



TLATEMOANI
Revista Académica de Investigación
Editada por Eumed.net
No. 11 – Diciembre 2012
España
ISSN: 19899300
revista.tlatemoani@uaslp.mx

Fecha de recepción: 30 de octubre de 2012
Fecha de aceptación: 20 de noviembre de 2012

ESTADO DEL ARTE Y AVANCES EN LA ELABORACIÓN DE HELADOS

**J. E. González Ramírez
A. de la Cruz Martínez
M. Moscosa Santillán
L. Castillo Huerta**

**Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
gonzalez.ramirezje@fcq.uaslp.mx**

Resumen

La naturaleza humana, en la actualidad, se ve atraída hacia los alimentos ricos en sabor y sensaciones. De esta manera, los postres constituyen un tipo de alimento altamente demandado por los consumidores de productos azucarados. Uno de estos postres lo constituye el helado (postre congelado), el cual cuenta con un sabor agradable al paladar y al mismo tiempo proporciona sensaciones de frescura y bienestar. Así, en este artículo realizamos una revisión bibliográfica sobre los avances en materia de formulación y elaboración de este producto alimenticio. En él se tratan los fundamentos científicos de su proceso de producción y las tendencias actuales de formulación, que lo ha llevado a evolucionar hacia un producto funcional con beneficios inmediatos hacia la salud de la persona que lo consume.

Palabras Clave: helado, cristalización, superficie raspada, proceso de fabricación, probióticos, funcional.

Abstract

Recently, humanity has been attracted to consume foods rich in flavor and good sensorial properties. From this point of view, desserts are a type of food highly demanded by consumers of sweet products. One of these desserts is ice cream, which has pleasant flavor and also provides sensations of freshness and welfare. So, this article presents a review about advances in formulation and elaboration of this food product. It is discussed from theoretical fundamentals to industrial process and even the current trends in formulation, which has led it to evolve into a functional product with immediate benefits to the health of consumers.

Keywords: *ice cream, crystallization, scraped surface, production process, probiotics, functional.*

INTRODUCCIÓN

Dentro de la historia de la alimentación humana se encuentra una variedad importante de sabores que han evolucionado con el paso del tiempo. Encontramos alimentos salados y dulces, estos últimos normalmente llamados postres. Uno de los productos alimentarios, catalogado como postre, más importantes a nivel mundial es el helado, esto dado su alto consumo (Soukoulis et al., 2010). Sus orígenes se remontan hasta antes del siglo 13 d.C., siendo Marco Polo quien introdujera a Europa recetas para helados a base de agua, al regreso de sus viajes por Asia oriental. La receta utilizada era a base de nieve recolectada en los Alpes europeos y mezclada con porciones de fruta y azúcar. Al ser este postre un producto difícil de mantener en su estado físico lo convertía en un producto altamente costoso, por lo que sólo era servido a la nobleza y reyes existentes.

Con el paso del tiempo, la receta ha cambiado; se sustituye el uso de agua por base de leche; se sustituye la miel por azúcar. La revolución industrial permite el desarrollo de máquinas capaces de producir frío y transformar el agua contenida en la leche en hielo, así como de mantener el estado físico del producto; se hace la distinción entre sorbete (postre congelado a base de agua) y helado (postre congelado a base de leche); el precio del producto es ahora al alcance de la mayor parte de la población mundial.

En la actualidad, el helado puede ser descrito como una mezcla parcialmente congelada, que contiene principalmente agua, crema y azúcar. El producto es catalogado como un alimento complejo ya que su matriz se compone de proteínas, grasa, azúcar, aire, minerales, agua etc., (Ozdemir et al., 2007; Goff, 2002). Desde una perspectiva fisicoquímica igualmente se le considera como una emulsión, una dispersión y una espuma (Cook y Hartel, 2010). Así mismo, este producto es considerado como un sistema coloidal complejo, dada la presencia de burbujas de aire, glóbulos de grasa, cristales de hielo y una fase de suero no congelada (Goff, 1997; Rossa et al., 2012). De manera general, la Figura 1 representa esquemáticamente la fina estructura de un helado.

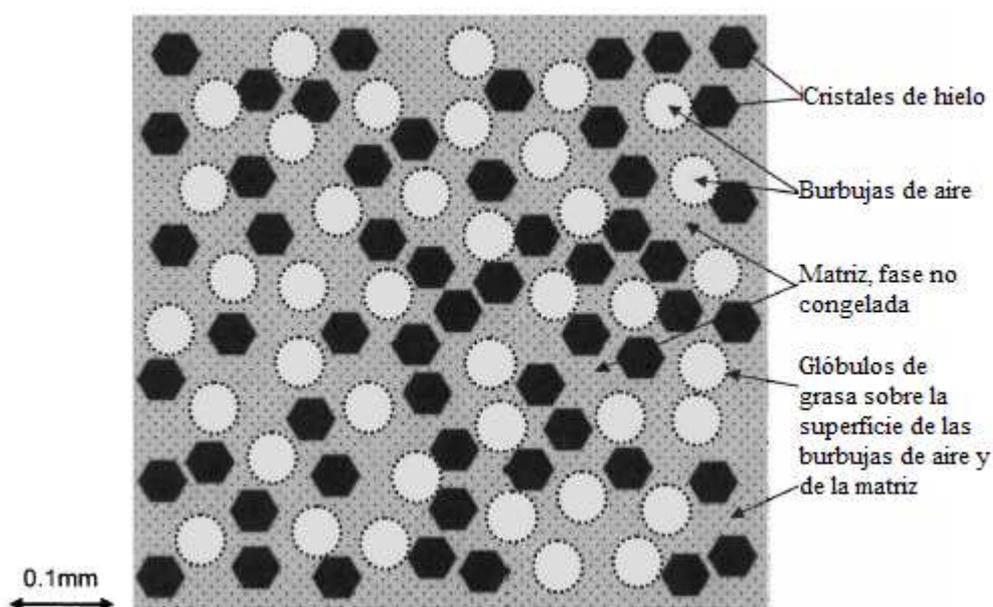


Figura 1. Diagrama esquemático de la microestructura de un helado (Clarke, 2004)

Hoy en día la industria del helado constituye un mercado con un importante valor económico. Por ejemplo, en el 2010 éste se estimó a valor de \$55.4 mil millones de dólares, y se prevé un crecimiento anual del 4.2% para el periodo de 2010-2015, lo cual coloca su valor económico en \$68 mil millones de dólares para el año 2015(Datamonitor, 2010).

El mercado del helado ofrece diversas presentaciones, dentro las cuales sobresale el helado envasado para llevar a casa, que representó el 39.2% de las ganancias totales en 2010 con \$21.7 mil millones de dólares (Datamonitor, 2010). En lo que respecta a México, el consumo per cápita de este postre se estima en 1.9 litros, mientras que para Estados Unidos se sitúa en 18.7 litros (Goff, 2008). Además las importaciones que México realiza están alrededor de \$54.7 millones de dólares al año (Parker, 2011), principalmente de EUA, Chile y España.

El mercado de este delicioso postre no es controlado solamente por la cantidad que se produce, sino por la calidad de un producto terminado que será criticado por los consumidores. Un helado de calidad óptima es aquel que presenta una textura suave y cremosa, lo cual es logrado a partir del contenido de grasa y del tamaño de cristal de hielo formado durante el proceso respectivamente. En la actualidad, se considera que la calidad está principalmente ligada al tamaño de los cristales, el cual debe tener un valor medio entre 45 - 55 μ m (Hartel, 1996). De esta manera, una de las líneas de investigación más fuertes para este producto es la de obtener helados que contengan los cristales de hielo más pequeños posibles, combinado esto con la cantidad de grasa óptima para la cremosidad deseada (Cook y Hartel, 2010).

PROCESO DE FABRICACION DEL HELADO

A fin de obtener las características que un helado debe tener para poder ser catalogado como un producto de calidad, es necesario entender el proceso de producción. El proceso de manufactura de un helado consiste en una serie de operaciones unitarias en donde son involucradas principalmente las operaciones de mezclado, intercambio de calor y cristalización. El mezclado es el paso donde se realiza una fórmula base del helado, donde son definidos el

sabor y la composición en azúcares y grasas entre otros compuestos. El intercambio de calor es utilizado para la pasteurización y la estabilización de la mezcla como preparación a la transformación. Finalmente la mezcla es sometida al proceso de cristalización, la cual se lleva a cabo en dos etapas: una primera que consiste en una congelación parcial de la mezcla a fin de definir una estructura cristalina que determinará al final las propiedades del producto; y una cristalización total, la cual se lleva a cabo como una preparación del alimento antes de ser comercializado, la cual consiste en un descenso de la temperatura entre -18 y -25 °C donde se considera que el 80 % del agua contenida está congelada (Haddad, 2009). La Figura 2 muestra a detalle el proceso industrial para la elaboración de un helado.

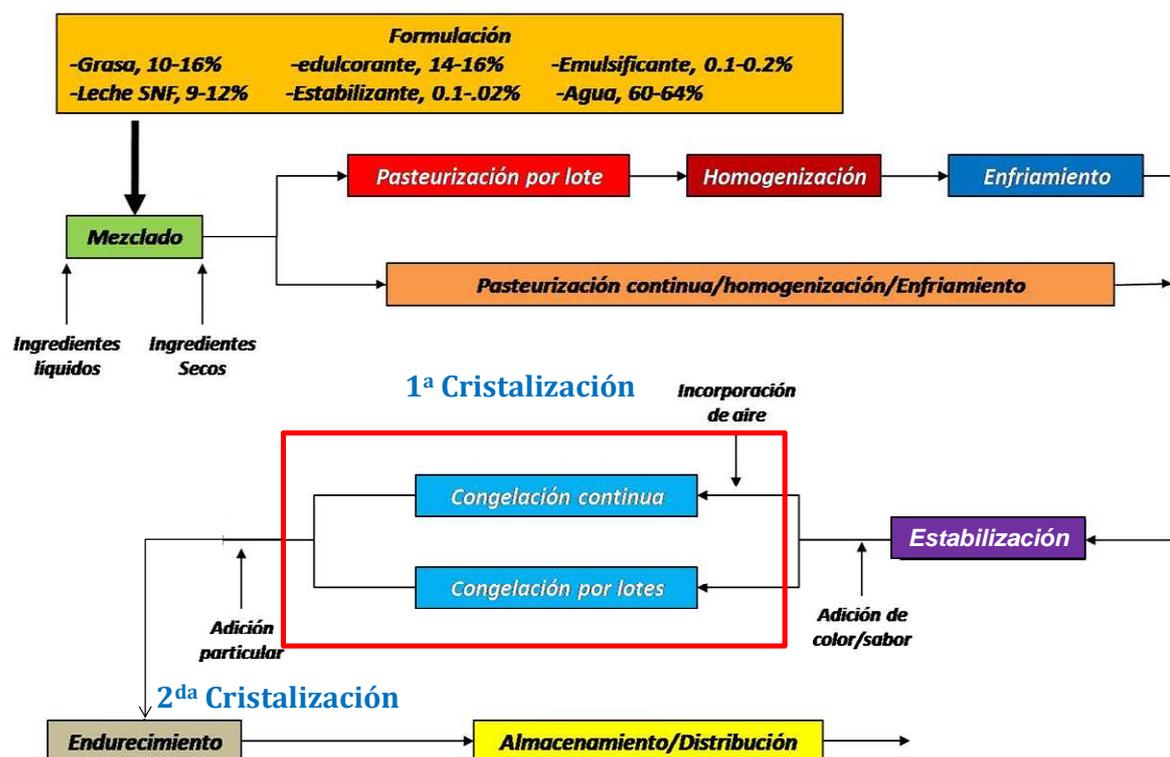


Figura 2. Proceso completo para la fabricación de un helado comercial

La cristalización es el principal paso en la elaboración de este producto. La cristalización no es más que un cambio de estado físico de un líquido, que da lugar a la formación de una fase sólida cristalizada, cuyo principal objetivo

es de construir una estructura en forma de red cristalina (Hartel, 2001). Esta cristalización es realizada, en esencia, por un intercambio de calor y un medio mecánico que facilita la transformación. En primera instancia, como se dijo anteriormente, la primera etapa de cristalización es la parte del proceso que controla la calidad final del proceso. Esta primera etapa de cristalización se realiza con la ayuda de un equipo llamado “Intercambiador de Calor de Superficie Raspada”.

El intercambiador de calor de superficie raspada (ICSR) está destinado a tratar productos viscosos (como el helado) en forma continua o discontinua. Estos intercambiadores son de forma cilíndrica, donde la rotación de un eje provisto de cuchillas asegura un raspado periódico de la superficie de intercambio, generalmente enfriado por un compuesto externo que pasa por el enchaquetado de dicho cilindro (Mabit et al., 2005). El resultado es un fluido particularmente complejo fuertemente perturbado por la presencia de las cuchillas. Sobre la superficie de intercambio el raspado de la pared (lugar donde se lleva a cabo la cristalización) provoca fuertes gradientes de velocidad, debido al paso de las cuchillas, estos son de 10 a 100 veces más elevados que los que se presentan en ausencia de dichas cuchillas (Dumont et al., 2000).

El ICSR más comúnmente usado a nivel industrial opera de manera continua y se puede conceptualizar como un intercambiador de doble tubo (Figura 3). En este tipo de equipo la alimentación de la mezcla de helado y de aire se realiza en la parte interna y un fluido refrigerante se introduce por la parte externa. El objetivo del refrigerante es promover la transformación y permitir obtener al final un producto que consista en una mezcla heterogénea a una temperatura de entre -4 y -6 °C. La mezcla se caracteriza por un aumento de volumen provocado por el aire introducido y contiene un porcentaje de hielo entre 30 a 50 %.

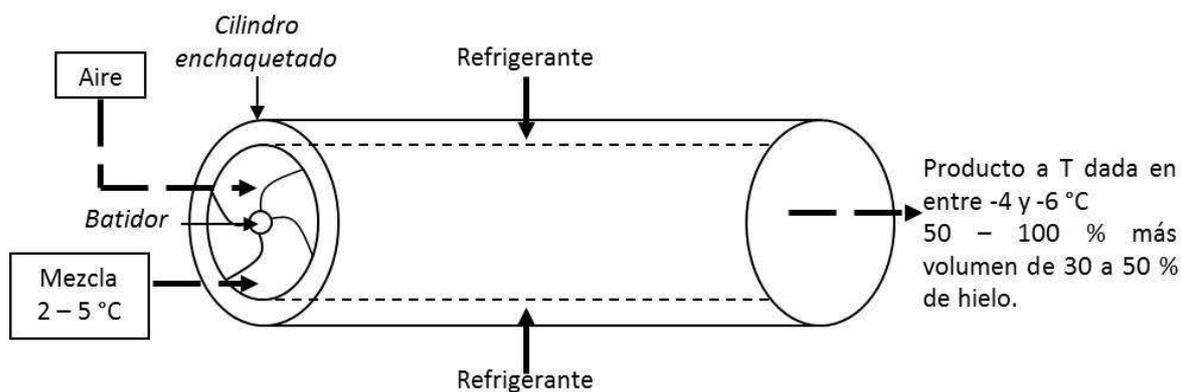


Figura 3. Esquema de un cristalizador (ICSR) continuo

Estudiando el sistema en ausencia de aire y limitándonos a estudiar el cambio de fase se puede analizar el proceso a mayor detalle. Durante el enfriamiento y la cristalización en un ICSR, el proceso pasa por tres etapas antes de obtener un producto bifásico (sólido-líquido). La primera consiste en enfriar el fluido hasta una temperatura inferior a la temperatura de cristalización o congelación inicial. En la segunda etapa se realiza la nucleación de las partículas, llevada a cabo principalmente sobre la pared del cristalizador, la cual se define por la formación de pequeños núcleos que permitirán la creación de un primer cristal (Hartel, 1996). Esta etapa se caracteriza por un salto de temperatura de la materia causada por la absorción del calor latente de fusión del hielo. Finalmente, en la tercera etapa la generación de cristales es continua sobre la pared del cilindro, los cuales son continuamente recuperados por las cuchillas de raspado, en donde se pueden encontrar los fenómenos de crecimiento, agregación y rompimiento o atrición de cristales. Mientras la segunda etapa no esté en un estado estable, el cual toma relativamente poco tiempo en establecerse, la tercera etapa se realiza a una velocidad lenta ya que la temperatura de la materia que se transforma cambia como resultado de la caída del punto de congelación de la solución tratada (Qin et al., 2006). La Figura 4 representa este proceso de cristalización. La introducción de aire al sistema provoca que se obtenga un producto trifásico (sólido, líquido y gas). Este aire no interviene de manera importante en la transferencia de calor sobre la pared, pero si puede intervenir en una distribución del tamaño de cristales.

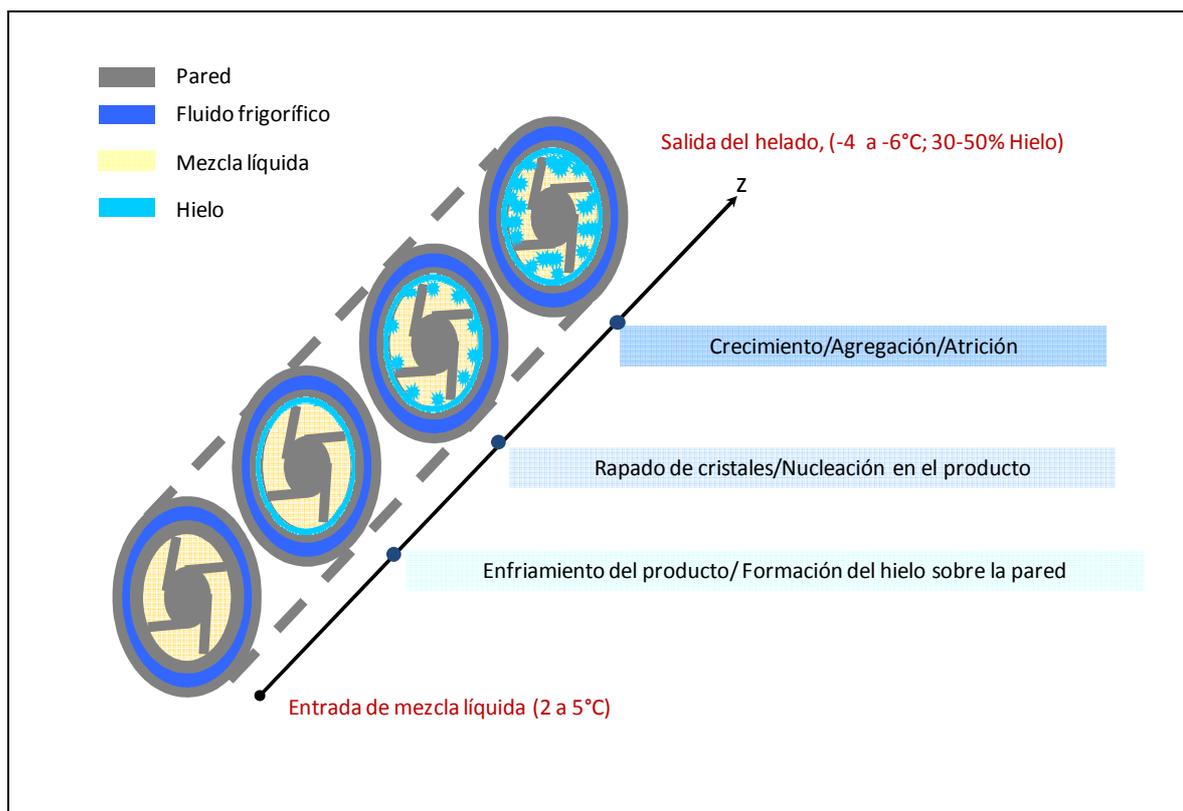


Figura 4. Etapas de la cristalización del helado en un ICSR (Haddad, 2009)

Un aspecto importante en estos ICSR para la producción de los helados es el estudio de las condiciones de operación y su influencia sobre la calidad final del producto. Los principales parámetros del proceso que tienen influencia sobre la calidad del helado a la salida del ICSR son: la velocidad de alimentación (o tiempo de residencia media), la velocidad del raspador, el gasto másico de aire inyectado y la temperatura de fluido frigorífico utilizado en el enchaquetado del equipo o en otros casos de la temperatura del producto a la salida del equipo (Hartel, 1996). Algunos autores han estudiado la influencia de estos parámetros sobre la calidad del producto, principalmente dirigida hacia la distribución de tamaños de cristal. El objetivo común de estos estudios ha sido determinar las condiciones de operación que permiten la obtención de los cristales más pequeños posibles, cuidando cierta estabilidad del producto. Un rango óptimo para el tamaño medio de cristal se sitúa entre 20 y 50 μm a la salida del cristalizador, asegurando así la buena aceptación de los consumidores (Russell et al., 1999; Drewett y Hartel, 2007; Hartel, 1996).

En detalle, Drewett y Hartel (2007) estudiaron el tamaño medio de cristal en función del tipo de edulcorante (sacarosa, jarabe de maíz rico en dextrosa o en fructosa HFCS), la temperatura del producto a la salida del equipo, la velocidad del raspador y el tiempo de residencia medio en un ICSR continuo. Ellos determinaron la influencia de las diferentes variables de proceso y formulación sobre el tamaño medio de cristal. Por el lado de la composición de las mezclas, la influencia es explicada por medio de una variación del peso molecular de la mezcla inicial, la cual provoca un cambio en el punto inicial de congelación y por lo tanto en las velocidades de nucleación y crecimiento de cristales. Por su parte, el tiempo medio de residencia en el ICSR se puede estudiar desde el punto de vista de la velocidad de alimentación; un aumento de la velocidad de alimentación reduce el tiempo de contacto del producto con la superficie de enfriamiento y por tanto en la duración del fenómeno de crecimiento de partículas, es decir, entre mayor sea la velocidad de alimentación los cristales tienden a ser más pequeños. Este fenómeno ha sido puesto en evidencia por varios trabajos científicos tales como los de Russell et al., 1999, Cook y Hartel, 2010 y Arellano et al., 2011.

La temperatura del producto a la salida del ICSR está determinada por la temperatura del refrigerante utilizado, la cual contribuye significativamente a modificar el tamaño medio de cristal en el producto. Cuando las temperaturas de salida del producto son bajas es debido al uso de temperaturas de refrigerante igualmente bajas, donde las velocidades de nucleación y crecimiento son aceleradas fuertemente. Esta aceleración es remarcada principalmente por el fenómeno de nucleación, con lo que se tiende a reducir globalmente el tamaño de partícula en el producto a la salida (Marshall et al., 2003).

Los mecanismos que explican el impacto de la velocidad del raspador difieren según el autor. Algunos explican el efecto sobre el tamaño de cristal por el hecho de que puede aumentar la posibilidad de que dos cristales se encuentren y puedan fusionarse y por tanto aumentar dicho tamaño (Russell et al., 1999). Por otra parte, otros autores explican que un aumento de la velocidad de raspado reduce el intervalo de tiempo entre dos pasos de la cuchilla, lo cual tiende a reducir el tamaño medio de los cristales. Otro

fenómeno ligado a la velocidad de raspado frecuentemente citado por los autores es el aumento del calor producido por el efecto de raspado que tiende a fundir los cristales y favorece una disminución del tamaño de las partículas (Cook y Hartel 2010).

Existe otro tipo de trabajos que tratan sobre el estudio de las condiciones de operación ligado a la calidad final del producto. Por ejemplo, Sofjan y Hartel (2004) estudiaron el efecto de la incorporación del aire a la microestructura del helado, encontrando que un mayor contenido de burbujas disminuye el tamaño medio de cristal. Esto es explicado con la hipótesis de que las burbujas de aire se posicionan entre los cristales disminuyendo la posibilidad de que dos cristales se encuentren y se provoque una fusión entre ellos. Inoue et al., (2008) estudiaron la influencia de cinco variables del proceso (velocidad de alimentación, temperatura de salida del producto, el aumento de volumen, la presión en el ICSR y la velocidad del raspador). Ellos realizaron un estudio estadístico de los resultados por medio del método ANDEVA (Análisis de Varianza) y encontraron influencia significativa de las condiciones de operación sobre propiedades fisicoquímicas del producto. González-Ramírez et al., (2011) realizaron el estudio de la influencia de la velocidad de alimentación, la temperatura del refrigerante y de la velocidad del raspador con la finalidad de proponer un modelo matemático para predecir el tamaño medio de los cristales con fines de control de proceso.

Con esto se pone en evidencia la importancia de estudiar el fenómeno de cristalización y la influencia de los diferentes parámetros de proceso sobre la calidad del producto lo cual está ligado principalmente al tamaño medio de los cristales. Una vez discutidos los elementos importantes en la etapa de cristalización para la elaboración del helado, es necesario discutir un segundo punto de interés, la formulación y la funcionalidad del producto, estos aspectos han tenido un gran avance en el desarrollo de nuevos productos que son basados en conceptos de alimentos sanos y funcionales.

AVANCES EN EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

En la nueva tendencia generalizada en la industria alimenticia se busca la mejora en formulación de productos que representen un beneficio directo sobre la salud del consumidor. Por eso, en las últimas 2 décadas, la creciente preocupación acerca de la salud y bienestar humano ha alentado a la gente a hacer ejercicio, comer alimentos saludables y reducir el consumo de alimentos ricos en azúcar, sal y grasa (Ozdemir y Sadikoglu, 1998). Específicamente en el helado, podemos citar tres avances significativos en la formulación de este producto, los cuales se detallan a continuación:

a) Sustitución de sacarosa.

Existen personas que pueden ser afectadas por el tipo de edulcorante utilizado, esto en función de ciertas afecciones que puede sufrir el individuo. Por ejemplo, las personas que sufren de enfermedades como la obesidad o la diabetes mellitus. A pesar de los síntomas que pueden presentarse en las personas que sufren estas enfermedades, esto no evita que el individuo quiera consumir productos ricos en sabor azucarado y sensaciones como el helado, lo cual en condiciones normales, al consumirlo puede tener consecuencias irreversibles al contener este producto un alto contenido de sacarosa.

Por este motivo, en la búsqueda de producir helados que puedan ser consumidos por los individuos con este tipo de enfermedades, se han desarrollado productos con edulcorantes que puedan proporcionar el mismo poder endulzante que la sacarosa pero bajo en calorías. Se ha encontrado que el uso de sustitutos de la sacarosa puede tener un efecto significativo en las propiedades físicas, químicas y sensoriales de los helados. En este sentido, Ozdemir et al., (2008) realizaron un estudio utilizando diferentes sustitutos de sacarosa (jarabe alto en fructosa, miel, jarabe de glucosa y mezclas entre ellas) en soluciones destinadas para la producción de helados. Ellos encontraron que las propiedades fisicoquímicas se ven afectadas de acuerdo al tipo de edulcorante utilizado. Además de esto, realizaron un estudio sensorial, donde los parámetros sensoriales y la aceptación general de los consumidores son también afectados por el tipo de edulcorante. De manera general, se encontraron casos donde el efecto fue negativo (uso de jarabes alto en fructosa

y de glucosa) y en otros casos positivo (miel, mezclas de sustitutos con sacarosa), esto evaluado como una aceptación general y comparado con un control a base de una mezcla preparada con sacarosa.

Otro ejemplo de esto lo presentaron Whelam et al., (2008) quienes desarrollan formulas de mezclas de helado con diferentes sustitutos de sacarosa como lo son la fructosa, el maltitol, la polidextrosa, entre otros. Ellos mismos realizaron el análisis sensorial, los resultados muestran una buena aceptabilidad de los productos elaborados con uso de sustitutos de sacarosa. Por su parte Drewett y Hartel (2007) realizaron un estudio de la variación del tamaño medio de cristales de agua formados usando sustitutos de azúcares. Ellos demostraron que es posible lograr un producto de buena calidad con el uso de diversos edulcorantes diferentes a la sacarosa. La calidad mostrada por ellos es presentada como un producto con tamaños medios de cristal pequeños.

b) Sustitución de grasa.

En la actualidad, debido al creciente número de enfermedades del corazón, el cáncer y los casos de obesidad en la mayoría de los países desarrollados, se ha propiciado que la población disminuya su consumo de grasa. De este modo, se han desarrollado los llamados “alimentos light”, sin grasa o alimentos bajos en grasa, siendo estos muy populares en las últimas dos décadas. Entre dichos alimentos se encuentran también los helados, que en cuestión de calidad dependen en mucho de la grasa como ya se ha explicado anteriormente.

Este concepto es importante en los helados, con la finalidad de reducir el alto contenido de grasa, de hecho la grasa constituye el 10 a 16% de la materia del helado y se encuentra en forma de glóbulos (Akalm et al., 2008; Rossa et al., 2012). Es así que una variedad de sustitutos de grasa en helados se han reportado, recientemente. Los ingredientes utilizados en estas nuevas fórmulas contribuyen con menos calorías a los productos de este tipo sin alterar el sabor, sensación en la boca, viscosidad u otras propiedades sensoriales (Yilsay et al., 2005).

Según Lima y Nassu (1996) los sustitutos de grasa se pueden dividir en tres grupos principalmente: basados en proteínas, en carbohidratos y artificiales o sintéticos. El uso de estos dependerá del alimento, el nivel de sustitución y el contenido inicial de grasa. Hoy en día también se emplea grasa vegetal como sustituto de la grasa de leche en los helados, esto principalmente promovido en países como Inglaterra, en partes de Europa y en Latinoamérica. En Norteamérica el uso de este tipo de grasa en los helados ha sido muy limitado, según lo mencionan Fox et al., (2006). Además existen estudios como el Devereux et al., (2003), en los que se utilizaron como sustitutos de grasa la inulina. Los resultados reportados muestran que se logra una reducción de entre el 20 y 80% relativo de la grasa. De hecho, Aykan et al., (2008) reportan que la inulina es un sustituto de grasa prometedor en la producción de helados, además de ser un prebiótico que tiene efectos benéficos en la salud del consumidor. En el estudio realizado por estos autores se usó inulina y proteína de suero como sustitutos. Los resultados son favorables; sin embargo, se obtuvo un aumento significativo en la dureza del helado, lo que constituye un reto a superar.

c) Helados probióticos.

El objetivo de este tipo de productos es de crear un alimento funcional, es decir, que cubra las necesidades nutricionales, a la vez que aporta un beneficio a la salud humana. De manera general, los alimentos probióticos son definidos como “productos alimenticios que contienen microorganismos probióticos viables, en cantidades suficientes, incorporados en una matriz adecuada” (Gomes et al., 2009). Este tipo de alimento debe incluir en su formulación cierta cantidad de estos microorganismos, los cuales son definidos como “microorganismos vivos que cuando son administrados en cantidades adecuadas confieren un beneficio para la salud del huésped” (FAO/WHO, 2011). Afín de definir que un alimento puede ser llamado probiótico se realizan pruebas de viabilidad y actividad metabólica, la concentración de microorganismos se debe mantener en todas las etapas de procesamiento de los alimentos por encima de 10^6 UFC/g (Cruz et al., 2009).

Al ser el helado un producto lácteo, este tiene un gran potencial para actuar como un alimento portador de microorganismos probióticos, ya que presenta sustancias que facilitan esta tarea, tales como materias primas lácteas, vitaminas, minerales (Mohammadi et al., 2011). Sin embargo, la producción de un helado probiótico no es una tarea fácil. Existe una diversidad de retos a superar, principalmente ligados al proceso de elaboración, donde la sobrevivencia de los microorganismos está limitada por las condiciones extremas de temperatura y esfuerzos mecánicos producidos por el cizallamiento dentro del cristalizador. Además de esto, se debe responder a la pregunta más importante, ¿qué microorganismo es el adecuado para ser usado y puede presentar una viabilidad adecuada?

Se han reportado trabajos ligados a la elaboración de helados probióticos. Un ejemplo de esto, es el realizado por Turgut y Cakmakci, (2009), donde demostraron la viabilidad de bacterias probióticas como *Bifidumbacterium* y *Lactobacillus acidhophilus* en un helado. Ellos utilizaron dos niveles de contenido de grasa, medido a partir de un porcentaje de adición de crema (5 y 10 %, equivalentes a 6 y 8.5 % de grasa en la mezcla). Ellos comprobaron niveles de sobrevivencia superiores a 1×10^6 UFC/g, durante todo el proceso de evaluación del helado, incluyendo la formulación, la cristalización y 90 días de almacenamiento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para ambos casos de contenido de crema y las dos bacterias probióticas utilizadas (Figura 5). Esto se obtuvo sin repercusiones sensoriales que hicieran que los helados fuesen rechazados por los consumidores.

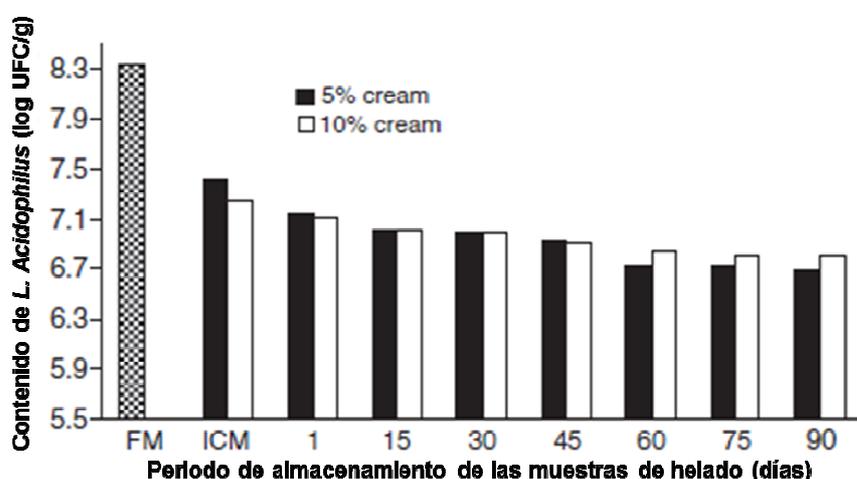


Figura 5. Contenido viable de cultivo de *Lactobacillus Acidophilus*; (FM: Leche fermentada; ICM: Mezcla de helado, Turgut y Cakmakci, 2009)

De igual forma Abghari et al., (2011) obtuvieron supervivencia hasta por 12 semanas de almacenamiento con *Lactobacillus acidophilus* y *rhamnosus*. Ellos demuestran que es viable elaborar un helado probiótico a partir de estos microorganismos con un conteo de 1×10^7 después de un almacenamiento de 12 semanas a $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$. El estudio demuestra que no exist en cambios significativos en las propiedades físicas que determinan la estructura del producto, sin embargo, se encontraron cambios en propiedades sensoriales y en el pH del helado.

Actualmente, la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP busca posicionarse a la vanguardia en México, en proyectos de investigación ligados a la formulación de helados funcionales. Pruebas preliminares mostraron la viabilidad de este producto para poder ser denominado probiótico mediante el proyecto denominado “Desarrollo de un helado de amaranto enriquecido con probióticos” (Gonzalez Ramírez et al., 2012). Este proyecto permitió desarrollar un helado de amaranto con probióticos (usando el microorganismo *Lactobacillus acidophilus*) con niveles de viabilidad siempre superior a las 10^6 UFC/g después de un proceso de elaboración artesanal, manteniendo este nivel al menos durante 3 semanas de almacenamiento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. El proyecto sigue siendo de interés como línea de investigación, los retos actuales consisten en caracterizar un proceso de producción de helado; en donde, además de las condiciones de temperatura, el microorganismo empleado sea expuesto a estrés mecánico. Una caracterización apropiada del proceso de producción podrá ser la base para nuevas estrategias de control con la finalidad de asegurar la viabilidad del producto probiótico.

CONCLUSIÓN

La industria del helado tiene muchas vertientes de estudio, lo que involucra diversas líneas de investigación que convergen hacia el objetivo de producir un helado con características organolépticas adecuadas, nutritivo y

funcional. Sin embargo, el reto es grande ya que es un alimento muy complejo fisicoquímicamente. La investigación en la ciencia e ingeniería de este producto es incitada fuertemente debido al interés económico que el mismo representa, considerando además las previsiones del mercado mundial que indica un crecimiento significativo para los próximos 5 años.

Se remarcan dos líneas de investigación en el proceso de elaboración de helados: la ingeniería del proceso y la ciencia del helado soportada por nuevas formulaciones. Por la parte de la ingeniería del proceso se debe entender la cristalización como la etapa principal de su proceso de producción, por lo cual los estudios actuales se enfocan en la influencia de las variables de operación y en nuevas estrategias para asegurar la calidad del producto. Por la parte del desarrollo de nuevas formulaciones se observa el uso cada vez más importante de sustitutos de sacarosa y grasa, además de promover el enriquecimiento con productos probióticos, todo esto a fin de obtener un helado funcional con beneficios directos en la salud de los consumidores.

Los retos actuales para desarrollar helados funcionales tienen que ver con dos aspectos: el mantenimiento de la calidad del producto terminado, midiendo propiedades físicas del producto y aceptabilidad del consumidor; así como la viabilidad de los microorganismos probióticos en el proceso de cristalización, sometiendo esta materia biológica a los fuertes efectos provocados por un estrés mecánico y cambios bruscos de temperatura. Este panorama general marca la dirección de las investigaciones futuras que enriquecen cada vez más a la ciencia de los helados, proponiendo nuevas estrategias que se dirigen hacia el beneficio y aceptabilidad de los consumidores.

BIBLIOGRAFIA

Abghari A., Sheikh-Zeinoddin M., Soleimanian-Zad S. (2011). "Nonfermented ice cream as a carrier for *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus rhamnosus*". *International Journal of Food Science and Thechnology*, Vol. 46, pag: 84-92.

Akalm A.S., Karagözlü C., Ünal G. (2008). "Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin". *Euro Food Research and Technology*, Vol. 227, pag: 889-895.

Arellano M., Gonzalez J. E., Leducq D., Benkhelifa H., Flick D., Alvarez G. (2011).

"Effect of sorbet freezing process on draw temperature and ice crystal size using focused beam reflectance method (FBRM) online measurements". *The 23rd IIR International Congress of Refrigeration, Refrigeration for Sustainable Development*. Prague, Czech Republic August 21-26.

Aykan V., Sezgin E., Guzel-Seydim Z. B. (2008). "Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream". *European Journal Lipid Science. Technology*. Vol.110, pag: 516-520.

Clarke C. (2004). *The science of ice cream*, Cambridge: The royal society of chemistry.

Cook K.L.K. and Hartel R.W. (2010). "Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production". *Comprehensive reviews in food science and food safety*. Vol.9, pag: 213-222.

Cruz A. G., Antunes A. E.C., Sousa A. L. O.P., Faria J. A.F., Saad S. M.I. (2009). "Ice-cream as a probiotic food carrier". *Food Research International*. Vol. 42, pag: 1233-1239.

Datamonitor (2011). *Global Ice Cream*, código de referencia 0199-0121. (www.datamonitor.com)

Devereux H.M., Jones G.P., McCormack L. (2003). "Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose". *Journal of Food Science*. Vol. 68, pag:1850-1854.

Drewett, E. M. and Hartel R. W. (2007). "Ice crystallization in a scraped surface freezer." *Journal of Food Engineering*, Vol. 78(3), pag: 1060-1066.

Dumont E., Valle D. D., Fayolle F., Legrand J. (2000). "Influence of flow regimes on temperature heterogeneities within a scraped surface heat exchanger". *Journal of Food Engineering*. Vol. 23, pag: 207-220.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization (2001). "Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria", Córdoba Argentina.

Fox P.F. and McSweeney P.L.H. (2006). *Advanced Dairy Chemistry*, Volume 2: Lipids, 3rd edition, Chapter 12: *Ice-cream*. Pag: 441-450.

Goff H. D. (2008). "65 Years of ice cream". *International Dairy Journal*, Vol. 18, pag: 754-758.

Goff H. D. (1997). "Colloidal Aspects of Ice Cream- A Review". *International Dairy Journal*. Vol. 7, pag: 363-373.

Goff H.D. (2002). "Formation and stabilization of structure in ice-cream and related products". *Current Opinion in Colloid and Interface Science*. Vol. 7, pag: 432-437.

Gomes C., Alonso Buriti F. C., Batista de Souza C. H., Fonseca Faria, J. A., Isay Saad S. M. (2009). "Probiotic cheese: Health benefits, technological and stability aspects", *Food Science & Technology*, Vol. 20, pag: 1-11.

Gonzalez-Ramirez J. E., Arellano M., Leducq D., Alvarez G., Benkhelifa H., Flick D. (2011). "Moments model for a continuous sorbet crystallization process". *The 23rd IIR International Congress of Refrigeration, Refrigeration for Sustainable Development*. Prague, Czech Republic August 21-26.

González-Ramírez J. E., Resendiz-Jiménez T. J., Castillo Huerta L., Carrizales Martínez R. (2012), 1er Simposio Nacional de Ingenierías Química y Bioquímica Aplicadas, San Luis Potosí, SLP., México, 22-24 de octubre.

Haddad A. A. (2009), "Reporte de tesis: Couplage entre écoulements, transferts thermiques et transformation lors du changement de phase d'un produit alimentaire liquide complexe – application à la maîtrise de la texture", Paris, Francia.

Hartel R. W. (1996). "Ice crystallization during the manufacture of ice cream", *Trends in Food Science and Technology*. Vol. 7, pag: 315-321.

Hartel R.W. (2001). *Crystallization in foods*. Aspen Publishers, Inc.

Inoue K., Ochi H., Taketsuka M., Saito H., Sakurai K., Ichihashi N., Iwatsuki K., Kokubo S. (2009). "Modeling of the effect of freezer conditions on the principal constituent parameters of ice cream by using response surface methodology", *Journal of Dairy Science*, Vol. 91, pag: 1722-1732.

Lima J.R. and Nassu R.T. (1996). "Fat substitutes: Characteristics and applications". *Química Nova*, Vol. 19, pag:127-134.

Mabit F. F. and Legrand J. (2005). *Phénomènes de dispersion axial dans un échangeur de chaleur à surface raclée*. Récents Progrès en Génie des Procédés, Ed. Lavoisier, Paris.

Marshall R.T., Goff H.D. and Hartel R.W. (2003). *Ice cream. Sixth edition*. Springer

Mohammadi R., Amir M. M., Roya K., GomesA. C. (2011). "Probiotic ice cream: viability of probiotic bacteria and sensory properties". *Annals of Microbiology*. Vol. 61, pag: 411-424.

Ozdemir C., Dagdemir E., Ozdemir S., Sagdic O. (2008). "The effects of using alternative sweeteners to sucrose on ice cream quality". *Journal of Food Quality*, Vol. 31, pag: 415-428.

Ozdemir M. and Sadikoglu H. (1998). "Characterization of rheological properties of systems containing sugar substitutes and carrageenan". *International Journal Food Science Technology*, Vol. 33, pag: 439–444.

Parker P. M. (2011). Reporte, "The 2011 Import and Export Market for Ice Cream in Mexico".

Qin F., Chen X. D., Ramachandra R., Free K. (2006). "Heat transfer and power consumption in a scraped-surface heat exchanger while aqueous solutions", *Separation and Purification Technology*, Vol. 48, pag: 150-158.

Rossa P.N., Burin V.M., Bordignon-Luiz M.T. (2012). "Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents". *LWT-Food Science and Technology*, Vol. 48, pag: 224-230.

Rusell B., Cheney P.E., Walting S.D. (1999). "Influence of freezing conditions on ice crystallization in ice cream". *Journal of Food Engineering*, Vol. 39, pag: 179-191.

Sofjan R.P. and Hartel, R.W. (2004). "Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream". *International Dairy Journal*, Vol. 14(3), pag : 255-262.

Soukoulis C., Rontogianni E., Tzia C. (2010). "Contribution of thermal, rheological and physical measurements to the determination of sensorially perceived quality of ice-cream containing bulk sweeteners". *Journal of Food Engineering*, Vol. 100, pag: 634-641.

Turgut T. and Cakmakci S. (2009). "Investigation of the possible use of probiotics in ice cream manufacture". *International Journal of Dairy Technology*, Vol. 62, pag: 444- 451.

Whelam A. P., Vega C., Kerry J.P., Goff H. D. (2008). "Physicochemical and sensory optimization of a low glycemic index ice cream formulation". *International Journal of Food Science and Technology*, Vol. 43.Pag: 1520-1527.

Yilsay T.Ö., Yilmaz L., Bayizit A.A. (2005). "The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream". *European Food Research Technology*, Vol. 222, pag: 171-175.