

TITULO

ANALISIS TEORICO – PRACTICO DE LA VELOCIDAD DE CONGELACION DE UN HELADO DESLACTOSADO

AUTORES

¹ Juan Pablo Campos Yépez

² Juan Francisco Andrade

¹ Ingeniero en Alimentos, 2001

² Ingeniero Mecánico, ESPOL, 1980

RESUMEN

El presente artículo describirá la Materias Primas, los Materiales de Empaque y Proceso de Elaboración para un producto nuevo como lo es el Helado Deslactosado.

Como paso siguiente se realizará el cálculo matemático para obtener, teóricamente, la velocidad de congelación de este producto, que es almacenado en una cámara existente.

Además describirá el experimento realizado para este mismo cálculo y el resultado del mismo con el fin de obtener la velocidad de congelación.

Finalmente se presentará la comparación de los resultados obtenidos técnica y experimentalmente.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, más del 50 % de la población mundial sufre algún tipo de problema digestivo al ingerir leche. Estos problemas son en su mayoría, causados por la intolerancia a la lactosa, esto implica que las personas que padece este mal no pueden consumir productos que contengan lactosa, especialmente leche y sus derivados. Tal es el caso del helado. Es por esto que se ha dirigido este proyecto al desarrollo de un helado deslactosado o libre de lactosa.

Además, como es de vital importancia en la calidad físico-química y organoléptica, se considera como parte del proyecto un estudio teórico-práctico para determinar la velocidad de congelación de este producto en una cámara existente, ya que para el consumidor la calidad del helado deslactosado debe ser igual a la de cualquier otro helado.

Mediante este estudio se obtuvieron datos que podrán servir para nuevos productos y/o desarrollos subsiguientes.

CONTENIDO

Durante el desarrollo de esta investigación se planteó el cálculo de la diferencia en la velocidad de congelación entre el Método Teórico (Cálculo Matemático) y el Método Práctico (Ensayo Experimental) aplicando estos procedimientos a un nuevo producto como lo es el Helado Deslactosado.

Como es sabido, en la industria alimentaria, especialmente en la elaboración de helados, la velocidad de congelación determina la estructura macroscópica del producto congelado., especialmente porque una alta velocidad de congelación va a originar una capa cristalina más pequeña.

ELCALCULO TEÓRICO

Para nuestro producto en estudio, procederemos a calcular primeramente el tiempo que nos toma llegar, desde la temperatura a la que ingresa el producto a la cámara hasta la mínima temperatura óptima de almacenamiento, la cual llamaremos temperatura de endurecimiento. Por lo tanto el objetivo es calcular el tiempo de endurecimiento del helado.

Es importante recalcar que se tomó en consideración que la unidad de transporte es el palet, por lo tanto, debemos tener esta misma consideración para el cálculo del tiempo de congelación o endurecimiento, es decir, que el cálculo a continuación se basa en las dimensiones del palet con producto ya apilado.

Entonces, considerando que:

t = Temperatura en °C

t_0 = Temperatura de la Cámara (°C)

t_a = Temperatura Inicial de Producto (°C)

t_k = Temperatura en el interior del Producto (°C)

t_m = Temperatura final media del Producto (°C)

$\theta = t - t_0$

$\theta_a = t_a - t_0$

$\theta_k = t_k - t_0$

$\theta_m = t_m - t_0$

τ = Tiempo en horas

τ_k = Tiempo Total de Endurecimiento o Congelación

x, y, z = Coordenadas

X, Y, Z = Dimensiones principales de Palet (m)

λ, C_p, ρ = Coeficiente de Conductividad Calorífica, Calor Específico y Peso Específico del Producto.

$a = \lambda / C_p \rho$ = Coeficiente de Temperatura de la Conductividad (m² / h)

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ = Indices de Transporte de Calor en la Superficie del producto (kcal / m²)

El tiempo de Endurecimiento τ_k , hasta alcanzar en la mitad del Palet ($x = 0, y = 0, z = 0$) la temperatura t_k es aquí, según la metodología descrita por R. Plank:

$$\tau_k = \frac{X^2}{a} \frac{\ln (\theta_a / \theta_k) + \ln C_1 + \ln C_2 + \ln C_3}{\alpha^2 + (X / Y)^2 \alpha^2 + (X / Z)^2 \alpha^2}$$

$$\tau_k = 44,5 \text{ h}$$

Es importante recalcar que el valor que nos interesa calcular es el tiempo de endurecimiento, más no el tiempo en que el producto alcanza el punto de congelación. Por lo tanto el resultado quiere decir que la temperatura final de endurecimiento, teóricamente es alcanzada en 44.5 horas.

LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

Las pruebas experimentales para la determinación de la velocidad de congelación del helado deslactosado fueron realizadas dentro de una cámara de almacenamiento congelado tipo industrial. Más adelante tendremos una descripción detallada de las principales características de esta instalación.

En este tipo de cámaras, el almacenamiento se lo realiza en palets. Este conjunto de almacenamiento y transporte (Palets) de Producto Terminado está compuesto a su vez por unidades independientes de producto, que en este caso, son los cartones de helado deslactosado. El experimento fue llevado a cabo en una cámara industrial existente, diseñada para almacenar helados de todos los tipos hasta alcanzar su punto óptimo de endurecimiento.

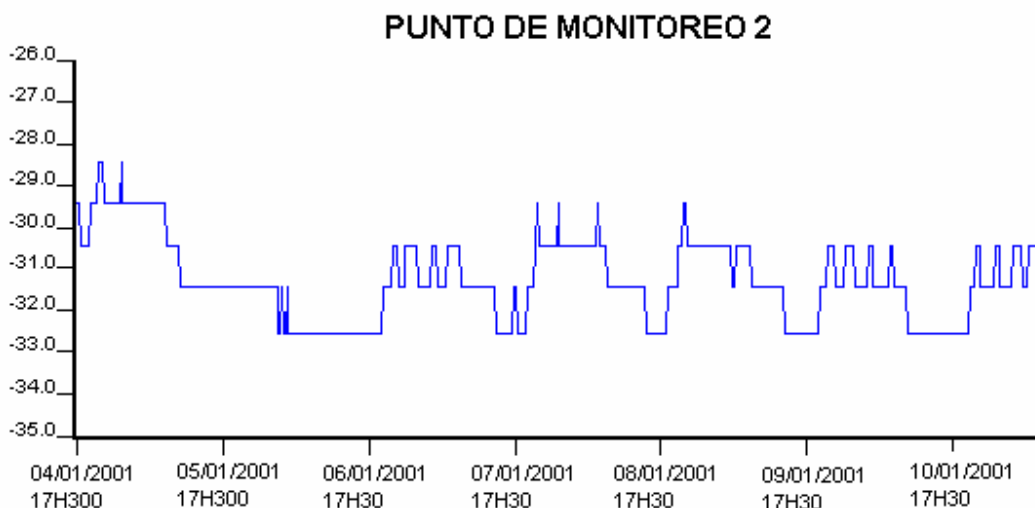
Para el caso específico de el producto en desarrollo, el helado deslactosado, se simularon todas las actividades previstas en la fábrica como normales, mismas que a su vez, fueron consideradas en el cálculo teórico. Esto es: horarios de producción, personal que trabaja en las precámaras y cámara de endurecimiento, iluminación real de la cámara, etc.

Condiciones del Experimento:

La condición más importante para este experimento fue la temperatura de la cámara, por esta razón se trató de establecer el punto caliente de la misma. Para ese fin se colocaron diferentes sensores de temperatura durante 5 días normales de trabajo, para que se lograran registrar la mayor cantidad de datos con las condiciones del experimento.

Los resultados fueron muy favorables ya que se pudo concluir que la temperatura de la cámara en toda su área es de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y no varía sino solo 2 – 3 grados en todos los puntos de monitoreo, como se observa en la figura 1. Por lo tanto se puede considerar homogénea la temperatura para toda la cámara.

Figura # 1: Lectura Ambiental de Cámara



Puntos de Monitoreo

Los puntos de monitoreo se establecieron de una manera muy sencilla, tomando como partida las siguientes consideraciones:

- Forma del embalaje
- Tipo de producto
- Características del Producto
- Apilamiento en el palet

Tomando en cuenta estos puntos se estableció que el punto de monitoreo sería el centro geométrico. En este punto se colocó un sensor del mismo tipo de los que utilizaron para determinar el punto caliente en la cámara.

Materiales y Métodos

En este punto veremos los tipos de sensores utilizados para las mediciones, de qué manera se realizaron las mismas y describiremos el producto desarrollado.

Los sensores que fueron utilizados durante el experimento, son los que normalmente se utilizan para realizar monitoreos y controles estadísticos de la cámara de endurecimiento en la fábrica.

Funcionan con un chip que almacena los datos de temperatura en función del tiempo. Previo a esto es importante mencionar que este sensor puede ser programado, por medio de un programa de computadora.

En base a la formulación del helado se concluyeron la mayoría de los cálculos. Como se ha mencionado antes, el helado es una mezcla de varios ingredientes con características diferentes que otorgarán propiedades de calidad específicas el producto. Así un helado con grasa láctea netamente tendrá otra calidad sensorial comparado con uno que tenga en su composición un porcentaje elevado de grasa vegetal.

En este caso se optó por un helado premium, es decir de alta calidad con un 12% de materia grasa láctea, con un pequeño porcentaje de grasa vegetal que se traduce en un ahorro de costos.

Se ensayaron varias fórmulas, en base a lo que se obtuvo de los paneles de degustación, haciendo variaciones hasta obtener la fórmula final que es la que tenemos en la tabla I.

Tabla 1

INGREDIENTES	%
Leche en polvo entera 26% MG	12.310
Suero de leche en polvo	2.780
Crema al 34% MG	8.880
Grasa vegetal	3.700
Azúcar	15.000
Estabilizante	0.420
Agua	56.910

TOTAL	100.000
--------------	----------------

Resultados Experimentales

En base a los resultados obtenidos del experimento práctico se puede observar que el tiempo en que el producto llega a la temperatura de endurecimiento es de 48 horas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Durante el experimento práctico es de vital importancia simular todas las condiciones reales que se dan en la fábrica, esto nos garantizará resultados reales y más cercanos a la respuesta.
2. El método teórico que se aplicó durante este estudio comparativo, si logra reflejar los valores reales comprobados por el método práctico, de forma que la fórmula utilizada si es una herramienta muy útil es este tipo de proyectos.
3. Durante el desarrollo de un helado, es fundamental realizar un estudio del tiempo de endurecimiento, ya que éste afecta directamente su calidad organoléptica.
4. El empleo de un método teórico en un desarrollo es muy favorable, ya que brinda resultados confiables, rápidos, seguros y económicos.
5. Este tipo de productos como el helado deslactosado, a pesar de no tener un mercado tan amplio, como lo es el de el helado normal, representa un nicho, ya que es una buena alternativa para aquellas personas que sufren de intolerancia a la lactosa, lo que cubre una necesidad del mercado con crecimiento potencial.
6. La mayoría de la población intolerante a la lactosa, no tiene conocimiento de su anomalía, debido a una desinformación existente sobre este tema; sin embargo conocen que cuando toman o ingieren un alimento que contiene leche, padecen de molestias digestivas, tal es el caso del helado. Por eso este producto brinda la posibilidad de que, aquellas personas que no puedan consumir un helado normal, lo hagan.
7. Este estudio es fácilmente aplicable a cualquier desarrollo de productos de heladería, considerando los cambios necesarios en las fórmulas, esto es: punto de congelación, calor específico.
8. La base de cálculo en este estudio fue la unidad de estiba, sin embargo puede aplicarse a la unidad (por caja).
9. Para este estudio fue necesario tener amplio conocimiento de las instalaciones de la fábrica, las condiciones de operación, el proceso de fabricación y las condiciones e instalaciones frigoríficas de almacenamiento, donde se centra nuestro estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.F. Incopera. Fundamental of Heat and Mass Transfer. Tercera Edición. Editorial Singapore. 1976
- 2.J. Arbuckle Ice Cream. Tercera Edición. Editorial AVI. EE.UU. 1971
- 3.J. Brennan Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza – España. 1980.
- 4.I. Cenzano Elaboración, Análisis y Control de Calidad de los Helados. Tercera Edición. Editorial AMV. Madrid – España. 1996
- 5.R. Earle Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia Zaragoza – España. 1979
- 6.A. Madrid Curso de Industrias Lácteas. Primera Edición. Editorial AMV. Madrid –España. 1996