ya que pueden

otorgar al producto excelentes propiedades sensoriales comparados con sus versiones azucaradas o grasas (Devereux y col., 2003; González-Tomás y col., 2009; Bayarri y col., 2010).

Es importante destacar que son ingredientes alimenticios y no aditivos (debido a sus elevadas cantidades de adición, mayores al 3%) y sus valores calóricos fueron confirmados en el rango de 1,5 a 2 kcal/g (Roberfroid, 1999; Grupo Beneo-Orafti, 2016).

### ***Pectinas***

Las frutas, particularmente los cítricos, son la fuente principal para la obtención de pectina, además de otros componentes bioactivos como flavonoides y vitamina C. Las pectinas poseen propiedades antioxidantes (Fernández-Ginés y col., 2004).

Argentina se caracteriza por ser un país productor de cítricos (limón, naranja, mandarina y pomelo), que industrializa el 75% de su cosecha para la obtención de aceite esencial, pulpa y jugo, mientras que el 8% se destina para consumo interno y el 17% para exportación (Federación Argentina del Citrus, 2018). Se estima que el 50% del total de fruta procesada es descartada como residuo o es destinada a la alimentación animal por lo que el aprovechamiento de este subproducto generaría beneficios económicos y ambientales. La fibra cítrica se encuentra principalmente en la cáscara y semillas.

A continuación, se detalla el impacto de la utilización de los sustitutos de grasa mencionados en las diferentes propiedades de los helados.

#### ***i) Propiedades reológicas***

El mix utilizado para la fabricación de helados tradicionales muestra un flujo pseudoplástico no newtoniano, lo que significa que la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de cizallamiento. Esto se debe al comportamiento de los glóbulos grasos y de los estabilizantes (Aime y col., 2001; Goff y Hartel, 2013).

La capacidad de los almidones modificados para mejorar la textura de helados bajos en grasas depende de su tipo, dosis utilizada y formulación del producto. En general, los almidones modificados similares a otros sustitutos de grasas a base de carbohidratos, pueden formar enlaces de hidrógeno con moléculas de agua y aumentar la viscosidad del helado. Como resultado, mejoran el comportamiento a

la fusión (Surapat y Rugthavon, 2003). Tal es el caso reportado por Aime y col. (2001) quienes informaron que la adición de 5% de almidón modificado en un helado que contenía 8% de grasa, incrementó la viscosidad en comparación con un helado con un 25% más de grasa.

El mismo efecto (aumento de la viscosidad) ocurre si se adiciona entre 6 a 4% de Simplese® o Dairy Lo™ (a base de proteínas) como sustituto de grasa total o parcial, comparado con un helado tradicional. Esto se debe a la funcionalidad de las proteínas para mejorar la emulsión y ligar agua gelificando y espesando el producto, con una mayor eficiencia en comparación con los sustitutos a base de carbohidratos como la inulina o maltodextrina (Ohmes y col., 1998; Adapa y col., 2000; Akalin y col., 2008).

Respecto de las fibras dietarias, El-Nagar y col. (2002) informaron que la adición de inulina, al 5, 7 y 9%, alteró la textura de un helado de yogur, mostrando un aumento significativo en las viscosidades de las distintas mezclas (mayor viscosidad de la mezcla que contiene menor tenor de grasa) en relación directa con la proporción de inulina. Los autores proponen que esto se debe a que la inulina se une al agua y forma una red similar a un gel en conjunto con los demás componentes, modificando la reología de la mezcla.

Por otro lado, cuando se redujo la cantidad de crema de leche y se compensó con el agregado de fibra cítrica de limón (0,18 a 0,36%) más leche en polvo descremada (0,2 a 0,4%), se observó un incremento significativo en la viscosidad (Munno, 2021). Este aumento se debe a la capacidad de gelificación de la pectina contenida en la fibra (Yu y col., 2021).

En síntesis, los sustitutos grasos a base de proteínas y carbohidratos provocan un aumento en las propiedades viscosas, lo que impacta de manera positiva ya que aumenta su resistencia a la fusión (Schmidt y col., 1993).

## ***ii) Dureza***

Es de esperar que, al reducir el contenido de grasa en las formulaciones de helado, la dureza en el producto terminado se vea afectada al igual que otros atributos de calidad.

Se ha sugerido que la dureza es inversamente proporcional al contenido de materia grasa, es decir, si se reduce la grasa hay un aumento en los cristales de hielo causando una textura más dura que en un helado convencional. Pero si se

usan sustitutos a base de carbohidratos, especialmente de bajo peso molecular como oligofruktosa e inulina, se puede lograr, mediante la retención de agua, una depresión del punto de congelación. Esto impacta de manera directa en la disminución de la dureza (Akbari y col., 2016). Respecto a esto, Akbari y col., (2016) estudiaron el agregado de inulina en diferentes concentraciones (2, 3 y 4%) a un helado que contenía 2% de grasa; estos investigadores observaron que la dureza disminuyó en comparación con un helado bajo en grasa sin inulina. La inulina puede mejorar la consistencia de la mezcla del helado bajo en grasa debido a sus propiedades gelificantes que reducen la tasa de cristalización del hielo.

El uso de almidones modificados también puede disminuir el volumen de cristales de hielo en helados bajos en grasas y proporcionar un producto con características de dureza equivalentes a los del helado convencional.

Por su parte, los sustitutos de grasas a base de proteínas, en contraste con los basados en carbohidratos, provocan un aumento en la dureza del helado bajo en grasa. Las grandes redes de proteínas formadas por la  $\beta$ -lactoglobulina pueden ser responsables de cambiar las características del fluido que rodea las celdas de aire y, por lo tanto, aumentar la dureza (Roland y col., 1999).

### *iii) Derretimiento/fusión*

La presencia de materia grasa en el helado disminuye la tendencia de éste a derretirse, además de servir como estabilizador del aire. Surapat y Rugthavon (2003) reportaron no haber encontrado diferencias significativas en la velocidad de fusión de helados bajos en grasa con agregados de almidón modificado (23 a 25%) frente a helados con un contenido de grasa de 8%.

Sin embargo, Akalin y Erisir (2008) utilizaron 4% de inulina y 4% de oligofruktosa como sustitutos y encontraron una mejora notable en el comportamiento de fusión en el producto. Estas observaciones son consistentes con las de El-Nagar y col. (2002) que demostraron que la suplementación con inulina (5, 7 y 9%) redujo la velocidad de fusión y aumentó la firmeza en el helado de yogur. Akin (2005) también informó que la adición de inulina (1 y 2%) retardaba el tiempo de fusión de helado fermentado con probióticos.

Es probable que los sustitutos de grasa a base de carbohidratos como la inulina, formen enlaces hidrógeno con el agua formando así una red de gel

inmovilizando a las moléculas de agua lo que conlleva a un aumento de la viscosidad, firmeza y resistencia a la fusión (Franck, 2002; Akalin y Erisir, 2008).

En un estudio se preparó una muestra control compuesta por 6,8% de materia grasa, y muestras reducidas en un 50%, 25% y 0% del contenido graso pero adicionadas con fibra cítrica de limón (0,18%, 0,27% y 0,36%) respectivamente, se observó que todos los helados, excepto la muestra control, mantienen una forma similar al derretirse, y se derriten en menor cantidad que la muestra control. Esto se debe a que la fibra cítrica incrementa la estabilización del agua en el helado, otorgándole mayor resistencia al derretimiento y evitando que se desprendan gotas de agua libre. A su vez, se observa un sinergismo entre la fibra y la grasa láctea, la cual tiene gran implicancia en la estabilización del aire (Munno, 2021).

Si bien se han realizado pocas investigaciones sobre el efecto de los sustitutos de grasa a base de proteínas en la tasa de fusión, Ohmes y col. (1998) utilizaron tres sustitutos a base de proteínas (en niveles entre 4 a 6%) para producir helado “*free fat*” y mostraron que no tuvieron ningún efecto sobre la velocidad de fusión. Por su parte, Roland y col. (1999) informaron que la adición de concentrado de proteínas de leche al helado “*low fat*” no influyó en la velocidad de fusión en comparación con el helado “*free fat*” elaborado sin sustituto.

#### ***iv) Overrun***

Los investigadores han informado resultados contradictorios respecto a la adición de inulina sobre el overrun del helado. En este sentido, Akalin y Erisir (2008) encontraron que el overrun puede ser duplicado por la adición de inulina (4%), mientras que Akin y col. (2007) verificaron que la adición de la misma (entre 1 y 2%) no tuvo ningún efecto. Por su parte, Adapa y col. (2000) llegaron a la conclusión que las mezclas de helados reducidos en grasas que contienen sustitutos a base de carbohidratos (en niveles de 6%) exhiben un comportamiento viscoso debido a la capacidad de absorber agua, lo que aumentaría la viscosidad del sistema. Este aumento de viscosidad puede ser la razón principal de la disminución de la capacidad de incorporar aire (Karaca y col., 2009). Karaca y col. (2009) utilizaron 6% de maltodextrina para helados bajos en grasas y 8% para helados sin grasas y encontraron una disminución del overrun frente a un helado convencional.



Dentro de los sustitutos basados en carbohidratos, la adición de fibra cítrica en niveles de 0,18 y 0,27% en helados bajos en grasa y 0,36% en helados sin grasas no produjo diferencias significativas en el overrun, incorporándose la misma cantidad de aire durante el batido que en un helado convencional (Munno, 2021).

Para el caso de las proteínas, Yilsay y col. (2006) demostraron que la utilización de 6% de Simplese® disminuyó el overrun en helados “*free fat*” o “*low fat*” en comparación con un helado con 12% de contenido de grasa.

Finalmente, debido a la controversia existente en la literatura sobre la cantidad de aire que puede admitir una mezcla de helado con un bajo o nulo contenido de grasas y agregado de determinados sustitutos, es aconsejable evaluar en forma práctica y “no teórica” el porcentaje de overrun en la mezcla de estos helados.

#### **v) Atributos sensoriales**

Varios artículos han demostrado que los sustitutos de grasa pueden causar algunos defectos de sabor en helados “*low or free fat*”. En particular, los sustitutos basados en proteínas tienden a causar ciertos *off-flavor* o disminuir la intensidad del sabor en los alimentos (Lucca y Tepper, 1994). Hansen y Heinis (1991) observaron una disminución del sabor a vainilla en helados sustituidos por WPC (0,125, 0,25 y 0,5%). Esto se debe a que el compuesto volátil asociado a la vainilla (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído) puede reaccionar con el WPC. Por su parte, Ohmes y col. (1998) evaluaron los atributos sensoriales de helados que contienen grasa láctea y sustitutos de grasa a base de proteínas de suero (Dairy Lo™ y Simplese® añadidos en una concentración de 4,8%) y encontraron que los mismos no causaban efecto significativo sobre el sabor a vainillina y producían un aumento de sabor a suero, almíbar y leche cocida.

Cuando en las formulaciones de helados se emplea maltodextrina poco refinada o fermentada como sustituto, puede derivar en la aparición de sabores indeseados como a “malta o cocido” que enmascara, por ejemplo, el sabor a vainilla y genera un detrimento de *flavor* en el producto (Goff y Hartel, 2013). En cuanto al color de los helados sustituidos con maltodextrina, son blancos como un helado convencional, mientras que los sustituidos con polidextrosa presentan una

coloración amarillenta y un sabor amargo comparado con un helado con 10% de materia grasa (Roland y col., 1999).

Según Aime y col. (2001), los helados bajos y sin grasas que contenían almidón modificado al 5%, tuvieron menores niveles sensoriales de suavidad y recubrimiento bucal que los helados convencionales. Por otro lado, Surapat y Rugthavon (2003) informaron que el uso de almidón modificado (entre 23 a 25% en reemplazo de un 8% de materia grasa) como sustituto de grasa en helado de coco reducido en grasa no tuvo ningún efecto sobre el color y el sabor del helado en comparación con el control.

Algunos estudios afirman que la adición de inulina provoca una reducción en el tamaño de los cristales de hielo, lo que puede mejorar las propiedades sensoriales del helado ya que produce una textura cremosa y proporciona una sensación en la boca similar a la de la grasa (Niness, 1999; Franck, 2002). Al respecto, Akbari y col. (2016) informaron que la inulina, adicionada en niveles de 2, 3 y 4%, impactó positivamente en las propiedades sensoriales de *flavor* de los helados bajos en grasa. De manera similar, Schaller-Povolny y Smith (1999) reportaron una mejora sensorial en los helados bajos en grasa adicionados con inulina al 3,3 y 6,7%. Finalmente, Akin y col. (2007) demostraron que la incorporación de 1 y 2 % de inulina no influyó en los atributos sensoriales del helado.

Munno (2021) comparó helados tradicionales con aquellos sustituidos parcial o completamente con fibra cítrica de limón, adicionada en niveles entre 0,18 y 0,36%. Los resultados mostraron que la aceptabilidad, preferencia e intención de compra fueron similares entre los helados analizados.

---

## *10-Experiencia laboral*

---

Actualmente me desempeño en una fábrica de helados y formo parte del equipo del área de calidad e (I + D). Desde hace unos meses se está evaluando la posibilidad de elaborar y comercializar helados cero grasas. Para ello se les solicitó a proveedores que nos envíen muestras de los insumos necesarios y sus costos.

Hasta el momento sólo se ha realizado la evaluación de un solo proveedor, el cual ofrece un reemplazo de materia grasa por un pre-formulado que contiene fibra cítrica, maltodextrina y mono y diglicéridos de ácidos grasos.

La evaluación económica arrojó que elaborar un kilo de helado cero grasas con este pre-formulado, cuesta lo mismo que elaborar un kilo de helado convencional debido a que el costo de la materia grasa láctea es muy similar al costo del pre-formulado, quedando pendiente una elaboración a pequeña escala para evaluar la aceptabilidad, características sensoriales y texturales de esta nueva categoría de helados.

---

## 11-Conclusión

---

En los últimos años los consumidores se han interesado cada vez más por el consumo de productos “*low or free fat*”, dado el mayor conocimiento que existe acerca de la relación entre un alto consumo de grasas y el riesgo de contraer enfermedades crónicas no transmisibles. Es por ello que las industrias de alimentos se ven en la “obligación” de brindarle a los consumidores alimentos bajos o cero en grasas recurriendo a los posibles sustitutos de grasas que proporcionan significativamente menos calorías.

En el caso particular del helado, la materia grasa, que se encuentra en un nivel de concentración entre 6 a 14%, tiene un rol fundamental en las propiedades estructurales y sensoriales del producto, por lo que su reducción o eliminación podría conducir a defectos de la calidad.

Los sustitutos de grasa son ingredientes beneficiosos que se utilizan para compensar los defectos sensoriales que pueden surgir de la reducción o eliminación de la materia grasa. Sin embargo, ninguno de ellos reúne todas las condiciones necesarias para ser empleado por sí solo, especialmente por las características únicas que otorga la materia grasa a los helados tradicionales. Es por ello que es recomendable utilizar una combinación de los mismos para lograr una óptima calidad en la producción heladera.

Estos agentes son una alternativa que permite el desarrollo de productos con propiedades sensoriales y tecnológicas similares a los de un helado convencional, pero nutricionalmente mejorados (bajos o nulos aportes de materia grasa proveniente de la leche), contribuyendo a las recomendaciones de la OMS para mejorar la alimentación y la salud de los consumidores. Asimismo, cuando se utilizan con moderación, pueden ser eficaces, seguros y desempeñar un papel importante para la disminución del valor energético.

En cuanto a una conclusión personal, la realización de este Trabajo Final Integrador permitió que profundice mi formación como profesional dentro del área “Tecnología de los alimentos”, en especial sobre la tecnología del helado, expandiendo mis conocimientos en esta área.

A través de la información adquirida he podido mejorar mi riqueza conceptual, profundizar en aspectos que tienen que ver con la innovación tecnológica, las nuevas tendencias de los consumidores de alimentos, e introducirme en el terreno de la investigación y transferencia de conocimientos.

Constituyó, sin dudas, una experiencia valiosa, que me permitió adquirir práctica en la aplicación de la metodología científica y el desarrollo del proceso de investigación, en este caso abocado a un tema industrial en el cual me desarrollo actualmente como profesional, y que tiene gran implicancia por ser los helados de amplio y generalizado consumo a nivel mundial.

---

## 12-Bibliografía

---

- Abd El-Rahman, A. M., Madkor, S. A., Ibrahim, F. S., & Kilara, A. (1997). Physical characteristics of frozen desserts made with cream, anhydrous milk fat, or milk fat fractions. *Journal of Dairy Science*, 80(9), 1926-1935
- Aberoumand, A. (2011). Studies on methods of starch modification and its uses in food and non-food industries products. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6(2), 115-124.
- Abrate Deco, F. (2017). Tesis: Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas. Universidad Católica de Córdoba, Argentina.
- Acevedo, D. (2010). Gelificación fría de las proteínas del lactosuero. *Revista Revisión de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*.
- Adapa, S., Dingeldein, H., Schmidt, K. A., & Herald, T. J. (2000). Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. *Journal of Dairy Science*, 83(10), 2224-2229.
- Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., & Ryland, D. (2001). Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International*, 34(2-3), 237-246.
- Akalin, A. S., & Erisir, D. (2008). Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. *Journal of Food Science*, 73(4), M184-M188.
- Akalin, A. S., Karagözlü, C., & Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227(3), 889-895.
- Akbari, M., Eskandari, M. H., & Davoudi, Z. (2019). Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 34-40.
- Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M., & Bedeltavana, A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52-55.
- Akesowan, A. (2008). Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour. *African Journal of Biotechnology*, 7(24).
- Akin, M. S. (2005). Effects of inulin and different sugar levels on viability of probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics of probiotic fermented ice-cream. *Milchwissenschaft*, 60(3), 297-301.
- 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.
- Alfaro Pacheco, A. G. (2020). Tesis: Estandarización de los procesos de mix y batido para mejorar la eficiencia de una planta de producción de helados. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Alvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., & Ji, T. (2005). Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 862-871.

ANMAT (1992). Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Aditivos en los alimentos.  
<http://www.anmat.gov.ar/consumidores/alimentos/aditivos.pdf> (Consultada 11/2021).

Arévalos Verón D. L., Cáceres Vega M. F., Méndez González L. C., Raymond Woloszyn M., (2018). Monografía Bibliográfica sobre un derivado lácteo: Helados. San Lorenzo, Paraguay.

Arriola, M., Bardanca, M., & Casullo, P. (2020). Propiedades coligativas de las soluciones. Montevideo, Uruguay.

Ávila, V., & Silva, M. (2008). Trabajo de grado: Evaluación de la calidad microbiológica de los helados elaborados en una empresa del municipio de Soacha y su impacto a nivel local. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Barford, N. M., Krog, N., Larsen, G., & Buchheim, W. (1991). Effects of emulsifiers on protein-fat interaction in ice cream mix during ageing I: quantitative analyses. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 93(1), 24-29.

Bayarri, S., Chuliá, I., & Costell, E. (2010). Comparing  $\lambda$ -carrageenan and an inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. *Food Hydrocolloids*, 24(6-7), 578-587.

Beneo-Orafti, (2016). Fibras funcionales para una nutrición saludable.  
[https://alephcom.es/wp-content/uploads/2016/07/BENEO\\_Product\\_Bro\\_Prebiotic\\_fibres\\_Spanish-WEB-PROTECTED.pdf](https://alephcom.es/wp-content/uploads/2016/07/BENEO_Product_Bro_Prebiotic_fibres_Spanish-WEB-PROTECTED.pdf) (Consultada 13/11/2021).

Bosset, J. O., Sieber, R., & Gallmann, P. U. (1995). Light transmittance: influence on the shelf life of milk and milk products. *Bulletin-International Dairy Federation*, (300), 19-39.

Brennan, C. S., & Tudorica, C. M. (2008). Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilisation of barley beta-glucan, guar gum and inulin. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(5), 824-833.

Bylund, G. (1996). Manual de industrias lácteas tetra pack processing systems. Traducido por López GA, Madrid VA Ed. Iragra SA Madrid, España. 425p.

CAA (2020). Código Alimentario Argentino. Capítulo VIII: “Alimentos Lácteos”.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo\\_viii\\_lacteos\\_actualiz\\_2020-01.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_viii_lacteos_actualiz_2020-01.pdf) (Consultado 11/2021).

CAA (2021). Código Alimentario Argentino. Capítulo XII “Bebidas Hídricas, Agua y Agua gasificada”.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/05/capitulo\\_xii\\_aguas\\_actualiz\\_2021-08.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/05/capitulo_xii_aguas_actualiz_2021-08.pdf) (Consultado 11/2021).

CAA (2021). Código Alimentario Argentino. Capítulo XVIII “Aditivos Alimentarios”.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat\\_caa\\_capitulo\\_xviii\\_aditivosactualiz\\_2021-03.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_caa_capitulo_xviii_aditivosactualiz_2021-03.pdf) (Consultado 11/2021).

- Calpe, E. (2005). Diccionario de la lengua española. *Editorial Espasa Calpe, SA Madrid, España.*
- Cascé, M., Schachner, B., Cantarello, D., Franco, M., Jovovic, G., Rizzo, D., & Luján, M. (2000). Manual de Buenas Prácticas Ambientales en la elaboración de helados. Rosario, Argentina.
- Chandan, R. C., & Shah, N. P. (2007). Functional foods based on dairy ingredients. *Handbook of Food Products Manufacturing*, 957-970. Reino Unido.
- Chiu, C. W., & Solarek, D. (2009). Modification of starches. In *Starch* (pp. 629-655). Academic Press.
- Clarke, C. (2005). The science of ice cream. *Chemistry and Industry*, 24(19), 22-23.
- Clydesdale, F. M. (1997). Olestra: the approval process in letter and spirit. *Food Technology*, 51:(2), 104, 85.
- Colmenero, F. J. (1996). Technologies for developing low-fat meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 7(2), 41-48.
- Cordero García, M. (2010). Tesis: Factores que afectan la funcionalidad del puré de chayote (*Sechium edule Sw.*) como sustituto de grasa y determinación del material de empaque idóneo para asegurar la estabilidad del producto. Universidad de Costa Rica.
- Crilly, J. F., Russell, A. B., Cox, A. R., & Cebula, D. J. (2008). Designing multiscale structures for desired properties of ice cream. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(17), 6362-6367.
- Davidson, P. M., Salminen, S., & Branen, A. L. (Eds.). (1990). *Food Additives*. Editorial Marcel Dekker, USA.
- del Castillo Shelly, R. R., & Lagarriga, J. M. (2004). *Productos lácteos. Tecnología* (Vol. 161). Universidad Politécnica de Catalunya.
- Devereux, H. M., Jones, G. P., McCormack, L., & Hunter, W. C. (2003). Consumer acceptability of low-fat foods containing inulin and oligofructose. *Journal of Food Science*, 68(5), 1850-1854.
- Di Bartolo, E. (2005). Guía para la elaboración de helados. Alimentos argentinos, una elección natural, 5. CABA, Argentina.
- El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorică, C. M., Kuri, V., & Brennan, C. S. (2002). Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2), 89-93.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411-421.
- Farouk, M. M., Yoo, M. J., Hamid, N. S., Staincliffe, M., Davies, B., & Knowles, S. O. (2018). Novel meat-enriched foods for older consumers. *Food Research International*, 104, 134-142.
- Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87(S2), S287-S291.



Federación Argentina del Citrus (FEDERCITRUS). La actividad citrícola argentina. <https://www.federcitrus.org/estadisticas/> Consultada (05/2018).

Fernández-Ginés, J. M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., & Pérez-Álvarez, J. A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Science*, 67(1), 7-13.

Fox, P.F. (2011). Milk. En: *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Vol 3, pág. 458-466 (2° edición). Ed.: Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H..Academic Press, Londres, UK.

Fox, P. F., & Brodtkorb, A. (2008). The casein micelle: Historical aspects, current concepts and significance. *International Dairy Journal*, 18(7), 677-684.

Giese, J. (1996). Olestra: Properties, regulatory concerns, and applications. *Food Technology (Chicago)*, 50(3), 130-131.

Goff, H. D. (2002). Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 7(5-6), 432-437.

Goff, H. D. (2011). Ice cream and desserts. *Ice Cream and Frozen Desserts: Product Types. Encyclopedia of Dairy Sciences*.

Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2013). *Ice Cream the 7th. ed.* Editorial Springer. DOI 10.1007/978-1-4614-6096-1.

Goff, H. D., & Hill, A. R. (1992). *Chemistry and physics in dairy science and technology handbook I. Principles and properties.* HUI, YH.

Goff, H. D., & Sahagian, M. E. (1996). Glass transitions in aqueous carbohydrate solutions and their relevance to frozen food stability. *Thermochimica Acta*, 280, 449-464.

Gomez Diaz F. J. (2004). Tesis: Criterios para la selección en emulsionantes en formulación de alimentos. México, D.F.

González, J. (2012). *Elaboraciones y presentaciones de helados. Málaga, España. Primera edición. Editorial INNOVA.*

González-Tomás, L., Bayarri, S., & Costell, E. (2009). Inulin-enriched dairy desserts: Physicochemical and sensory aspects. *Journal of Dairy Science*, 92(9), 4188-4199.

Granger, C., Leger, A., Barey, P., Langendorff, V., & Cansell, M. (2005). Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, 15(3), 255-262.

Grepe, N. (2001). *Productos lácteos.* Centro de Estudios Agropecuarios. Editor Grupo editorial Iberoamérica. México.

Güzeler, N., Kaçar, A., & Say, D. (2011). Effect of Milk Powder, Maltodextrin and Polydextrose Use on Physical and Sensory Properties of Low-Calorie Ice Cream during Storage. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 7,6-12.

Hansen, A. P., & Heinis, J. J. (1991). Decrease of vanillin flavor perception in the presence of casein and whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 74(9), 2936-2940.

- Hermansson, A. M., & Svegmarm, K. (1996). Developments in the understanding of starch functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 7(11), 345-353.
- Hernández Ornelas M. M. (2004). Aditivos, colorantes y conservadores utilizados en la industria de los helados. México, D.F.
- Ipsen, R. (2017). Microparticulated whey proteins for improving dairy product texture. *International Dairy Journal*, 67, 73-79.
- Javidi, F., & Razavi, S. M. (2018). Rheological, physical and sensory characteristics of light ice cream as affected by selected fat replacers. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1872-1884.
- Juri Morales, G., Ramírez-Navas J. S. (2015). El Helado desde la antigüedad hasta nuestros días. *Heladería Panadería Latinoamérica*. Vol. N°233, pp. 60-68.
- Karaca, O. B., Güven, M., Yasar, K., Kaya, S., & Kahyaoglu, T. (2009). The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. *International Journal of Dairy Technology*, 62(1), 93-99.
- Kessler, H. G. (1976). Food process engineering, with emphasis on dairy technology. *Food process engineering, with emphasis on dairy technology*.
- Kessler, H. G. (1981). Food engineering and dairy technology. *Food Engineering and Dairy Technology*.
- Kinyanjui T., Artz W. E., Mahungu S. (2003). EMULSIFIERS/Uses in Processed Food. *Elsevier Science Ltd*.
- Koxholt, M. M., Eisenmann, B., & Hinrichs, J. (2001). Effect of the fat globule sizes on the meltdown of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 31-37.
- Koshland, DE y Haurowitz. Félix (2020). Proteína. *Enciclopedia Britannica* <https://www.britannica.com/science/protein> (Consultado 30/01/2022).
- Liendo, M., Martínez, A. (2007). Sector Lácteo. Industria del Helado. Un análisis del sector. Capítulo 2: Evolución histórica del helado, pp. 4-5. Rosario, Santa Fe.
- Liu, R., Wang, L., Liu, Y., Wu, T., & Zhang, M. (2018). Fabricating soy protein hydrolysate/xanthan gum as fat replacer in ice cream by combined enzymatic and heat-shearing treatment. *Food Hydrocolloids*, 81, 39-47.
- López B, F. N., & Sepúlveda V, J. U. (2012). Evaluation of non-fat solids substitutes (NSL) in a hard dairy ice cream mix with vegetable fat. *Vitae*, 19(2), 197-206.
- Lucca, P. A., & Tepper, B. J. (1994). Fat replacers and the functionality of fat in foods. *Trends in Food Science & Technology*, 5(1), 12-19.
- Mahdian, E., & Karazhian, R. (2013). Effects of fat replacers and stabilizers on rheological, physicochemical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(6), 1163-1174.
- Mayta-Hanco, J., Trujillo, A. J., & Juan, B. (2020). La homogeneización a ultra-alta presión (UHPH): Efectos en la leche y aplicaciones en la fabricación de quesos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2).

- Martínez Rojas, J. A. (2002). Tesis: Evaluación de una mezcla de estabilizantes y emulsificantes en la elaboración de un helado cremoso con grasa vegetal sobre las características de la mezcla base y del producto final. Departamento de Administración. Universidad Nacional de Colombia.
- Marshall, R. T., Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2003). *Ice cream*. Springer Science & Business Media.
- Méndez-Velasco, C., & Goff, H. D. (2011). Enhancement of fat colloidal interactions for the preparation of ice cream high in unsaturated fat. *International Dairy Journal*, 21(8), 540-547.
- Monteiro, C. S., Carpes, S. T., Kalluf, V. H., Dyminski, D. S., & Cândido, L. M. B. (2006). Evolução dos substitutos de gordura utilizados na tecnologia de alimentos. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 24(2), 347-362.
- Munno, J. (2021). Tesis: Desarrollo de helados con fibra cítrica de limón como reemplazo de materia grasa. Università Degli Studi Di Parma Italia y Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Napier, K. (1997). *Fat replacers: The cutting edge of cutting calories*. American Council on Science and Health.
- Nielsen, H. (2000). Manual de producción de helados. Seminario Grindsted sobre Nuevos Aspectos en la fabricación de helados y postres congelados.
- Niness, K. R. (1999). Inulin and oligofructose: what are they?. *The Journal of Nutrition*, 129(7), 1402S-1406S.
- Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (OCLA). Lechería mundial y Argentina. (2017). <http://www.ocla.org.ar/contents/newschart/portfolio/?categoryid=8> (Consultado 04/06/2019).
- Ognean, C. F., Darie, N., & Ognean, M. (2006). Fat replacers: review. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 12(2), 433-442.
- Ohmes, R. L., Marshall, R. T., & Heymann, H. (1998). Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1222-1228.
- Olagnero, G., Abad, A., Bendersky, S., Genevois, C., Granzella, L., & Montonati, M. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Diaeta*, 25(121), 20-33.
- Plaza-Díaz, J., Martínez Agustín, O., & Gil Hernández, Á. (2013). Los alimentos como fuente de mono y disacáridos: aspectos bioquímicos y metabólicos. *Nutrición Hospitalaria*, 28, 5-16.
- Pawar, A. B., Caggioni, M., Hartel, R. W., & Spicer, P. T. (2012). Arrested coalescence of viscoelastic droplets with internal microstructure. *Faraday discussions*, 158(1), 341-350.
- Pintor-Jardines, M. A., & Totosaus-Sánchez, A. (2013). Functional properties of frozen dairy systems and their relation to ice cream texture: a review. *CienciaUAT*, 7(2), 56.

- Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Aziznia, S. (2007). Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4058-4070.
- Roberfroid, M. B. (1999). What is beneficial for health? The concept of functional food. *Food and Chemical Toxicology*, 37(9-10), 1039-1041.
- Rodriguez Toranzo, J. (2014). Tesis: Procesamiento de helados, determinación de humedad, centrifugación. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Roland, A. M., Phillips, L. G., & Boor, K. J. (1999). Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82(1), 32-38.
- Rolon, M. L., Bakke, A. J., Coupland, J. N., Hayes, J. E. y Roberts, R. F. (2017). Efecto del contenido de grasa sobre las propiedades físicas y la aceptabilidad del consumidor del helado de vainilla. *Revista de ciencia láctea*, 100 (7), 5217-5227.
- Romanchik-Cerpovicz, J. E., Costantino, A. C., & Gunn, L. H. (2006). Sensory evaluation ratings and melting characteristics show that okra gum is an acceptable milk-fat ingredient substitute in chocolate frozen dairy dessert. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(4), 594-597.
- Rothwell, J. (1997). Ice cream. Sugars and other sweeteners for ice cream and other frozen desserts. *International Dairy Federation*. Proceedings of the International Symposium, Atenas, Grecia.
- Rupley, J. A., & Careri, G. (1991). Protein hydration and function. *Advances in protein chemistry*, 41, 37-172.
- Schaller-Povolny, L. A., & Smith, D. E. (1999). Sensory attributes and storage life of reduced fat ice cream as related to inulin content. *Journal of Food Science*, 64(3), 555-559.
- Shaviklo, G. R., Thorkelsson, G., Sveinsdottir, K., & Rafipour, F. (2011). Chemical properties and sensory quality of ice cream fortified with fish protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(7), 1199-1204.
- Schmidt, K., Lundy, A., Reynolds, J., & Yee, L. N. (1993). Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. *Journal of Food Science*, 58(4), 761-763.
- Soukoulis, C., Lyroni, E., & Tzia, C. (2010). Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie - Food Science and Technology*, 43(9), 1351-1358.
- Souza, S. V. D. S., Jordão, C., Zampieri, D., Spontoni do Espírito, B., Leite, J., Guercio, A. C., & de Oliveira, W. (2020). El consumo de la polidextrosa previene la obesidad y sus comorbilidades en ratas alimentados con dieta hipercalórica. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(1), 6-13.
- Spence, C., Navarra, J., & Youssef, J. (2019). Using ice-cream as an effective vehicle for energy/nutrient delivery in the elderly. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16, 100140.

- Stressler, T., Fischer, L., Zhang, Y., Huber, I., Jiang, B., Mu, W., & Nie, S. (2019). Conference report 1st German-Chinese Symposium “functional and healthy food ingredients generated through state-of-the-art biotechnology”–Outcome & perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 89, 61-64.
- Surapat, S., & Rugthavon, P. (2003). Use of modified starch as fat replacer in reduced fat coconut milk ice cream. *Agriculture and Natural Resources*, 37(4), 484-492.
- Taboada, R., Weill, R., Manno, R., Carelli, L., Zamboni, E., Sobol, R., Andrich, O., Dasso, Irene., Buffa, B., Chozas, M., Rueda, A. (1993). Helado Total. Ed. PUBLITEC. CABA, Argentina.
- Timm, F., Hirsing, I., Buchner, H., Lips, P., Geyer, J. (1989). Fabricación de Helados. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2007). Introducción a la microbiología. Ed. Médica Panamericana.
- Urdaneta, R., Borregales, C., Bullón, J., & Cárdenas, A. (2004). Effect of milk homogenization in yield and properties on soft ripening cheese. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 27(2), 75-82.
- van der Linden, E. y Foegeding, E. A. (2009). Gelificación: principios, modelos y aplicaciones a las proteínas. En *Ciencia moderna de biopolímeros* (págs. 29-91). Prensa Académica.
- Vicente, A. M., & del Castillo, I. C. (1995). Tecnología de la elaboración de los helados. Editorial Ediciones Mundi-Prensa, España.
- Villarreal Fonseca, G. (2014). Tesis: Efecto de los compuestos sustitutos de grasa sobre la percepción del sabor salado en sopas. Facultad de ciencias agroalimentarias. Universidad de Costa Rica.
- Walstra, P., & Jonkman, M. (1998). The role of milkfat and protein in ice cream. *International Dairy Federation special issue*, (3), 17-24.
- Yamauchi, F., Yamagishi, T., & Iwabuchi, S. (1991). Molecular understanding of heat-induced phenomena of soybean protein. *Food Reviews International*, 7(3), 283-322.
- Yáñez, E., & Biolley, E. (1999). Sustitutos de grasa en la alimentación humana. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 101-5.
- Yazici, F., & Akgun, A. (2004). Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural, and sensory properties of strained yoghurt. *Journal of Food Engineering*, 62(3), 245-254.
- Yilsay, T. Ö., Yilmaz, L., & Bayizit, A. A. (2006). The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, 222(1), 171-175.
- Yu, B., Zeng, X., Wang, L., & Regenstein, J. M. (2021). Preparation of nanofibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream. *Carbohydrate Polymers*, 254, 117415.
- Zayas, J. F. (1997). Emulsifying properties of proteins. In *Functionality of proteins in food* (pp. 134-227). Springer, Berlin, Heidelberg.

Zela, J. (2005). Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche. Dirección General de Promoción Agraria, Perú.

Zhang, Y., Liao, J., & Qi, J. (2020). Functional and structural properties of dietary fiber from citrus peel affected by the alkali combined with high-speed homogenization treatment. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 128, 109397.

Zhang, Z., & Goff, H. D. (2005). On fat destabilization and composition of the air interface in ice cream containing saturated and unsaturated monoglyceride. *International Dairy Journal*, 15(5), 495-500

Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., & Tzia, C. (2002). Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate-or protein-based fat replacers. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 337-342.