



UNIVERSIDAD
SAN IGNACIO
DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial

EFFECTOS DEL NITRÓGENO LÍQUIDO Y ESTABILIZANTES EN LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HELADO ARTESANAL DE FRESA

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial
y Comercial**

RICARDO ANTONIO IBAÑEZ FIGUEROA
(0000-0001-8390-8505)

JENNIFER MACEDA COELLO
(0000-0002-0917-2824)

Asesor:
Ing. Michael Zelada García
(0000-0003-2445-3912)

Lima - Perú

2020

JURADO DE LA SUSTENTACIÓN ORAL

.....

Presidente

.....

Jurado 1

.....

Jurado 2

Entregado el:

Aprobado por:

.....

Graduando 1

.....

Asesor de Tesis

.....

Graduando 2

.....

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Ricardo Antonio Figueroa, identificado con D.N.I. 73035588 y Jennifer Maceda Coello, identificado con D.N.I. 72201401 Bachiller del Programa Académico de la Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presento mi tesis titulada: "Efectos del nitrógeno líquido y del tipo de goma sobre las propiedades del helado artesanal de fresa".

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis es de mi autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen mi aporte. Todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratifico lo expresado, a través de mi firma correspondiente.

Lima, 20 de diciembre del 2020

.....

Ricardo Antonio Ibañez Figueroa

DNI N° 73035588

.....

Jennifer Maceda Coello

DNI N° 72201401

EPIGRAFE

*“Si buscas resultados diferentes,
no hagas siempre lo mismo”.*

Albert Einstein

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas
INTRODUCCIÓN	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
Identificación del problema	16
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
Problema general.	17
Problemas específicos.	18
MARCO REFERENCIAL	18
Antecedentes	18
Estado Del Arte	22
Marco Teórico	26
OBJETIVOS	34
Objetivo general	34
Objetivo Especifico	34
JUSTIFICACIÓN	34
Teórica	34
Práctica	34
Social	35
HIPÓTESIS	36
Hipótesis general	36
Hipótesis especifica	36
MATRIZ DE CONSISTENCIA	37
MARCO METODOLÓGICO	38
Metodología	38
Paradigma	38
Enfoque	39
Método	40
VARIABLES	42

	6
Independiente	42
Dependiente	43
POBLACIÓN Y MUESTRA	44
INSUMOS	45
INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS	45
Instrumentos.	45
Técnica	46
PROCEDIMIENTOS Y MÉTODO DE ANÁLISIS	47
Procedimiento	47
Método de análisis de datos	49
RESULTADOS	52
DISCUSIÓN	68
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
REFERENCIAS	73
ANEXO	76

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1 Cuadro resumen de los efectos según el porcentaje de Overrun	30
Tabla 2 Cuadro resumen de los beneficios de los estabilizantes en helados	31
Tabla 3_Cuadro comparativo entre la goma Xantán y Goma Guar	43
Tabla 4 Valores experimentales según tratamiento de cada mezcla	49
Tabla 5 Porcentaje de Overrun vs Volumen de nitrógeno líquido y estabilizantes (tipo de goma)	50
Tabla 6 Temperatura final (°C) vs Volumen de nitrógeno líquido y estabilizantes (tipo de goma)	50
Tabla 7 Dureza vs Volumen de nitrógeno líquido y estabilizantes (tipo de goma)	51
Tabla 8 Análisis de Varianza T_final	54
Tabla 9 Análisis de Varianza %Overrun	59
Tabla 10 Análisis de Varianza Dureza (textura)	65
Tabla 11 Densidad de los insumos (Kg/L)	81
Tabla 12 Mezcla base de la muestra A	81
Tabla 13 Mezcla base de la muestra B	81
Tabla 14 Mezcla base de la muestra C	82
Tabla 15 Mezcla base de la muestra 1	83
Tabla 16 Mezcla base de la muestra 2	83
Tabla 17 Mezcla base de la muestra 3	84
Tabla 18 Mezcla base de la muestra 4	84

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Páginas
Figura 1. Diagrama esquemático del proceso de fabricación de helado. Clarke, 2012.	24
Figura 2. Estructura de un helado. Mahaut, Jeantet, Schuck, & Brulé, 2004.	26
Figura 3. Proceso de elaboración de helados congelados con nitrógeno líquido. NITROGEN COLOMBIA.	28
Figura 4. Gráfico experimental. Elaboración propia.	41
Figura 5. Goma Guar y Goma Xantan. Aromas del Perú SA,	42
Figura 6. Balanza digital.	45
Figura 7. Termómetro digital	46
Figura 8. Texturometro (TA. HDplusC)	46
Figura 9. Gráfico de dispersión de la temperatura final vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Guar. Elaboración propia	52
Figura 10. Gráfico de dispersión de la temperatura final vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Xantan. Elaboración propia.	52
Figura 11. Regresión lineal de la temperatura final y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Guar. Elaboración propia.	53
Figura 12. Regresión lineal de la temperatura final y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Xantan. Elaboración propia.	53
Figura 13. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados T_final. Minitab.	54
Figura 14. Gráfico de efectos principales para las medias de la temperatura final. Minitab	55
Figura 15. Gráfico de interacción de los dos factores para las medias de la temperatura final. Minitab.	56
Figura 16. Verificación de supuestos: a) probabilidad de la normal, b) residuos vs ajustes, c) probabilidad de la normal de los residuos, d) residuos vs orden. Minitab.	56
Figura 17. Gráfico de dispersión del % de overrun vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Guar. Elaboración propia	57
Figura 18. Gráfico de dispersión del % de overrun vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Xantan. Elaboración propia	57
Figura 19. Regresión lineal del % de overrun y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Guar. Elaboración propia.	58
Figura 20. Regresión lineal del % de overrun y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Xantan. Elaboración propia.	58
Figura 21. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados %Overrun. Minitab.	59
Figura 22. Efectos principales para las medias del porcentaje de Overrun, Nitrógeno líquido y estabilizante. Minitab.	60
Figura 23. Gráfico de interacción de los dos factores para las medias del %Overrun. Minitab.	61
Figura 24. Verificación de supuestos: a) probabilidad de la normal, b) residuos vs ajustes, c) probabilidad de la normal de los residuos, d) residuos vs orden. Minitab.	62

Figura 25. Gráfico de dispersión de la dureza vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Guar. Elaboración propia	63
Figura 26. Gráfico de dispersión de la dureza vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Xantan. Elaboración propia	63
Figura 27. Regresión lineal de la dureza y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Guar. Elaboración propia.	64
Figura 28. Regresión lineal de la dureza y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Guar. Elaboración propia.	64
Figura 29. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados Dureza (textura)	65
Figura 30. Gráfico de efecto principal para las medias Dureza (textura)	66
Figura 31. Grafica de interaccion de los dos factores para las medias de dureza (textura)	66
Figura 32. Verificación de supuestos: a) probabilidad de la normal, b) residuos vs ajustes, c) probabilidad de la normal de los residuos, d) residuos vs orden. Minitab.	67
Figura 33. Infraestructura del establecimiento, México	78
Figura 34. Procedimiento del proceso de elaboración de helados con nitrógeno líquido	79
Figura 35. Mezcla base del helado	87
Figura 36. Contextura del helado congelado con nitrógeno líquido	87
Figura 37. Muestras	87

DEDICATORIA

*A la memoria de aquellos familiares
que hoy ya no se encuentran con
nosotros.*

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, por apostar por nosotros y brindarnos la oportunidad de desarrollarnos profesionalmente y por sus consejos y valores inculcados.

RESUMEN

En el mundo se está dando a conocer la gastronomía molecular, y con ello nuevos métodos de congelación de alimentos realizados con nitrógeno líquido, los cuales no se encuentran muy difundidos en el Perú. Esto servirá de base para nuestro estudio realizado sobre helado artesanal de fresa.

En esta investigación se examina el efecto que tendrá el nitrógeno líquido y el tipo de estabilizante en los parámetros del proceso de congelado en la elaboración de helado artesanal de fresa, por medio de la observación directa a 18 muestras que se realizaron en el laboratorio de la universidad San Ignacio de Loyola.

La cantidad de nitrógeno se determinó experimentalmente, tomando como referencia los valores obtenidos mediante la fórmula de equilibrio térmico, y los tipos de estabilizante a considerar fueron la goma Guar y goma Xantán, dichos factores tuvieron efecto en el porcentaje de overrun, temperatura final y dureza. Teniendo como resultados que en promedio la goma Guar obtuvo una temperatura final de $-6.18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la Xantán $-4.79\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo el objetivo medio de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. El efecto del estabilizante se determinó midiendo el overrun, mediante una fórmula que compara el aumento de volumen final del helado con el volumen inicial de la mezcla, donde se estableció como óptimo 35%. En este aspecto, en promedio se obtuvo que la goma Guar tuvo un porcentaje de overrun de 43% y la goma Xantán 58%. Y la dureza como una medida práctica se concluyó que varía principalmente frente al volumen del nitrógeno utilizado.

Palabras claves: helado, nitrógeno líquido, *overrun*, dureza, temperatura, goma.

ABSTRACT

In the world, molecular gastronomy is being made known, and with-it new methods of freezing food with liquid nitrogen, which are not widespread in Peru. This will serve as the basis for our study on artisan strawberry ice cream.

This investigation examines the effect that liquid nitrogen will have and the type of stabilizer on the parameters of the frozen process in the production of artisan strawberry ice cream, through direct observation of 18 samples that were made in the laboratory of the San Ignacio de Loyola University.

The amount of nitrogen was determined experimentally, taking as reference the values obtained by the thermal equilibrium formula, and the types of stabilizer to be considered were Guar gum and Xantan gum, these factors influenced the percentage of overrun, final temperature and hardness. Having as a result that on average the Guar gum obtained a final temperature of -6.18°C and the Xantan -4.79°C , being the optimal temperature -8°C . The stabilizer effect was determined by measuring the overrun, using a formula that compares the final volume increase of the ice cream with the initial volume of the mixture, where 35% was established as optimal. In this regard, on average it was obtained that Guar gum had a percentage of overrun of 43% and Xantan gum 58%. And hardness as a practical measure was concluded that it varies mainly against the volume of nitrogen used.

Key words: ice cream, liquid nitrogen, *overrun*, hardness, temperature, gum.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la categoría de postres lácteos congelados, el helado es el producto más consumido. Su significado varía globalmente, debido a las diferentes regulaciones y composiciones tradicionales, por lo tanto, se puede encontrar con muchas variaciones en su fórmula, así tenemos el Helado regular (generalmente definido por niveles mínimos de grasa, que pueden ser productos lácteos o no lácteos, y también niveles mínimos de sólidos alimentarios o proteína de la leche o sólidos de leche, solos o en combinación). También, productos de mayor calidad y alto contenido graso, aunque estos generalmente también cumplen con los requisitos normales. Asimismo, versiones bajas en grasa o sin grasa o versiones con azúcares o sin azúcar, que pueden o puede no cumplir con las definiciones habituales de helado.

Todas estas categorías están disponibles en múltiples sabores y formas. La categoría se puede dividir aún más según productos congelados, aquellos que contienen un segundo paso de endurecimiento después del paso de congelación, y los que se consumen directa e inmediatamente después de la congelación dinámica sin paso de endurecimiento. Dichos postres también incluyen productos que no contienen ingredientes derivados de la leche, por ejemplo, sorbetes, helados de agua o productos a base de proteínas vegetales como helados de soya o tofu.

Por otro lado, es importante señalar que la elaboración de helados, tanto a nivel nacional como internacional, ha adquirido una importancia económica y social de singular importancia. El mercado total de helados en el Perú se estima en más de S/. 650 millones. El consumo per cápita es bajo comparado con los demás países en la región latinoamericana, lo cual evidencia una gran oportunidad para el desarrollo del negocio de helados. En términos de valorización, Euromonitor señaló que mientras el mercado de helados en el Perú movía US\$ 39.7 millones en el 2007, logró incrementarse a US\$ 83.7 millones al cierre del 2012. Ello demostró un alza de 110.8%. El estudio de Euromonitor también reflejó que el gasto per cápita de helados en el Perú se encuentra en US\$ 2.8, mientras que en la región Latinoamericana está en US\$ 4.

Actualmente, el mercado tiende a la personalización de los productos y servicios, por lo que un tipo de helado que se hace cada vez más popular es el helado artesanal, que se vende principalmente en heladerías y cafés. En este punto, se debe resaltar que cada heladería y cada persona tiene sus propios métodos y fórmulas de elaboración, el cual le brinda el sabor y textura característica a cada uno de sus helados, pero, un método que aún no se encuentra estandarizado, es el proceso de congelado. Con la

aparición de la gastronomía molecular, uno de los métodos que últimamente se ha dado a conocer, de congelación de alimentos, es con nitrógeno líquido, el cual no se encuentra muy difundido en el mercado peruano. Este método de congelación es beneficioso a comparación del tradicional, puesto afecta positivamente en la textura final del helado.

Para poder lograr la calidad deseada en los helados, intervienen muchos factores dentro de su elaboración, pero aquellos que tienen influencia principalmente en el proceso de congelado del helado, son los tipos de goma y la cantidad de nitrógeno. Y es que estos, influyen principalmente en la temperatura final del helado, en la dureza y en su porcentaje de aireamiento.

Por lo que, el presente estudio tiene como objetivo central analizar el efecto del nitrógeno líquido y estabilizante en la elaboración del helado artesanal de fresa, de tal manera que se pueda precisar con exactitud la proporción y las condiciones que se necesita generar con la finalidad de obtener un producto de mejor calidad. En otras palabras, se busca determinar el proceso de elaboración de helados artesanales utilizando nitrógeno líquido en la etapa de congelado, evaluando empíricamente nuestras variables de entrada, que son netamente aspectos de productos y procesos, y nuestras variables de salida, enfocada a la textura y a los parámetros tecnológicos (temperatura, overrun y dureza).

Finalmente, el presente estudio contiene los siguientes puntos: planteamiento del problema, marco referencial, objetivos de investigación, justificación, hipótesis, marco metodológico, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones; los cuales son desarrollados conforme va progresando la investigación.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Identificación del problema

En el proceso de elaboración de helados, la etapa de congelación es la más importante, debido a que influye en la calidad del producto junto a diversos parámetros como el nitrógeno líquido y tipo de goma, las cuales serán materia de investigación en este trabajo. Este proceso valida su éxito, en razón al porcentaje de aireamiento (overrun), la textura (dureza) y temperatura final del producto terminado.

Para tener una mejor comprensión del proceso, es conveniente precisar como intervienen en el proceso cada uno de los elementos que vamos a manipular en nuestro estudio:

Cantidad de nitrógeno líquido, puede ser utilizado en la industria alimentaria en pequeñas cantidades, teniendo la precaución de no ingerir dicho insumo en su estado líquido. De manera que, primero se debe determinar la cantidad ideal para incluirlo en nuestra mezcla y evitar que este componente afecte de manera negativa a los parámetros del helado.

El impacto de dicho componente sobre el proceso de congelación se observa en la cremosidad del producto, debido que, al congelar más rápido la mezcla, no se genera cristales gruesos en el cuerpo del producto terminado.

Para los helados, los estabilizantes se añaden a la mezcla para incrementar la viscosidad de esta, prevenir la separación de los glóbulos de grasa, minimizar el desarrollo de cristales de hielo mientras son almacenados, especialmente cuando hay riesgo de fluctuaciones de temperatura, y para reducir la pérdida de aire en el producto empacado.

Según el artículo "Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre los parámetros de calidad en mezclas para helado duro" (David, Valencia, & Molina, 2012) evalúa el resultado que se efectuara al añadir goma guar, goma karaya y goma de algarrobo como agentes estabilizantes referente a ciertas características de calidad de helado. Al respecto, el autor manifiesta:

"Las gomas producen una contextura de gel resistente alrededor de los cristales de hielo, protegiendo en la recristalización y ofreciendo un grado alto de firmeza en la formación de cristales de gran tamaño". (pág. 167)

Por lo tanto, se deberá tener en cuenta el estabilizante en la mezcla de helado; para el experimento en el presente estudio, se estará añadiendo la goma guar y goma xantan.

En mayor precisión, el congelamiento, en un proceso inicial se denomina congelación dinámica, donde la mezcla de helado se agita simultáneamente con la incorporación de aire. Este es el paso más importante de un proceso de fabricación de helados, ya que la formación de cristales de hielo tiene lugar solo en esta etapa. Durante este proceso, tiene lugar la dispersión de burbujas de aire y la reorganización de los glóbulos de grasa las cuales afectan los parámetros de porcentaje de aireamiento (overrun), la textura (dureza) y temperatura final.

El aireamiento u overrun, nos indica la cantidad de aire que se incorporó en el proceso de congelamiento. Se mide a razón del volumen inicial de la mezcla y volumen del helado.

La textura, será medida bajo la dureza. Esta se utilizará como medida práctica y objetiva del crecimiento de cristales de hielo. Por lo que se puede decir que el incremento del tamaño de los cristales de hielo durante el almacenamiento está acompañado de altos valores de dureza.

La temperatura final, frente al nitrógeno líquido y tipo de goma se tendrá que observar el comportamiento, para establecer un valor apropiado en el proceso de congelado.

Como podemos ver, obtener una versión mejorada del helado artesanal implica el uso exacto de los elementos que van a intervenir y a partir de allí, contar con un producto que pueda ser atractivo al paladar de los clientes de tal manera que se logre contrastar lo que señala la teoría con relación al proceso de elaboración.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general.

¿Cuál es el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en parámetros del proceso de congelado de helado artesanal de fresa?

Problemas específicos.

¿Cuál es el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en la temperatura final del proceso de congelado de helado artesanal de fresa?

¿Cuál es el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en el % de overrun del proceso de congelado de helado artesanal de fresa?

¿Cuál es el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en la dureza (textura) del proceso de congelado de helado artesanal de fresa?

MARCO REFERENCIAL**Antecedentes****Antecedente Internacional.**

Curt, J (2005) en su investigación “Método y aparato para fabricar helado criogénicamente”, realiza una comparación entre la fabricación convencional de helados y la elaboración de helados criogénicamente. Inicialmente, manifiesta que la fabricación de helados a menudo requiere mucho tiempo en el barril giratorio, y el endurecimiento de los congeladores. Estos dispositivos pueden requerir equipos costosos y complicados para operar, como compresores, evaporadores, motores, condensadores y otros equipos. Dichos mecanismos rotatorios tienden a congelar el helado lentamente, del exterior al interior, de modo que se forman grandes cristales de hielo en la mezcla durante el proceso congelante. Al ser demasiados grandes, el sabor y la sensación al paladar del helado puede ser acuoso. En consecuencia, se desea un método y aparato para congelar el helado desde adentro hacia afuera. Usando el sistema criogénico mejorara en calidad del helado. Además, la eliminación de la cámara de endurecimiento también generará ahorros significativos en tiempo, manejo de paquetes, equipo, electricidad y otras cantidades mensurables. Dicho sistema emplea el elemento de nitrógeno líquido (LN₂) como agente refrigerante, dicho elemento se puede añadir directamente al helado en el recipiente a través de las boquillas, extrayendo así el calor del hielo originando una mezcla cremosa. Esto tiene como resultado el efecto de crear el hielo más pequeño, uniformemente disperso en cristales dentro del helado. Esta investigación ayudó en la comprensión del proceso de congelación del helado con nitrógeno, con la finalidad de dar el apoyo al levantamiento de datos.

Posada, L en su investigación “Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre los parámetros de calidad en mezclas para helado duro”, tiene como fin evaluar el efecto que tiene la adición de diferentes tipos de gomas como estabilizantes en el proceso de elaboración de helados bajo un análisis fisicoquímico en cada muestra, dichos resultados se analizaron según el método de diseño de mezclas. Dicho diseño determinó la mezcla óptima según el tipo de goma empleado.

El método empleado en la investigación descrita sirve de base para el desarrollo de nuestro informe.

Chacón, A (2016), en su investigación frente a las “Características fisicoquímicas y sensoriales de helados de leche caprina y bovina con grasa vegetal”. Sustento en Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José, Costa Rica. El objetivo fue determinar las características sensoriales y fisicoquímicas del helado con grasa vegetal sobre la relación de la proporción de leche caprina y bovina. Trabajo con una muestra de seis helados de cada sabor (fresa, vainilla y con topping) y tipo de leche preenvasadas en envases plásticos cilíndricos de superficie lisa (103,5 ml <> 3,5 onzas), utilizando los indicadores (índice de aireación, tasa de derretimiento y textura) para su análisis fisicoquímico. De esa manera, se concluyó que, para la preparación de helados, el tipo de leche a utilizar no es un elemento determinante, según las caracterizaciones fisicoquímicas. El diseño experimental que se presentó en dicha investigación será utilizado como referencia en el presente trabajo.

Huynh H., Nguyen N & Yiu K. (2014) en su informe “Efecto del tamaño del cristal de hielo sobre las propiedades texturales del helado y paletas” de Worcester Polytechnic Institute realiza el estudio sobre el efecto adverso del endurecimiento de los cristales de hielo sobre la textura y la vida útil de los helados y paletas, con el propósito de evaluar su comportamiento y el impacto de los estabilizantes sobre dichos productos. La tesis contempla una investigación cuantitativa experimental donde analiza tamaño del cristal de hielo utilizando las técnicas como el microscopio de fluorescencia, calorimetría diferencial de barrido, viscosímetro y medidas de dureza para estudiar la cinética del endurecimiento. Los autores mencionan que, para producir la textura de suavidad en los helados, es importante

controlar la cantidad y el tamaño de los cristales de hielo en dicho producto durante la congelación inicial, así como el proceso de almacenamiento y distribución.

Los resultados indicaron que el tamaño del cristal de hielo puede variar significativamente durante el manejo y como resultado conduce a variaciones en la dureza. La adición de estabilizadores fue encontrada para reducir generalmente la tarifa de endurecimiento.

Este trabajo es pertinente con la investigación aquí planteada, ya que aborda las propiedades del helado y el efecto que se debe tener en cuenta en el proceso de cristalización. Se tendrá como base dicho análisis para obtener las variaciones de la textura utilizando nitrógeno líquido.

Locker, W (1972), en su tesis "Estudio de la migración de células de aire y el efecto de la temperatura de batido en la estabilidad del overrun, cuerpo y almacenamiento de un batido congelado a base de lácteos" de la Universidad del Estado de Utah en la ciudad de Logan, Estados Unidos. Su propósito principal de esta investigación fue estudiar el efecto de la temperatura de batido sobre el exceso y la estabilidad de almacenamiento de un batido congelado a base de lácteos, y estudiar el crecimiento de las células de aire en el producto en diversas condiciones de almacenamiento congelado y refrigerado. De esa manera, se espera que este estudio influya en el desarrollo de un batido satisfactorio basado en productos lácteos, que pueda comercializarse eventualmente.

La temperatura durante el proceso de la formación de la espuma es crítica; puede afectar su velocidad y la cantidad de espuma que se requiere. La espuma debe moldearse a la temperatura más baja a la que el sistema es suficientemente líquido. La tensión superficial de la mayoría de los líquidos disminuye al aumentar la temperatura, lo que afecta su capacidad para retener burbujas de aire. Al batir la crema a varias temperaturas entre 4.4 y 10°C, en el informe se demostró que había una relación marcada entre la temperatura del látigo y el exceso; cuanto más baja es la temperatura más alto es el exceso. No detectó ninguna relación entre la temperatura de batido y la finura de la espuma. Demostró que una reducción excesiva en general era indicativa de una mayor finitud del producto. El autor declaró que en la posibilidad de obtener un látigo exitoso en crema disminuye rápidamente la temperatura de batido va más allá de 10°C.

El marco teórico sobre la temperatura será relevante para el desarrollo de la presente investigación.

Antecedente Nacional

Alzamora, N. (2018) en su tesis “La cristalización como defecto en los helados de crema” sustentada en la Universidad Nacional Agraria La Molina en la ciudad de Lima. La finalidad de la investigación es describir los factores que favorece en la cristalización de los helados de crema, detallar el proceso de fabricación de helado y conocer el impacto de los defectos de cristalización frente al consumidor. Esta investigación busca comprender el proceso de cristalización, debido que, dicho proceso depende el principal defecto de los helados (cristales de hielo). Asimismo, menciona que este proceso depende del método de congelación, este puede dividirse en método lento de congelación y método rápido de congelación. El autor concluyo bajo dichos conceptos que cuanto más rápido sea el proceso descrito, más una temperatura baja en el producto al final del tratamiento, las dimensiones de los cristales de hielo que irán formándose serán menores. Por lo tanto, la calidad del helado será mejor y tendrá una mayor aceptación del consumidos. Esta postura coincide con las ideas que se quiere demostrar experimentalmente al utilizar nitrógeno líquido como elemento en el proceso de congelación de la mezcla de helado y la como como estabilizante.

Cárdenas Escobar, L. M. (2012) en su tesis “Efecto de las temperaturas y tipos de congelación en las propiedades sensoriales y físico – químicas en la conservación de pulpa de lúcuma (*pouteria obovata*)” realizado en la Universidad Nacional del Centro del Perú comparo dos tipos de congelación (por inmersión en nitrógeno líquido a -196 grados centígrados y congelado a -42.5° grados centígrados) utilizando una lúcuma que fisiológicamente se encuentra en su estado de madurez. El efecto fue que ambas unidades experimentales congeladas cumplen satisfactoriamente los criterios “Microbiológicos de calidad Sanitaria e Inocuidad de Alimentos y Bebidas de consumo Humano”. Asimismo, se evidencio que el proceso de congelación con nitrógeno líquido es menos costoso para productos de gran valor y pequeñas dimensiones debido a que la congelación es inmediata. Nosotros utilizaremos este principio para la elaboración de helados comparado con el proceso artesanal de dicho producto.

Callirgos Romero, D. A. (2015) realizo una investigación referente al “Efecto del método de congelación: rápida (nitrógeno líquido) y lenta (convencional), en el contenido de vitamina c en piel (epicarpio) y casco (mesocarpio) liofilizado de (*pisidium guajava* l.) guayaba variedad roja”. Sustento en la Universidad Nacional de Trujillo para optar por el Grado Académico de

Ingeniero Agroindustrial. El objetivo de la investigación fue evaluar las características resultantes acorde al método de congelación, rápido (con inmersión en nitrógeno líquido) o el lento (tradicional), en el contenido de Vitamina C en la piel y casco liofilizado de Guayaba variedad roja. Como resultado, ambos procesos generaron pérdida de vitamina C, teniendo una pérdida de Vitamina C de $69.94 \pm 0.43\%$ para el nitrógeno líquido, mientras que el proceso convencional tuvo una pérdida de $73.98\% \pm 0.30\%$, existiendo diferencias en los tratamientos. Se observó también que las muestras de Guayaba que fueron congeladas con nitrógeno líquido tuvieron la mejor capacidad de rehidratación, con agua destilada. Este estudio es pertinente porque muestra las ventajas que se tiene al utilizar el nitrógeno líquido como elemento congelante y los beneficios que pueda tener en la mezcla de helado que se elabore en nuestra investigación.

Michue Mango, J. E., Encina Zelada, C. R., & Ludeña Urquiza, F. E. (2015) "Optimización del overrun (aireado), de la dureza, la viscosidad y los costos de un helado mediante el diseño de mezclas". El trabajo de investigación experimental sustentada en la Universidad Nacional Agraria La Molina, tiene como objetivo optimizar cuatro factores: el overrun (aireado), la dureza, la viscosidad y los costos de un helado de crema. Los datos se procesaron en el software Design-Expert, y los resultados fueron obtenidos bajo modelos matemáticos para determinar los valores óptimos de cada mezcla. De esta investigación se toma como referencia los métodos de análisis utilizados. Sin embargo, se tendrá en cuenta que nuestra variante principal será el nitrógeno líquido.

Estado Del Arte

Corvitto, A (2004) manifiesta que la técnica para el proceso de elaboración de helados es el equilibrio de la mezcla. El sabor, textura y la temperatura de servicio son los principales requisitos para determinar un helado de calidad. El autor menciona que un helado equilibrado y elaborado para su exposición y servicio en una vitrina de heladería, se extrae el helado para servir a una temperatura en torno a $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por otro lado, el aire es uno de los elementos fundamentales en el helado, este le proporciona la textura característica. En efecto, el porcentaje de aire en el helado incide directamente en su calidad. En su libro determina que el porcentaje óptimo de overrun se sitúa entre 30 y 40. En la práctica se tendrá como porcentaje óptimo 35 como máxima

calidad. Asimismo, se enfatiza que para elaborar este producto son necesarios la lección correcta de ingredientes, la técnica de formulación y el proceso de elaboración.

El libro *The science of ice cream* describen la química y física relacionada a la fabricación, ingredientes y la producción industrial de helados, detallan la amplia gama de diferentes técnicas físicas y sensoriales utilizadas para medir y evaluar dicho producto. Describen su microestructura, cómo se relaciona con las propiedades físicas con la textura que experimenta cuando se consume. Adicionalmente, proporciona algunas sugerencias para experimentos relacionados con los helados y formas de hacer helados en casa o en un laboratorio.

Ingredientes: dentro de este punto sobresale el concepto de estabilizantes. Estos son un grupo de biopolímeros solubles en agua o dispersables en agua utilizados en pequeñas cantidades (típicamente 0.2%) en helados, sorbetes, helados y otros alimentos. Tienen diversas funciones, pueden:

Producir suavidad en la textura durante la comida.

Reducir la velocidad de fusión (es decir, la velocidad a la que el helado pierde masa al fundirse).

Encubrir la detección de cristales de hielo en la boca durante la comida.

Facilitar la incorporación controlada de aire en el congelador de fábrica.
pierde masa al fundirse).

Ayudar a producir una espuma estable.

Componentes: El helado está conformado por 4 componentes; hielo, matriz, grasa y aire.

Hielo: La distribución del tamaño de los cristales de hielo y el contenido de hielo afectan las propiedades del helado.

Matriz: La matriz es una solución de azúcares, estabilizantes y proteínas de la leche. La concentración de estos solutos es significativamente mayor que en la mezcla porque aproximadamente el 75% del agua en la mezcla está congelada, es decir, la matriz se concentra por congelación de los azúcares.

Grasa: El papel más importante de la grasa en el helado es estabilizar las burbujas de aire.

Aire: El papel principal del aire es hacer un helado suave, debido que las burbujas de aire ayudan a mantener los cristales de hielo separados y, por lo tanto, reducir la acumulación. Sin embargo, es posible utilizar otros gases inocuos para los alimentos en la fabricación de helados. El nitrógeno líquido se puede usar para congelar

y airear una mezcla simultáneamente. El nitrógeno hierve vigorosamente, formando burbujas de gas nitrógeno en el helado, generando una congelación rápida.

Elaboración: Los detalles del proceso varían de una fábrica a otra, según el tipo de equipo y la escala de fabricación, pero las etapas básicas son: preparación de la mezcla (que consiste en la dosificación y mezcla de los ingredientes, homogeneización y pasteurización), envejecimiento, congelación y endurecimiento. Este proceso se observa en la figura 1.

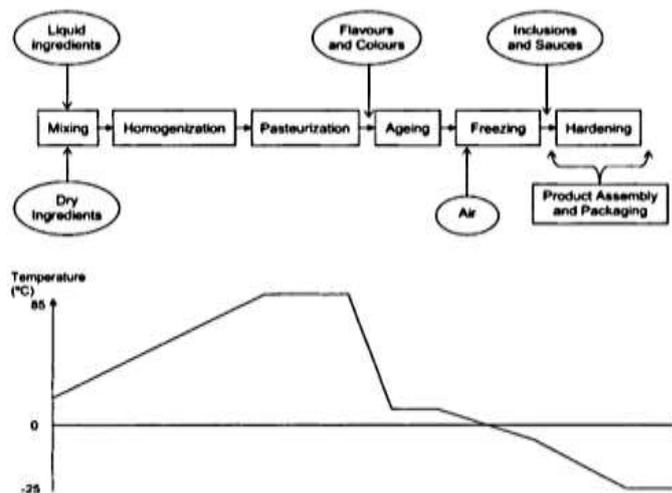
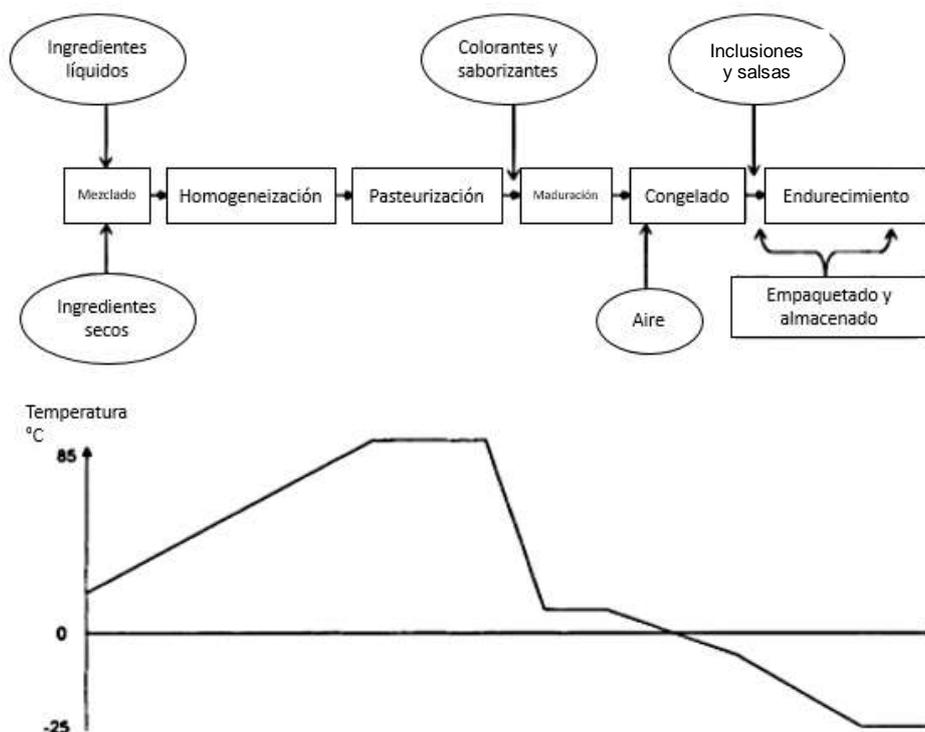


Figura 1. Diagrama esquemático del proceso de fabricación de helado. Clarke, 2012.



Nota: Diagrama esquemático del proceso de fabricación de helado. Clarke, 2012, traducido al español.

En el cual se observa que uno de los procesos más críticos es la congelación, debido a que dicha etapa la mezcla de helado sufre un cambio de temperatura drástico y debe ser controlado, para que la textura no pierda la cremosidad que es característica del helado. De acuerdo con la ley de enfriamiento de Newton, cuanto más frío esté el refrigerante, más rápido se eliminará el calor de la mezcla y, por lo tanto, más rápida será la velocidad a la que se puede hacer el helado.

Douglas H. (2013) en su libro *"Ice Cream"* describe que hay diversos tipos de proceso de congelación en la elaboración de helados. Describe el congelado criogénicamente, este se utiliza el nitrógeno líquido (LN 2), con una temperatura de ebullición de -196°C a presión atmosférica, proporcionando una congelación rápida de la mezcla de helado. LN 2 puede ser usado para un rápido endurecimiento de helado en operaciones a pequeña escala. Sin embargo, el uso más común de LN 2 ha sido para la congelación de pequeñas gotas o gránulos de mezcla de helado para crear un nuevo medio de servicio. Permitir que la mezcla de helado caiga en LN 2 hace que la gota se solidifique casi de inmediato, es decir, se forman cristales finamente dispersos debido a la rápida velocidad de enfriamiento, aunque debido a las temperaturas excesivamente bajas, se inhibe la cristalización total del hielo.

Por esta razón, tales productos deben mantenerse a temperaturas muy bajas o, de lo contrario, son propensos a la fusión y la aglomeración cuando un producto congelado criogénicamente se calienta hasta el almacenamiento normal en el congelador temperaturas de -20 a -10°C , la cristalización del hielo continúa ocurriendo, causando potencialmente efectos perjudiciales sobre la calidad del producto. Por ejemplo, si el producto congelado criogénicamente se coloca en un congelador doméstico normal (-20°C o más), se produce una cristalización de hielo suficiente y una generación de calor latente para derretir realmente la superficie de los cristales y hacer que se pegue. Así, los cristales se agruparán en lugar de seguir fluyendo libremente. Por lo tanto, estos productos son altamente sensibles a las condiciones de almacenamiento (por ejemplo, fluctuaciones de temperatura) y tienen una vida útil muy corta en condiciones normales de distribución de cadenas congeladas.

Debido al método de congelación, los productos congelados criogénicamente generalmente tienen una incorporación de aire muy baja, lo que hace que cada gota sea bastante densa. Sin embargo, dado que se comen en forma de pequeñas porciones, la incorporación de aire durante la congelación no es necesaria para producir un producto aceptable.

Marco Teórico

Helado.

Es un producto estrechamente complejo que constituye de un régimen alimenticio cuadrifásico (emulsión, gel, suspensión y espuma). Es una efervescencia parcialmente congelada que contiene entre un 50 y un 60% de aire en volumen. Las burbujas de aire son mantenidas en suspensión por material graso emulsionado y por tejidos de cristales de hielo, estando todo esparcido en una fase acuosa o fase continua, que contiene azúcares, proteínas e hidrocoloides.

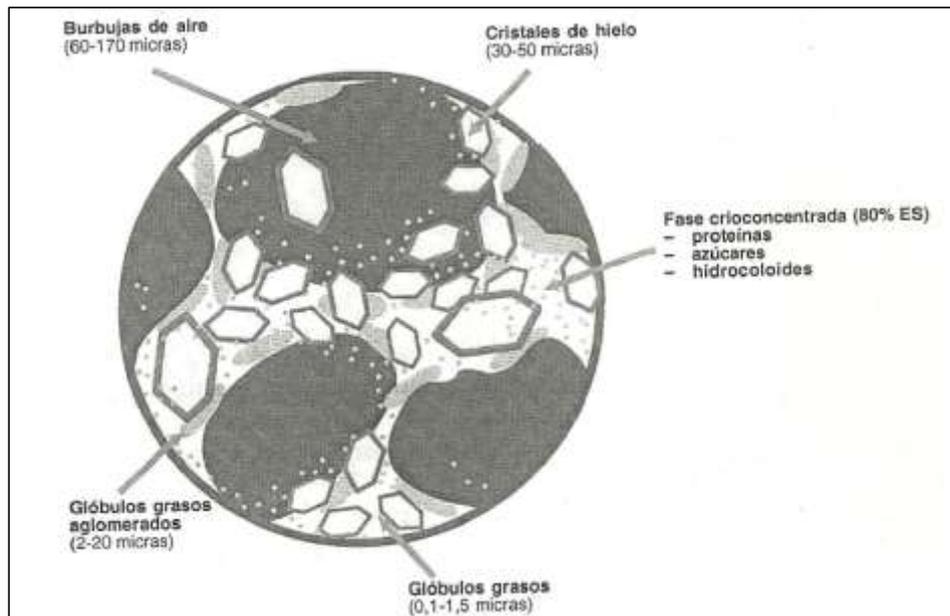


Figura 2. Estructura de un helado. Mahaut, Jeantet, Schuck, & Brulé, 2004.

En la figura 2 se muestra que el helado es un sistema complejo de espuma, que contiene un gas (aire) disperso como células pequeñas en una parte fase continúa congelada. En la grasa de fase continua se dispersa como una fase interna en una emulsión, donde los sólidos de leche y estabilizadores están en una solución coloidal y el azúcar y las sales forman una verdadera solución.

Proceso de elaboración de helado

El proceso convencional del helado se divide en diferentes etapas. Según el autor Ramírez, C describe las etapas de la siguiente manera:

Preparación de la mezcla: Se agrega primero los materiales líquidos al recipiente de mezcla y agitamos bien para disolver la leche con el azúcar. El proceso de agitación debe ser continua para asegurarnos que todos los sólidos sean disueltos antes de alcanzar la temperatura de pasteurización .

Pasteurización: Se efectúa elevando la temperatura de la mezcla a 80°C por 5 minutos y posteriormente enfriándolo a 4°C en el menor tiempo posible.

Homogenización: Los mejores resultados se obtienen efectuando la homogenización en la fase de calentamiento de la mezcla durante la pasteurización, a una temperatura superior a 65°C .

Enfriado y maduración: Después de enfriar la mezcla va directamente los tanques de maduración la temperatura debe ser de más de 4°C aproximadamente y mantenerse uniforme en toda la masa .

Congelado, batido y envasado: Se debe congelar lo más rápidamente posible, para asegurarse que la producción del helado tenga una textura suave y con pequeños cristales de hielo. Durante el batido se incorpora aire en la mezcla, aumentando así el volumen de helado congelado.

Endurecimiento y almacenamiento: Cuando el helado sale del congelador, se halla en forma semi plástica, con más o menos la mitad de agua congelada. El resto del agua se congela en el cuarto de endurecimiento y el helado toma su característica forma consistente.

Por otro lado, se tiene el proceso a desarrollar en la investigación enfocado en la etapa congelado con nitrógeno líquido.

El proceso inicia con la mezcla de la pulpa de fresa, el azúcar, la leche en un mismo recipiente. A esta mezcla, se le agregará el estabilizante, poco a poco a fin de evitar que se formen grumos. Una vez obtenida una mezcla uniforme por cada estabilizante y con todos los ingredientes completamente mezclados, se procederá a separar la mezcla de cada estabilizante en 9 muestras de igual volumen, obteniendo así 9 muestras con goma Xantan y 9 muestras con goma Guar.

A las muestras, se le aplicará nitrógeno líquido, para esto, se hará uso de una batidora con una velocidad estándar para todas las muestras, y se ira vertiendo el nitrógeno en la mezcla poco a poco como se observa en la figura 3.

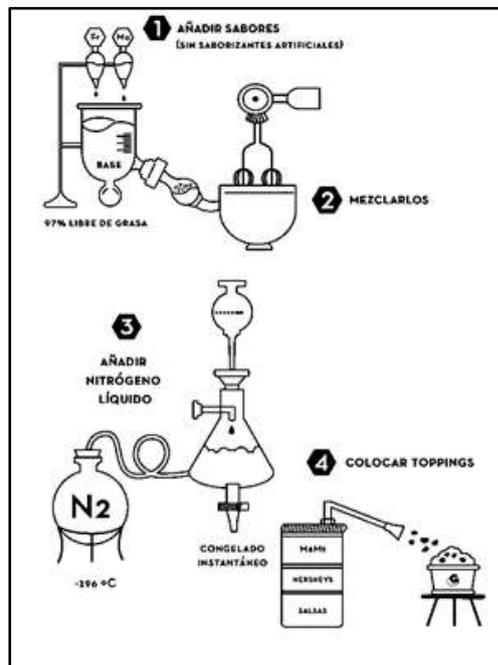


Figura 3. Proceso de elaboración de helados congelados con nitrógeno líquido. NITROGEN COLOMBIA.

Como resultado al añadir nitrógeno líquido, la mezcla reducirá su temperatura, la cual ira variando, dependiendo de la cantidad de nitrógeno utilizada y de la composición de la mezcla.

El concepto clave en dicho proceso es:

Congelado criogénico.

El principio de congelación se basa en utilizar el nitrógeno líquido como fluido frigorífero que se inyecta directamente en el interior de un túnel, a través de un conjunto de pulverizadores, con caudal proporcional a las cantidades de productos que lo atraviesan. El líquido se pulveriza directamente sobre los productos, vaporizándose al contacto con ellos. De esa forma se produce un intercambio térmico entre el gas que se calienta y el producto que se enfría. El producto se congela entonces y, seguidamente equilibra las temperaturas.

La gran diferencia de temperatura entre productos y agente frigorífero permite lograr grandes velocidades de congelación y con ello un producto congelado que retiene inalteradas sus propiedades, siendo, por tanto, de la más alta calidad .
(González Pérez, 2013)

Ventajas.

Gran velocidad del producto final; esta velocidad de congelación consigue que el producto mantenga una estructura celular muy próxima al estado fresco, conservando sus propiedades organolépticas.

Reducida inversión inicial; comparando con los equipos frigoríficos, de igual manera las dimensiones pequeñas y el bajo consumo de energía eléctrica.

Seguridad de su funcionamiento; el nitrógeno líquido no es tóxico por lo que no ejerce ninguna acción nociva sobre el personal. Sin embargo, se debe tener cuidado con la manipulación de este y contar con los implementos respectivos para su uso.

El nitrógeno líquido es un líquido criogénico. Este elemento tiene como punto de ebullición -196°C . La diferencia de temperatura entre el producto y el entorno que lo rodea, incluso en invierno, es sustancial. Mantener este calor circundante del producto requiere equipo especial para almacenar y manejar líquidos criogénicos.

Asimismo, se deberá describir los siguientes parámetros en el desarrollo del experimento.

Overrun.

El exceso de helado se refiere a la cantidad de aire que se incorpora al helado durante el proceso de enfriamiento. Es decir, un mayor nivel de aireamiento dará lugar a que se produzca más helado al final del enfriamiento. Por lo que comercialmente se puede vender un bloque de helado; sin embargo, lo que se vende es aire. Este es una excelente manera de reducir costos.

Un helado con un 100% de excedente: significa que el aire ha duplicado la cantidad de helado desde que el helado se agregó por primera vez a la máquina.

Un helado con 50% de exceso: significa que el aire ha aumentado la cantidad de helado 1.5 veces desde que el helado se agregó por primera vez a la máquina.

Tabla 1
Cuadro resumen de los efectos según el porcentaje de Overrun

Causa	Efecto
% Alto Overrun	El helado tiende a ser más liviano, más caliente y se derrite más lentamente
% Bajo Overrun	El helado tiene una textura densa y fría que se derrite más rápidamente.

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, la producción de helado con un alto nivel de Overrun significa, en igualdad de condiciones, que las paredes de las celdas alrededor de las celdas de aire son más delgadas y débiles. Sin embargo, al elegir los emulsionantes y estabilizantes adecuados, es posible fabricar un helado con alto aireamiento que se percibirá como un helado de alta calidad.

Determinación del índice de aireación.

Se define con el termino overrun a la cantidad de aire (en volumen) relativa a la cantidad de mezcla líquida expresada en porcentaje, con fórmula descrita por (Akalin Erişir, 2008).

Fórmula 1. Porcentaje de Aireamiento

$$\% \text{ de Aireamiento} = \frac{\text{Vol. Final de helado} - \text{Vol. de mezcla}}{\text{Vol. de mezcla}}$$

El indicador mencionado es importante debido a que permite definir la calidad del helado. Asimismo, se debe tener en cuenta que un gran porcentaje de aireamiento

dará un helado de baja calidad, ya que no tendrá cuerpo y se derretirá en la boca dejando una leve sensación.

Estabilizantes (goma).

Los estabilizantes forman un grupo de compuestos, habitualmente de gomas alimenticias de polisacáridos, que generan viscosidad a la mezcla y la fase no congelada del helado. Esto da como resultado muchos beneficios funcionales según tabla 2, y también extiende la vida útil al limitar la recrystalización de hielo durante el almacenamiento. Sin los estabilizantes, el helado se volvería áspero y se convertiría rápidamente en hielo debido a la migración de agua libre y al crecimiento de cristales de hielo existentes.

Tabla 2

Cuadro resumen de los beneficios de los estabilizantes en helados

Aspectos	Beneficios
Mezcla	Estabilizar la emulsión para evitar la formación de grasa y ayuda a la suspensión de sabores líquidos
Proceso de congelado	Estabilizar las burbujas de aire y para mantener los aromatizantes.
Almacenamiento	Para evitar el crecimiento de cristales de lactosa y retardar o reducir el crecimiento de cristales de hielo durante el almacenamiento y evitar la migración de humedad en el paquete (en el caso del cartón) y la sublimación de la superficie.
Consumo	Proporcionar un poco de cuerpo, una sensación cremosa al paladar y promover una buena liberación de sabor, es decir regular las propiedades sensoriales.

Nota. Tomado de: "The Ice Cream e-book. Obtenido de Food Science Guelph, U.

El efecto de los estabilizadores en un helado con alto overrun, se debe a la combinación con los emulsionantes. Asimismo, los estabilizadores se hidratan y dispersan en agua, reduciendo la cantidad de agua libre en la mezcla de helado. Este componente se une el agua por medio de enlaces de hidrógeno o atrapan el agua en una red tridimensional que reduce la movilidad del agua y da como resultado un aumento de la viscosidad.

Entre los más usados en el helado son:

- goma guar (E412)
- goma de algarrobo (E410)
- goma de celulosa (E466)
- alginato (E401)
- carragenano (E407).

Dureza (g).

La dureza es la cuantificación de la resistencia de la superficie de un material a sufrir alteraciones como penetración, abrasión o rayado debido a esfuerzos generados por otro material, el cual idealmente no sufre deformaciones. Esta propiedad se mide con el texturómetro y su unidad de medida se considera que un 1 kg de fuerza es igual a 9.8 N. Ortega, Manuel R. (1989-2006) define “un newton o neutón es una unidad de fuerza, avalada por el Sistema Internacional de Unidades”.

Examen de dureza.

Según el libro *The science of ice cream*, la dureza es una medida de la capacidad de un material para resistir la deformación plástica. La prueba de dureza consiste en introducir un indentador en el material. La fuerza se registra en función de la profundidad de penetración. La medida típica es insertar una sonda cilíndrica de unos pocos milímetros de diámetro en un bloque de helado a -10 °C.

Equilibrio térmico.

En la termodinámica, las características y propiedades de un sistema deberán ser constantes si es que no interactúa con factores externos, o si es que la interacción con aquellos factores no sufre cambio alguno. Este estado, es conocido como equilibrio, y el estado del sistema no cambiara, a no ser que factores externos lo obliguen a hacerlo. Existen tipos de equilibrio, y aquel que afectara principalmente al presente trabajo de investigación es el equilibrio térmico.

El equilibrio térmico es aquel estado en donde dos cuerpos con una temperatura inicial distinta entre ellos se igualan. Esta igualdad de temperaturas suspende el flujo de calor, y la mezcla en este caso, llega a su equilibrio térmico.

La cantidad de calor que gana o pierde un cuerpo es determinada mediante la siguiente formula:

Fórmula 2. Cantidad de calor

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t$$

Donde:

Q es la cantidad de calor que gana o se pierde, que es expresada en calorías.

m es la masa del cuerpo, es expresada en gramos.

C_e es el calor específico del cuerpo. Su valor está determinado de acuerdo con la sustancia, el cual es expresado en $\frac{cal}{gr\ ^\circ C}$

Δt es la variación de temperaturas. Esta varía dependiendo de si el cuerpo gana o pierde temperatura, donde se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Gana energía: } \Delta t = t_f - t_0$$

$$\text{Pierde energía: } \Delta t = t_0 - t_f$$

Se deberá tomar en consideración también que existe un calor latente de fusión y de evaporación, que ocurre cuando las materias cambian de fase. Este calor latente, deberá ser calculado mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 3. Calor latente

$$Q = m \cdot \lambda$$

Donde:

λ es el calor latente, expresado en $\frac{cal}{gr\ ^\circ C}$

Diseño Factorial.

Experimento que está conformado por dos o más factores (cuantitativos o cualitativos), con el fin de estudiar el efecto de estos sobre una misma respuesta, donde cada factor deberá contar con distintos valores o factores. La cantidad de unidades experimentales deberá cubrir todas las posibles combinaciones de los niveles en todos los factores.

Los factores pueden ser de tipo cualitativo o de tipo cuantitativo. Para poder estudiar la manera en cómo influye cada factor sobre la variable respuesta, es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos. Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente en el proceso todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles seleccionados

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto del nitrógeno líquido y tipo estabilizantes en los parámetros del proceso de elaboración de helado artesanal de fresa.

Objetivo Especifico

Determinar el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en la temperatura final del helado artesanal de fresa

Determinar el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en el porcentaje de overrun del helado artesanal de fresa

Determinar el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en la dureza (textura) del helado artesanal de fresa.

JUSTIFICACIÓN

Teórica

El presente estudio se realiza con el propósito de ser una fuente de consulta para posteriores estudios ya que el proceso de elaboración de helados es variado para el control de los parámetros de la etapa de congelado. En base a los datos obtenidos se pueden realizar cambios en la industria como utilidad práctica y también tiene utilidad teórica ya que el nitrógeno líquido genera congelación rápida, beneficiando la textura y overrun del producto final. Asimismo, al utilizar la goma guar y xantán, el helado tiene una mayor consistencia con relación a la cremosidad, y esto se debe a que disminuye el crecimiento de cristales de hielo existentes en el proceso de congelado.

Práctica

Esta investigación se realiza para demostrar el efecto del nitrógeno líquido y del tipo de goma sobre los parámetros que se presenta en la elaboración del helado artesanal de fresa.

Optar por un proceso que solucione uno de los principales problemas que existe dentro de la elaboración de helados mediante el método artesanal, el cual se presenta en la etapa de congelación y endurecimiento debido a que se forman cristales de agua (hielo) en función al tiempo que requiere la mezcla para que se congele y se endurezca.

La utilización de nitrógeno en su estado líquido, en la preparación de helado artesanal, se evitaría dichos gastos, debido a que el único material que debe encontrarse en almacenamiento es el nitrógeno, y este debe permanecer en termos criogénicos, que estarían presupuestados dentro de una inversión inicial, mas no en un costo fijo mensual.

Asimismo, es importante señalar que los productos de congelación rápida son de mejor calidad que los de congelación lenta por los siguientes motivos: los cristales de hielo formados en la congelación rápida son más pequeños por lo que el helado no presenta una textura terrosa. A su vez, como el periodo de congelación es más corto, hay menor tiempo para difusión de sales y separación del agua en forma de hielo.

Social

Actualmente no se tiene la relación de la cantidad de nitrógeno frente a la mezcla de helado por lo que se requiere determinar dicho valor mediante el principio del equilibrio térmico.

Por otro lado, la elaboración de helados mediante la inmersión en nitrógeno líquido es amigable con el medio ambiente, puesto que no se usan recursos eléctricos para la elaboración de este, y el residuo que obtenemos, es nitrógeno en estado gaseoso, el cual volverá a formar parte del aire, ya que este está compuesto en un 78% por nitrógeno.

HIPÓTESIS

Hipótesis general

H1: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes tiene un efecto significativo frente a los parámetros del proceso de elaboración de helado artesanal de fresa.

Ho: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes no tiene un efecto significativo frente a los parámetros del proceso de elaboración de helado artesanal de fresa.

Hipótesis específica

H1: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes tiene un efecto significativo en la temperatura final del helado artesanal de fresa.

Ho: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes no tiene un efecto significativo en la temperatura final del helado artesanal de fresa.

H1: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes tiene un efecto significativo en el porcentaje de overrun final del helado artesanal de fresa.

Ho: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes no tiene un efecto significativo en el porcentaje de overrun del helado artesanal de fresa.

H1: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes tiene un efecto significativo en la dureza(textura) del helado artesanal de fresa.

Ho: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes no tiene un efecto significativo en la dureza(textura) del helado artesanal de fresa.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	MÉTODO
<p><u>Problema general.</u> ¿Cuál es el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en los parámetros del proceso de congelado de helado artesanal de fresa?</p> <p><u>Problemas específicos.</u> ¿Cuál es el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en la temperatura final del proceso de congelado de helado artesanal de fresa? ¿Cuál es el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en el % de overrun del proceso de congelado de helado artesanal de fresa? ¿Cuál es el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en la dureza (textura) del proceso de congelado de helado artesanal de fresa?</p>	<p><u>Objetivo general</u> Determinar el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en los parámetros del proceso de elaboración de helado artesanal de fresa.</p> <p><u>Objetivo Especifico</u> Determinar el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en la temperatura final del helado artesanal de fresa Determinar el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en el porcentaje de overrun del helado artesanal de fresa Determinar el efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en la dureza (textura) del helado artesanal de fresa</p>	<p><u>Hipótesis general</u> H1: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes tiene un efecto significativo frente a los parámetros del proceso de elaboración de helado artesanal de fresa. Ho: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes no tiene un efecto significativo frente a los parámetros del proceso de elaboración de helado artesanal de fresa.</p> <p><u>Hipótesis específica</u> H1: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes tiene un efecto significativo en la temperatura final del helado artesanal de fresa. Ho: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes no tiene un efecto significativo en la temperatura final del helado artesanal de fresa.</p> <p>H1: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes tiene un efecto significativo en el porcentaje de overrun final del helado artesanal de fresa. Ho: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes no tiene un efecto significativo en el porcentaje de overrun del helado artesanal de fresa.</p> <p>H1: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes tiene un efecto significativo en la dureza(textura) del helado artesanal de fresa. Ho: El uso del nitrógeno líquido y estabilizantes no tiene un efecto significativo en la dureza(textura) del helado artesanal de fresa.</p>	<p><u>Variable independiente</u> Estabilizantes</p> <p>Cantidad de Nitrógeno (N2)</p> <p><u>Variable dependiente</u> Temperatura</p> <p>Overrun</p> <p>Dureza (textura)</p>	<p>Goma Guar Goma Xantán</p> <p>Volumen del nitrógeno líquido (ml)</p> <p>Temperatura final (°C)</p> <p>Volumen de la mezcla (ml)</p> <p>Volumen del helado (ml)</p> <p>Dureza (g)</p>	<p>Beaker Balanza</p> <p>Termómetro</p> <p>Texturómetro (TA. HDplusC)</p>	<p>Exponencial</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Aplicado en una población y muestra de 18 unidades experimentales.</p>

MARCO METODOLÓGICO

Metodología

Según De Canales, De Alvarado & Pineda (1988) el diseño metodológico es la estrategia utilizada para comprobar una hipótesis o un grupo de hipótesis. Es la determinación de las estrategias y procedimientos que se seguirán para dar respuesta al problema y comprobar las hipótesis. En síntesis, es la descripción de cómo se va a realizar la investigación.

La metodología es el instrumento que tiene como fin obtener información sobre la realidad y hacer del contenido un camino propio para su mayor eficacia. (González, 2009) Asimismo, establece como se llevará a cabo la investigación, dando respuesta a los objetivos planteados. Por lo que la presente investigación se desarrolla bajo la metodología cuantitativa.

Paradigma

En general, existen dos marcos epistemológicos que fundamentan a las metodologías de investigación en ciencias sociales y humanas. Por un lado, se encuentra el enfoque positivista y neopositivista (Ramos, 2015) que fundamenta a la investigación cuantitativa y plantea el uso de datos que son el producto de la medición; y, por otro lado, se encuentra una epistemología crítica de los enfoques positivistas, que fundamentan a la investigación cualitativa, que actualmente se utiliza con cierta frecuencia en el campo de las ciencias sociales.

Según Bisquerra (1989: 58) “El paradigma normativo parte del supuesto según el cual el comportamiento humano está esencialmente gobernado por leyes y puede ser investigado por los métodos de las ciencias naturales”. Este paradigma cae dentro de la corriente positivista. Se concibe el comportamiento como una respuesta a estímulos que pueden ser externos (personas, sociedad) o internos (hambre, necesidad de logro). La causa de la acción está en el pasado. El objetivo está en llegar a formular teorías generales del comportamiento humano. La realidad básica es la colectividad. El objeto del conocimiento es externo al sujeto.

Dentro de la concepción positivista de la ciencia, con una metodología cuantitativa las funciones principales a juicio de Bisquerra (1989) son:

Describir: Descripción de los fenómenos, conocimiento claro de sus elementos y de su funcionamiento.

Explicar: Indicar el porqué de un comportamiento, lo cual permitirá generalizar. Buscar las relaciones entre fenómenos.

Controlar: Las condiciones de producción del fenómeno se controlan para regular su aparición.

Predecir: Indica en qué condiciones se producirán acontecimientos futuros con un cierto grado de probabilidad.

El positivismo es el paradigma que guía la investigación cuantitativa, cuyo objetivo es explicar el fenómeno estudiado, para en una última instancia, predecirlo y controlarlo.

Asimismo, Ramos, C. cita, “paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico”. Es decir, el paradigma positivista busca determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica o comprobar una hipótesis por medios estadísticos. En este paradigma la experimentación ha constituido la principal forma para generar teoría formal (Hernández et al., 2010).

La investigación presente es de paradigma positivista.

Enfoque

La presente investigación utilizará un enfoque cuantitativo, puesto que para cumplir con nuestros objetivos “es necesaria la recolección de información y datos para probar las hipótesis, utilizando estadística y una medición numérica, con el fin de determinar pautas de comportamiento y probar teorías.

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, es decir, “cada etapa es necesaria para la siguiente y no se puede evitar pasos” (Hernández Sampieri, 2014)

Como su nombre lo señala el método de investigación cuantitativa se basa en lo cuantificable (cantidad), los elementos que la constituyen no solamente tienen una existencia, sino que se manifiestan con diferentes grados de intensidad o niveles.

La investigación cuantitativa tiene como base epistemológica al positivismo, que surge a principios del siglo XIX como reacción al empirismo que se dedicaba a recoger datos sin introducir los conocimientos más allá del campo de la observación. A principios del siglo XX surge el neopositivismo, también conocido como el positivismo lógico, el cual consiste en contrastar hipótesis probabilísticamente y en caso de ser aceptadas y

demostradas en circunstancias distintas, se pueden elaborar teorías generales (Fernández y Díaz, 2002). Según este planteamiento, el medio para contrastar las hipótesis es el uso de la estadística, este sistema dispone de herramientas para realizar dichos procesos y poder aceptarlas o rechazarlas con una probabilidad bastante alta.

Método

El método elegido a seguir es el experimental puro, en el cual se manipula una o varias variables independientes para observar sus efectos sobre una o varias variables dependientes en una situación de control. Se debe reunir las siguientes condiciones:

Manipulación intencional de una o más variables independientes.

Se debe medir el efecto que la variable independiente tiene en la variable dependiente.

Buen control o validez interna de la situación experimental.

Esta modalidad tradicional de estudio se orienta más dentro de la investigación cuantitativa que la cualitativa, aunque ésta no se excluye. Su propósito es validar o comprobar una hipótesis. Para ello se vale del experimento el cual “consiste en someter un objeto en estudio a la influencia de ciertas variables, en condiciones controladas y conocidas por el investigador, para observar los resultados que la variable produce en el objeto”. (Cerdeña, 2000).

La experimentación establece relaciones de causa-efecto y se ocupa de descubrir, comprobar, confrontar, negar o confirmar teorías, y eventualmente, como consecuencia, formular leyes. Por eso, su práctica es común en ciencias fácticas de la naturaleza, como la biología, la física o la química, para dar algunos ejemplos.

Se consideran dos, los campos en donde tiene lugar la experimentación:

La experimentación en el laboratorio

La experimentación en el campo

Un experimento consiste en someter al objeto de estudio a la influencia de ciertas variables, en condiciones controladas y conocidas por el investigador, para observar los resultados que cada variable produce en el objeto. La variable a cuya influencia se somete el objeto en estudio recibe el nombre de estímulo.

Cuando a través de un experimento se pretende llegar a la causa de un fenómeno, se procede del siguiente modo: sea Z el fenómeno en estudio, que en condiciones no experimentales se presenta frente a los factores A, B y C.

Nuestra primera prueba consiste en controlar - reduciendo a un valor 0 - cada uno de estos factores, para observar qué ocurre en los restantes. Así tendríamos por ejemplo que, efectuando algunas pruebas específicas, se obtiene que:

A y B no producen Z

B y C producen Z

A y C producen Z

De estas tres pruebas efectuadas podemos inferir, al menos, que C es necesario para que se produzca Z. Si comprobáramos además que con sólo el factor C, y eliminando los restantes, también ocurre Z, podríamos afirmar que C es condición necesaria y suficiente del hecho Z, en otras palabras, su causa.

Para nuestro caso de estudio el gráfico experimental se representará según figura 4.

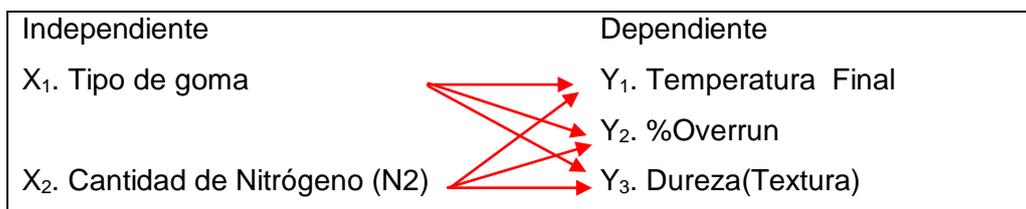


Figura 4. Gráfico experimental. Elaboración propia.

Cuando nuestros objetos de estudio son barras de metal, moléculas, virus o ratas, no tenemos prácticamente ninguna limitación en cuanto a las posibilidades de inventar estímulos diversos. Las limitaciones de la experimentación en el campo de las ciencias sociales hacen que este método sólo pueda usarse en contados casos, pues diversas consideraciones éticas y humanas impiden su realización.

VARIABLES

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría. En este caso, se les suele denominar constructos o construcciones hipotéticas. (Hernández Sampieri, 2014)

Independiente

Tipo de goma

Se usará para cada tipo de goma, acorde a las recomendaciones del fabricante Aromas del Perú SA, en una mezcla de aproximadamente 500 gramos, 0.5 gramos de goma, tanto para la Xantan como para la Guar en todas las muestras.



Figura 5. Goma Guar y Goma Xantán. Aromas del Perú SA,

Los estabilizantes son muy importantes, debido a que aportan al helado propiedades físicas que mejoran los parámetros de calidad de dicho producto, según Rodríguez de Stouvenel, Ramírez-Navas, & Jaimes-Duque, 2017 en su artículo “Estabilizantes más utilizados en helados”.

Para el presente análisis se utilizará goma Guar y goma Xantan, debido a su origen natural y disponibilidad en el mercado peruano. En la tabla 3 se realizó un cuadro comparativo para tener como base en la interpretación de los resultados del experimento.

Tabla 3
Cuadro comparativo entre la goma Xantan y Goma Guar

Goma Xantan	Goma Guar
Es soluble en agua fría y es capaz de hidratarse rápidamente una vez se ha dispersado por toda la mezcla	Disminuye de manera efectiva los efectos indeseables de choque térmico en los helados
Resistente a los cambios de temperatura y Ph	Se dispersa fácilmente y no causa una excesiva viscosidad en la mezcla.
Durante la dispensación la viscosidad es baja, pero una vez que se retira el esfuerzo cortante la viscosidad se eleva drásticamente una vez servido el helado	Al ser no iónico, no se ve afectado por la fuerza iónica o pH, pero se puede degradar a pH extremos

Nota. Elaboración propia. Rodríguez de Stouvenel, Ramírez-Navas, & Jaimes-Duque, 2017

Cantidad de nitrógeno (ml)

Esta variable se explorará al momento del experimento, ya que la cantidad de nitrógeno está relacionado directamente con la temperatura final optima, que debería estar aproximadamente en -10 grados centígrados, es decir, tendremos que verter nitrógeno líquido en cantidades determinadas, y se medirá la temperatura de la mezcla hasta llegar a la deseada.

Dependiente

Overrun.

La integración de burbujas de aire en la mezcla es necesaria para reducir la cantidad de cristales de hielo a formar. Estas burbujas son separadas en la mezcla por una capa de delgada de mezcla.

La cantidad de aire incorporada en la mezcla se le conoce como overrun o aireamiento. Este es la relación que existe entre el volumen del líquido y el volumen del gas (en este caso de aire) expresado en términos porcentuales. Es importante que la cantidad de aire “normal” en la heladería artesanal podría estar entre un 30 y un 40%.

Temperatura Final.

Esta temperatura dependerá de la cantidad de nitrógeno líquido usada. Se sabe por la ley de equilibrio térmico, que la energía ganada por uno de los componentes, en este caso el nitrógeno, deberá ser igual a la energía perdida por la mezcla base del helado. Es decir, mientras mayor sea la cantidad de nitrógeno a usar, menor será la temperatura final obtenida.

Se tiene como objetivo que las muestras lleguen a una temperatura final de -10 grados centígrados, con el objetivo de que puedan ser almacenados y posteriormente servidos para las pruebas organolépticas.

Dureza.

Esta variable depende de la temperatura final de la mezcla, pero también del tipo de goma a usar. Esta variable se medirá en gramos fuerza, la cual corresponde a la máxima resistencia ofrecida por la muestra ya congelada con el nitrógeno líquido. Esta variable es una medida práctica, la cual nos ayudara a observar el comportamiento de los estabilizantes a utilizar en el proceso de congelado.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población está conformada por el universo de helados artesanales, que se dividen en cremas y sorbetes, cada una con distintos tipos de elaboración.

El presente estudio, se enfocará en los helados de crema de fruta, específicamente de fresa.

La muestra mínima para un experimento de diseño factorial de 2 variables una con 2 factores y la otra con 3, es de 6 experimentos, pero en este caso, estuvo conformada por 18 unidades experimentales o tratamientos (6 proporciones con 3 repeticiones). Al ser una investigación experimental, se evaluaron a todos los componentes de la población en su totalidad, debido a que la población es conocida, accesible y alcanzable.

UNIDAD DE ANALISIS

La unidad de análisis se enfocará en las propiedades físicas resultante de la mezcla del helado, con el nitrógeno líquido y el tipo de goma. Una vez haya sido congelado, se procederá a realizar las mediciones pertinentes.

INSUMOS

La cantidad de insumos utilizada en la elaboración de nuestros helados artesanales de fresa, pasaron por una validación previa de muestras desarrolladas y explicadas en los anexos 3 y 4, teniendo como resultado una mezcla base de helado de fresa que se detallan a continuación:

Mezcla base:

Insumos	Cantidad (gramos)	% del peso total
Leche Evaporada	262.80	57.38%
Azúcar rubia	50.00	10.92%
Pulpa de Fresa	143.48	31.33%
Esencia de Vainilla	1.23	0.27%
Goma Guar/Xantan	0.50	0.11%
TOTAL	458.01	

Nota. Elaboración propia.

INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS

Instrumentos.

“Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente (Grinnell, Williams y Unrau, 2009)”. En términos cuantitativos: “capturo verdaderamente la *realidad* que deseo capturar”.

La balanza digital como se muestra en la figura 6, se utilizó para obtener el % de overrun de las muestras, ya que, una vez realizada la marca en el recipiente del helado, este se llenaba con agua y se pesaba. Siendo la densidad del agua 1 kg/l, se halló fácilmente el volumen de cada muestra de helado congelado con nitrógeno líquido, y este se comparó con el volumen inicial de las mezclas.



Figura 6. Balanza digital.

El termómetro digital como se muestra en la figura 7 utilizado en el experimento se observa en imagen 7, se utilizó para medir la temperatura de salida luego que la mezcla se congelara al contacto con el nitrógeno líquido.



Figura 7. *Termómetro digital*

El Texturometro (TA. HDplusC) como se muestra en la figura 8, se utilizó para medir la dureza de cada muestra, esta se midió bajo la unidad de gramos fuerza. Asimismo, se tienen la ficha técnica mostrada en el Anexo 7, la cual nos da el día de calibración y las unidades de medida.



Figura 8. *Texturometro (TA. HDplusC)*

Técnica

Las técnicas corresponden a las distintas maneras de obtener los datos que luego de ser procesados, se convertirán en información. Para la investigación experimental se utilizará la técnica de observación directa, que nos permitirá captar la realidad de la información, pues lleva a establecer la verdadera de la realidad del fenómeno.

Asimismo, se escogió un diseño factorial completo puesto que el objetivo principal de este trabajo es la caracterización del efecto del nitrógeno líquido y tipo estabilizantes, con el fin de determinar la influencia o no sobre los parámetros evaluados en el proceso de congelado del helado artesanal de fresa. Se establecen como factores de interés los siguientes: el volumen del nitrógeno líquido, el cual tiene una implicación directa sobre la temperatura final del helado, debido a que provoca una disminución en el crecimiento de cristales de hielo en el proceso de congelado, lo que da una mejor textura al helado final. El tipo de estabilizante que tiene una incidencia en la textura del helado, puesto que absorberá mejor el aire que se le incorpora en el proceso de batido y por tanto se verá reflejado en el porcentaje de overrun.

Los niveles de cada factor se eligieron teniendo en cuenta los resultados obtenidos en diferentes investigaciones previas y de acuerdo con los límites del funcionamiento de la instalación experimental. Para la cantidad de nitrógeno se definieron tres niveles correspondientes al valor teórico que se halló con la fórmula 1. Para el tipo de estabilizante se definieron dos factores (Goma Guar y Goma Xantan). El presente estudio está encaminado a evaluar la influencia de los factores definidos anteriormente sobre los parámetros del helado. Para esto se toma como variables de respuestas el porcentaje de overrun, la dureza y temperatura final.

PROCEDIMIENTOS Y MÉTODO DE ANÁLISIS

Procedimiento

Primero se determinó el valor teórico de la cantidad de nitrógeno mediante la fórmula 2 y 3 de equilibrio térmico, a una temperatura de -10°C , al ver que la mezcla tenía una dureza muy alta, se estableció en el experimento una temperatura de servicio de -8°C , según lo desarrollado y explicado en el anexo 5. El valor hallado, se le redujo 13% y 33% respectivamente. Para poder medir la cantidad de nitrógeno a usar en las mezclas, se usaron unos recipientes medidores de plástico, donde se realizó una marca previamente en los volúmenes a utilizar. Con estos indicadores, se vertía el nitrógeno líquido en el recipiente, y este a su vez, se vertía en la mezcla a congelar. Segundo, se procedió a realizar muestras previas para determinar la proporción de la cantidad de goma Guar y Xantan según anexo 4.

Luego se procedió con las pruebas y mediciones de nuestras variables dependientes (porcentaje de overrun, dureza y temperatura final), estas se realizaron en las instalaciones de la Universidad San Ignacio de Loyola, en el laboratorio de química.

Para hallar el porcentaje de Overrun, se tuvo que medir el volumen de la mezcla ya congelada, para esto, se usaron unos envases del mismo tamaño para las 18 muestras, debidamente identificados. Cuando la mezcla se había congelado y esta había aumentado su volumen, se realizó una marca para saber que volumen ocupaba en el recipiente. Luego, de realizar las otras mediciones, se llenó el recipiente con agua hasta la marca previamente hecha. Esta cantidad de agua, se pesó en una balanza digital, y al ser la densidad del agua 1kg/l se pudo hallar el volumen de cada muestra. Como todas las muestras tenían un mismo volumen antes de congelar (250 ml), se halló en % cual fue el aumento de volumen mediante la división del volumen final con el del volumen inicial.

La dureza se midió con la ayuda de un texturómetro THD Plus proporcionado por la universidad San Ignacio de Loyola. Una vez congelada la mezcla, se procedía a insertar el recipiente que contenía la mezcla en el Texturometro, situando el vástago del equipo en medio de la mezcla. Este ingresaba en la mezcla congelada y recopiló los datos de todo el recorrido. Estos datos fueron entregados mediante un archivo de Excel.

Para hallar la temperatura final, se manipuló la cantidad de nitrógeno a utilizar en la mezcla. Para esto, una vez a la mezcla se le había vertido las cantidades de nitrógeno y se encontraba congelada, se procedía a insertar en el medio de esta, un termómetro digital.

Método de análisis de datos

Para el análisis estadístico, se evaluarán 18 tratamientos para los resultados correspondientes a la temperatura final, % de overrun y la dureza según el método de diferencia de medias y de regresión lineal. En la tabla 4, se muestra la data recogida según procedimiento mencionado anteriormente.

Tabla 4
Valores experimentales según tratamiento de cada mezcla

Tratamientos	Muestra	Volumen N2 (ml)	Tipo de Goma	Vol. Final	Overrun (%)	T. Final (°C)	Fuerza (g)	
							Max	Min
T1	1	246	Guar	330	32%	-5.20	0.00	0.00
	2	246	Guar	350	40%	-7.00	28.07	-18.98
	3	246	Guar	325	30%	-4.80	43.23	-28.82
T2	4	246	Xantan	480	92%	-4.80	0.00	0.00
	5	246	Xantan	450	80%	-0.50	0.00	0.00
	6	246	Xantan	480	92%	-2.80	0.00	0.00
T3	7	320	Guar	355	42%	-5.20	50.64	-29.54
	8	320	Guar	340	36%	-7.90	235.44	-110.94
	9	320	Guar	340	36%	-5.20	87.46	-59.34
T4	10	320	Xantan	400	60%	-7.30	480.39	-148.01
	11	320	Xantan	420	68%	-5.30	250.66	-120.74
	12	320	Xantan	380	52%	-5.40	257.51	-110.06
T5	13	369	Guar	350	40%	-7.00	328.28	-187.84
	14	369	Guar	380	52%	-7.30	164.15	-79.06
	15	369	Guar	455	82%	-6.00	191.13	-101.32
T6	16	369	Xantan	385	54%	-8.90	801.11	-177.98
	17	369	Xantan	330	32%	-6.20	289.49	-124.64
	18	369	Xantan	385	54%	-5.90	273.88	-109.86

Nota. Elaboración propia.

Los datos recogidos del experimento con relación al porcentaje de overrun, se han organizado en la tabla 5.

Tabla 5
Porcentaje de Overrun vs Volumen de nitrógeno líquido y estabilizantes (tipo de goma)

VOLUMEN N2 (líquido)	TIPO DE GOMA	
	GUAR	XANTAN
246	32%	92%
	40%	80%
	30%	92%
320	42%	60%
	36%	68%
	36%	52%
369	40%	54%
	52%	32%
	82%	54%

Nota. Elaboración propia.

Los datos recogidos del experimento con relación a la temperatura final se han organizado en la tabla 6.

Tabla 6
Temperatura final (°C) vs Volumen de nitrógeno líquido y estabilizantes (tipo de goma)

VOLUMEN N2 (líquido)	TIPO DE GOMA	
	GUAR	XANTAN
246	-5.20	-4.80
	-7.00	-0.50
	-4.80	-2.80
320	-5.20	-7.30
	-7.90	-5.30
	-5.20	-5.40
369	-7.00	-8.90
	-7.30	-6.20
	-6.00	-5.90

Nota. Elaboración propia.

Los datos recogidos del experimento con relación a la dureza se han organizado en la tabla 7.

Tabla 7
Dureza vs Volumen de nitrógeno líquido y estabilizantes (tipo de goma)

VOLUMEN N2 (líquido)	TIPO DE GOMA	
	GUAR	XANTAN
246	-	-
	28.07	-
	43.23	-
320	50.64	480.39
	235.44	250.66
	87.46	257.51
369	328.28	801.11
	164.15	289.49
	191.13	273.88

Nota. Elaboración propia.

Los resultados de cada tabla se presentarán más adelante, bajo el diseño factorial completo, este será desarrollado en el programa de Minitab. Asimismo, para dicho análisis se estableció un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS

Para medir el efecto del nitrógeno líquido y el tipo de goma en el proceso de congelamiento, tal como se mencionó en el primer objetivo específico, se realizaron distintos gráficos de dispersión según se muestran a continuación.

Como se puede observar en la figura 9 y figura 10, existe una tendencia a que, mientras la cantidad de nitrógeno aumenta, la temperatura en ambos casos va disminuyendo, lo cual nos daría a suponer que existe relación entre la cantidad de nitrógeno y la temperatura final en un helado artesanal congelado con nitrógeno líquido. Se observa también que podría existir una mayor determinación cuando la goma que se utiliza es la Xantán, puesto se puede observar una tendencia más lineal entre sus resultados. Para confirmar esto, se procederá a realizar una regresión lineal, y hallar el R^2 .

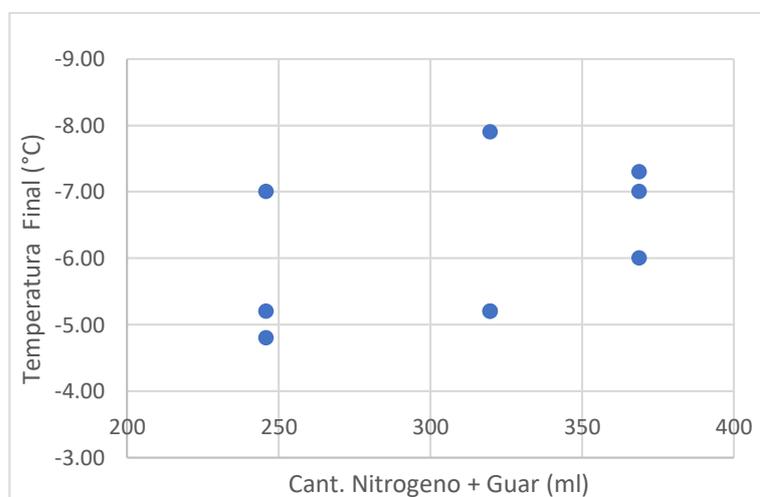


Figura 9. Gráfico de dispersión de la temperatura final vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Guar.
Elaboración propia

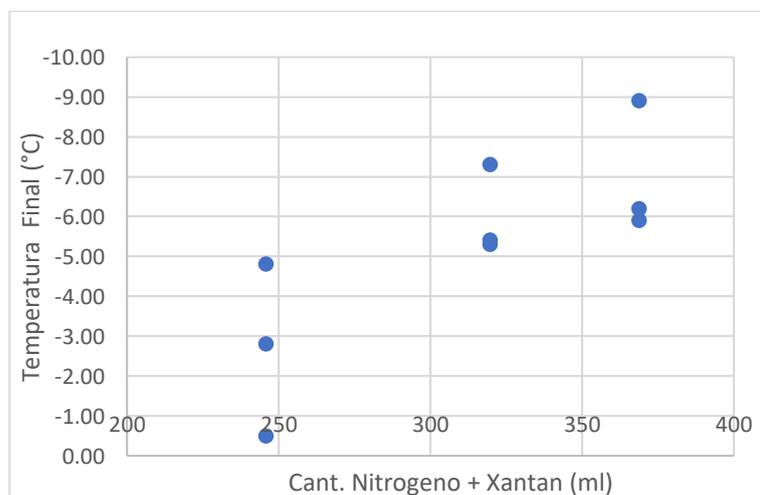


Figura 10. Gráfico de dispersión de la temperatura final vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Xantán.
Elaboración propia.

Como se observa en la figura 11 y figura 12, podemos confirmar que la goma Xantan tiene un mayor coeficiente de determinación lineal con respecto a la cantidad de nitrógeno usada.

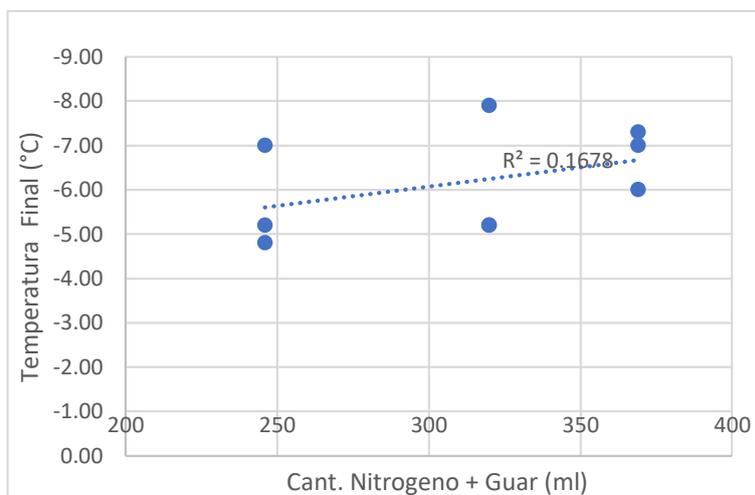


Figura 11. Regresión lineal de la temperatura final y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Guar.
Elaboración propia.

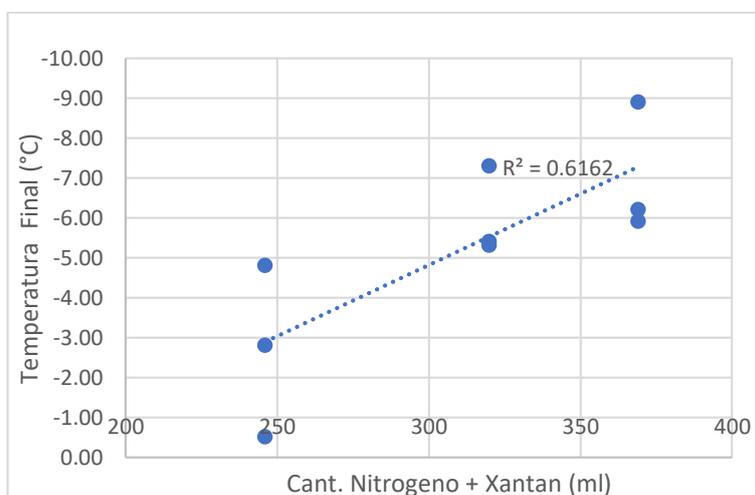


Figura 12. Regresión lineal de la temperatura final y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Xantan.
Elaboración propia.

1. Análisis de Varianza

Como primer paso para el análisis estadístico de los datos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para los datos obtenidos experimentalmente por medio de la herramienta informática Minitab tal como se muestra en la tabla 8 .

Tabla 8
Análisis de Varianza T_{final}

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	36,236	7,247	3,37	0,039
Lineal	3	26,952	8,984	4,18	0,031
VOLUMEN DE NITROGENO LIQUIDO	2	22,938	11,469	5,34	0,022
TIPO DE GOMA	1	4,014	4,014	1,87	0,197
Interacciones de 2 términos	2	9,284	4,642	2,16	0,158
VOLUMEN DE NITROGENI LIQUIDO*TIPO DE GOMA	2	9,284	4,642	2,16	0,158
Error	12	25,793	2,149		
Total	17	62,029			

Nota. Obtenido de Minitab.

Se observa que el volumen del nitrógeno líquido es el que más efecto individual tiene sobre la variable respuesta (temperatura final); sin embargo, también se observa que existe efecto de interacción de 2 términos significativo que genera una importancia e interés junto a los efectos individuales.

2. Efectos principales

La figura 13 muestra que el valor absoluto del volumen nitrógeno líquido es significativo frente a la temperatura final.

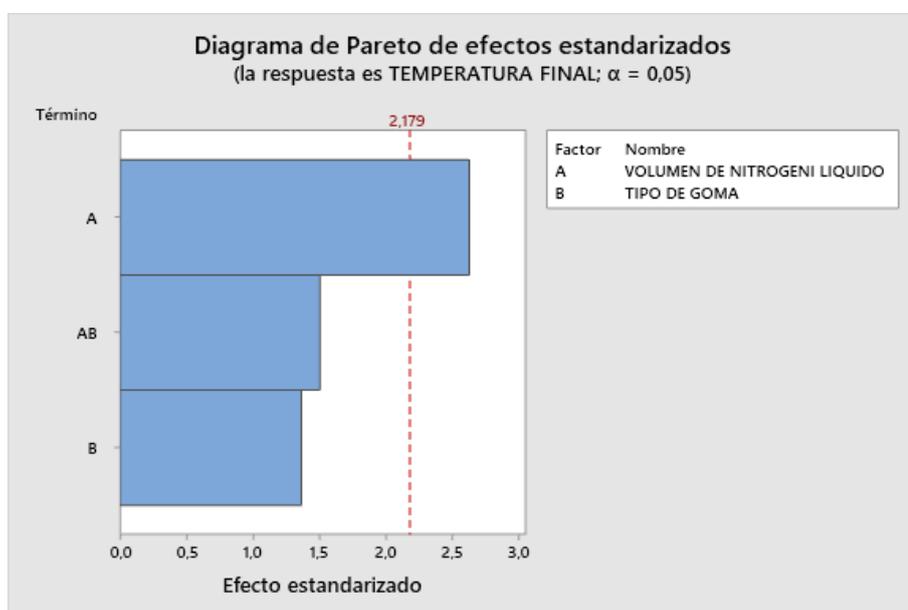


Figura 13. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados T_{final}. Minitab.

La figura 14 muestra los efectos principales de los dos factores de estudio en los niveles bajo y alto, el factor volumen de nitrógeno líquido, presenta una pendiente más inclinada, y se observa que el cambio en la variable respuesta (T_{final}) cuando pasan de su nivel más bajo a su nivel más alto es significativo; sin embargo, este comportamiento es despreciable para el factor estabilizante (tipo de goma) tal como se muestra en la tabla 8 (ANOVA).

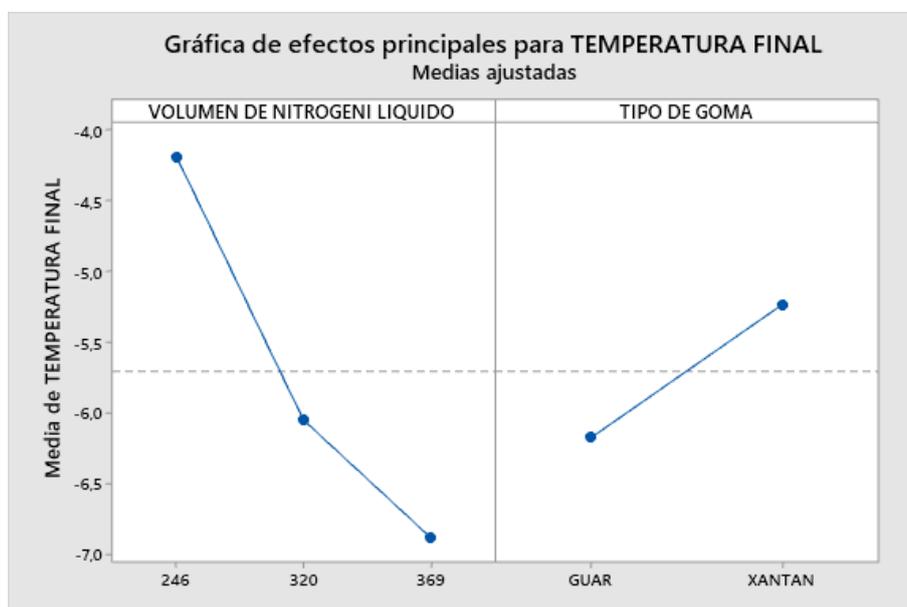


Figura 14. Gráfico de efectos principales para las medias de la temperatura final. Minitab

La reducción de temperatura final de la mezcla va a razón inversa del volumen del nitrógeno líquido. Se observa que a mayor cantidad de nitrógeno líquido menor es la temperatura final, debido a que dicho factor genera un proceso de congelado más rápida gracias a las propiedades criogénicas del nitrógeno líquido. Con respecto al factor estabilizante (tipo de goma) se muestra que al utilizar goma Guar la temperatura promedio será menor a la goma Xantan y esto se debe a su resistente a los cambios de temperatura.

Por otro lado, la figura 15 muestra la interacción de la temperatura final con diferentes combinaciones de los niveles de los factores. Al presentar que las líneas no son paralelas, la gráfica indica que existe una interacción entre los dos factores. La temperatura final, que se obtiene luego que el nitrógeno se evapore al contacto con la mezcla disminuye notoriamente cuando se utiliza goma Xantan y se le aumenta el volumen de nitrógeno de 246 a 320 ml. Sin embargo, al añadir 320 ml de nitrógeno líquido en la mezcla, el comportamiento frente a la temperatura final promedio es similar cuando se utiliza goma Xantan y goma Guar.

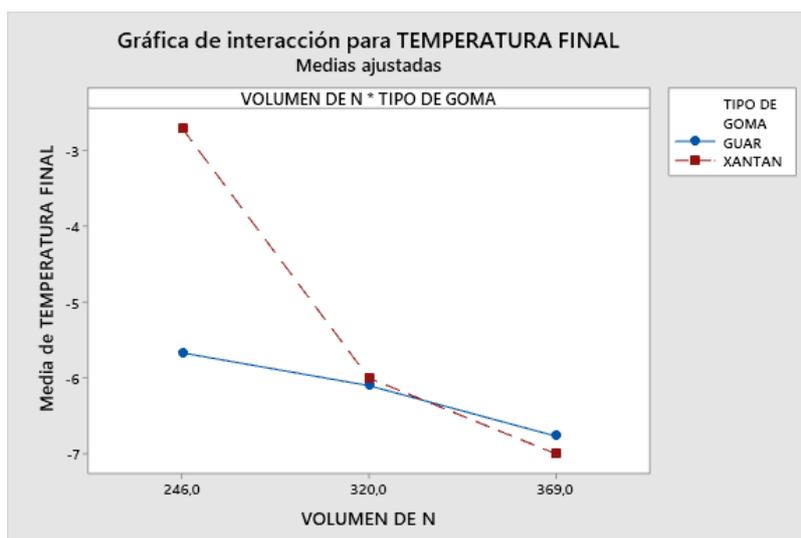


Figura 15. Gráfico de interacción de los dos factores para las medias de la temperatura final. Minitab.

3. Verificación de Supuestos:

Los resultados de la verificación de supuestos según figura 16 indica que existe una distribución normal debido a que los puntos se ubican sobre la recta en la gráfica de probabilidad normal (figura 16) y su P-valor es mayor al α definido de 0,05 por lo cual no se rechaza la hipótesis nula de ajuste normal. En la gráfica de residuos vs ajustes (figura 16a) se observa una distribución de datos sin un patrón por lo cual se cumple con el supuesto de que los residuos tienen varianza constante. En la gráfica de probabilidad normal de los residuos (figura 16c) se observa que la media del histograma es aproximadamente cero. En la gráfica de residuos vs orden (figura 16d) se observa un patrón aleatorio alrededor de la línea central por lo cual se cumple con el supuesto que los errores son independientes entre sí.

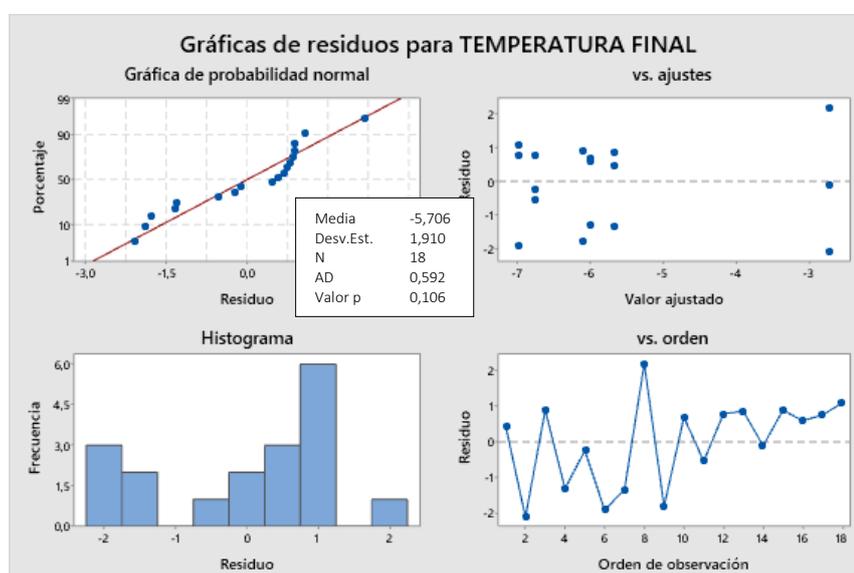


Figura 16. Verificación de supuestos: a) probabilidad de la normal, b) residuos vs ajustes, c) probabilidad de la normal de los residuos, d) residuos vs orden. Minitab.

Para medir el efecto del porcentaje de overrun frente al nitrógeno líquido y tipo estabilizante en el proceso de congelado de helado artesanal de fresa, como se mencionó en el segundo objetivo, se obtuvieron los siguientes resultados en los gráficos de dispersión

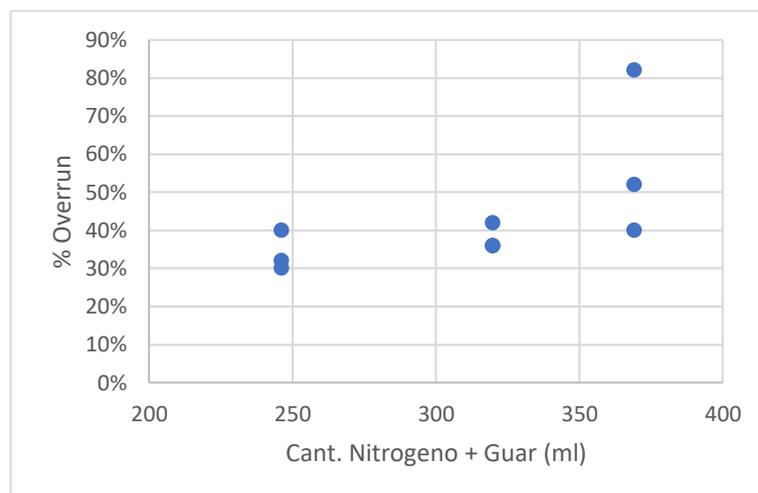


Figura 17. Gráfico de dispersión del % de overrun vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Guar.
Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 17 existe una tendencia a que, mientras la cantidad de nitrógeno aumenta, el % de overrun va aumentando, lo cual nos daría a suponer que existe relación de determinación positiva entre la cantidad de nitrógeno y el % de overrun en un helado artesanal congelado con nitrógeno líquido con goma Guar.

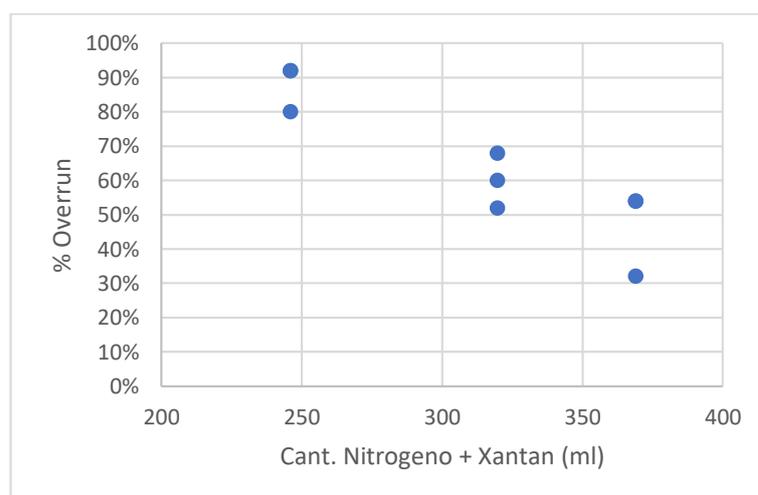


Figura 18. Gráfico de dispersión del % de overrun vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Xantan.
Elaboración propia

Mientras, en la Figura 18, existe una tendencia a que, mientras la cantidad de nitrógeno aumenta, el % de overrun va disminuyendo, lo cual nos daría a suponer que existe relación de determinación negativa entre la cantidad de nitrógeno y el % de overrun en un helado artesanal congelado con nitrógeno líquido con goma Xantan.

Como se puede observar, en la figura 19 y figura 20, la goma Xantan tiene un mayor coeficiente de determinación lineal por la cantidad de nitrógeno líquido a comparación de la goma Guar.

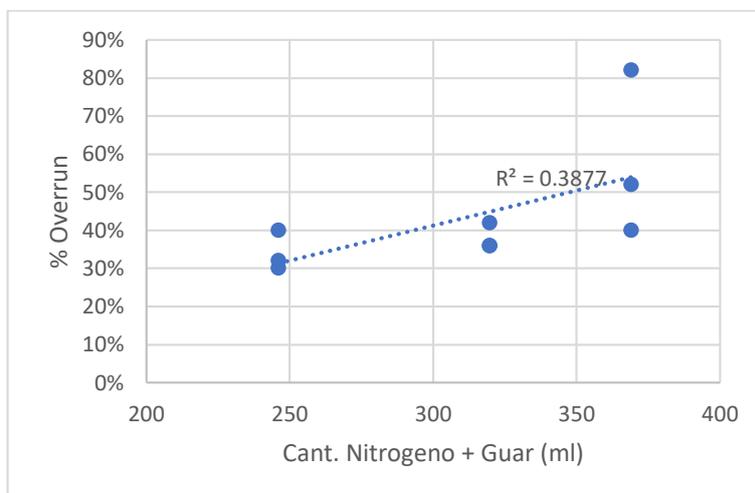


Figura 19. Regresión lineal del % de overrun y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Guar.
Elaboración propia.

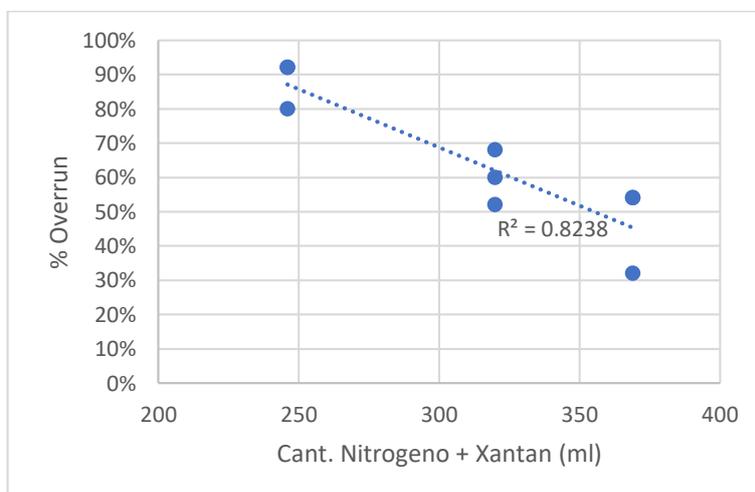


Figura 20. Regresión lineal del % de overrun y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Xantan.
Elaboración propia.

1. Análisis de varianza:

Como primer paso para el análisis estadístico de los datos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para los datos obtenidos experimentalmente por medio de la herramienta informática Minitab tal como se muestra en la tabla 9 .

Tabla 9
Análisis de Varianza %Overrun

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	0,57531	0,11506	8,84	0,001
Lineal	3	0,25513	0,08504	6,53	0,007
VOLUMEN NITROGENO LIQUIDO	2	0,04604	0,02302	1,77	0,212
TIPO DE GOMA	1	0,20909	0,20909	16,06	0,002
Interacciones de 2 términos	2	0,32018	0,16009	12,29	0,001
VOLUMEN NITROGENO LIQUIDO*TIPO DE GOMA	2	0,32018	0,16009	12,29	0,001
Error	12	0,15627	0,01302		
Total	17	0,73158			

Nota. Obtenido de Minitab.

Se observa que el estabilizante (tipo de goma) es el que más efecto individual tiene sobre la variable respuesta (porcentaje de overrun); sin embargo, también se observa que existe efecto de interacción de 2 términos significativo que genera más importancia e interés que los efectos individuales.

2. Efectos principales:

La figura 21 muestra que el valor absoluto de los efectos del estabilizante (tipo de goma) y volumen nitrógeno líquido*tipo de goma son significativos frente al porcentaje de overrun.

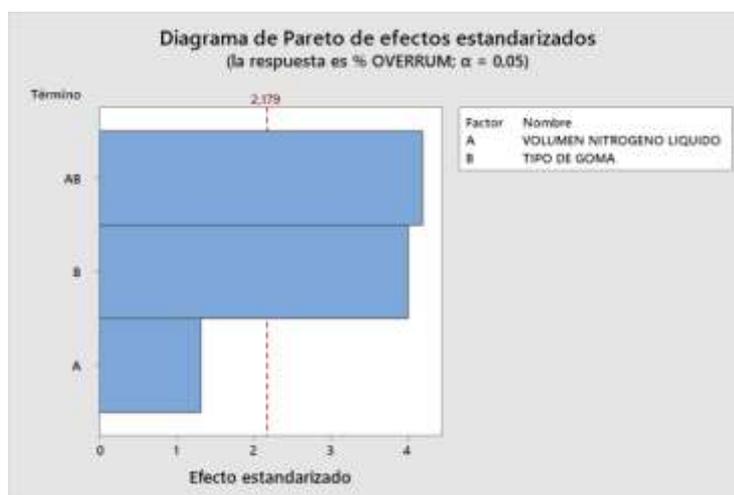


Figura 21. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados %Overrun. Minitab.

La figura 22 muestra los efectos principales de los dos factores de estudio en los niveles bajo y alto, el factor estabilizante (tipo de goma) se observa que el cambio en la variable respuesta (porcentaje de overrun) cuando pasan de su nivel bajo a su nivel alto es significativo, por lo que el utilizar Guar o Xantán impacta directamente en dicho parámetro. Al igual que el factor cantidad de nitrógeno presenta una pendiente inclinada, pero entre las cantidades 246ml y 320 ml, este comportamiento no está notorio entre las cantidades 320 ml y 369 ml tal como se muestra en la tabla 8 (ANOVA).

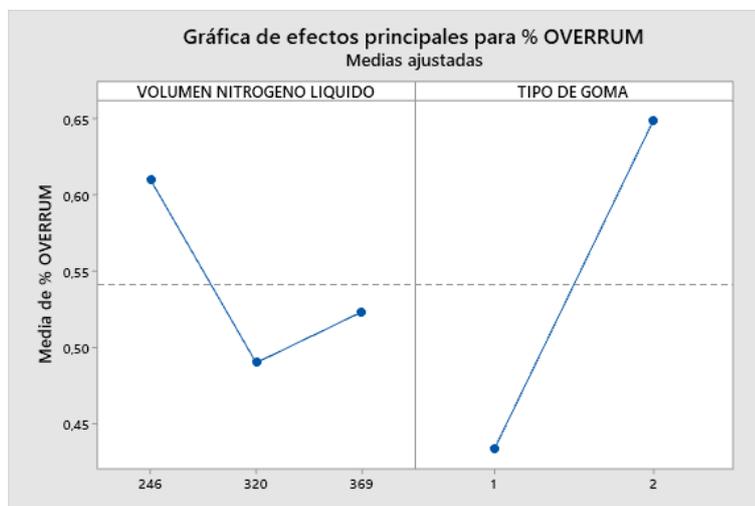


Figura 22. Efectos principales para las medias del porcentaje de Overrun, Nitrógeno líquido y estabilizante. Minitab.

Cuando el factor, estabilizante (tipo de goma), se utiliza Xantán (2), se produce un aumento de porcentaje de overrun debido a que, al incorporarlo a la mezcla, su viscosidad se eleva drásticamente una vez servido el helado. Un aumento en el overrun disminuirá el tamaño de los cristales de hielo, y la mayor dispersión de celdas de aire disminuirá la probabilidad de coaliciones entre dichos cristales de hielo. Sin embargo, la goma Guar (1) presenta un valor bajo que es próximo al porcentaje de overrun óptimo (35%). Con respecto al factor, volumen de nitrógeno líquido al pasar de un nivel bajo a un nivel alto, se observa una disminución en el porcentaje de overrun, pero esto no sigue el mismo comportamiento al seguir aumentando el volumen nitrógeno líquido, este fenómeno se relaciona con el factor batido pues es en dicho proceso afecta la incorporación de aire.

Por otro lado, la figura 23 muestra la interacción del porcentaje de overrun con diferentes combinaciones de los niveles de los factores. Al presentar que las líneas no son paralelas, la gráfica indica que existe una interacción entre los dos factores. El helado tiene un porcentaje de overrun excesivo cuando se utiliza la goma Xantan (2) en vez de la goma Guar (1) a 246 y 320 ml de volumen de nitrógeno líquido. Sin embargo, al añadir 369 ml de volumen de nitrógeno líquido a la mezcla en el proceso de congelado, la mezcla presenta mayor porcentaje de overrun al utilizar Goma Guar.



Figura 23. Gráfico de interacción de los dos factores para las medias del %Overrun. Minitab.

3.Verificación de supuestos:

Los resultados de la verificación de supuestos según figura 24 indica que existe una distribución normal debido a que los puntos se ubican sobre la recta en la gráfica de probabilidad normal (figura 24) y su P-valor es mayor al α definido de 0,05 por lo cual no se rechaza la hipótesis nula de ajuste normal. En la gráfica de residuos vs ajustes (figura 24b) se observa una distribución de datos sin un patrón por lo cual se cumple con el supuesto de que los residuos tienen varianza constante. En la gráfica de probabilidad normal de los residuos (figura 24c) se observa que la media del histograma es aproximadamente cero. En la gráfica de residuos vs orden (figura 24d) se observa un patrón aleatorio alrededor de la línea central por lo cual se cumple con el supuesto que los errores son independientes entre sí.

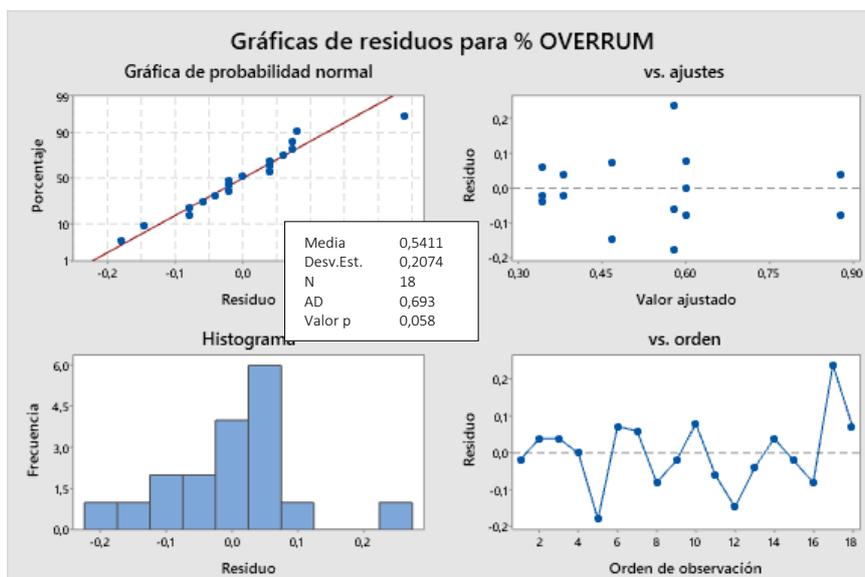


Figura 24. Verificación de supuestos: a) probabilidad de la normal, b) residuos vs ajustes, c) probabilidad de la normal de los residuos, d) residuos vs orden. Minitab.

Para determinar el efecto de la textura frente al nitrógeno líquido y tipo de goma en el proceso de congelado de helado artesanal de fresa, como se menciona en el tercer objetivo específico, se obtienen los siguientes resultados.

Como se observa en la figura 25 y figura 26, la dureza tiende a aumentar a medida que la cantidad de nitrógeno se aumenta, tanto en la mezcla con goma Xantan como con goma Guar.

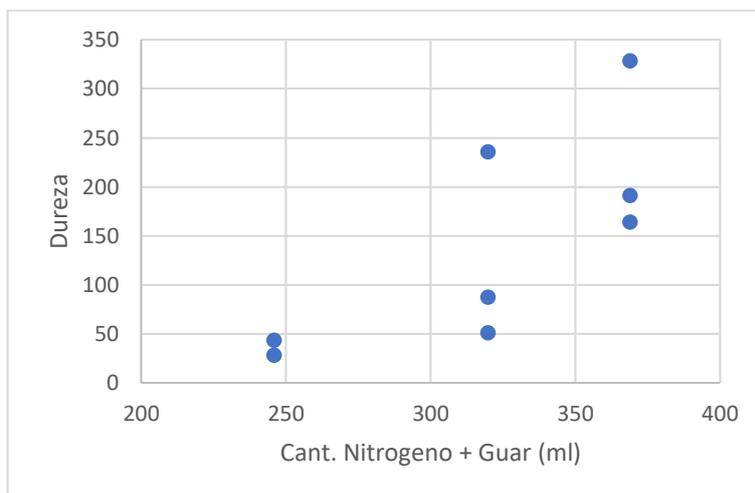


Figura 25. Gráfico de dispersión de la dureza vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Guar.
Elaboración propia

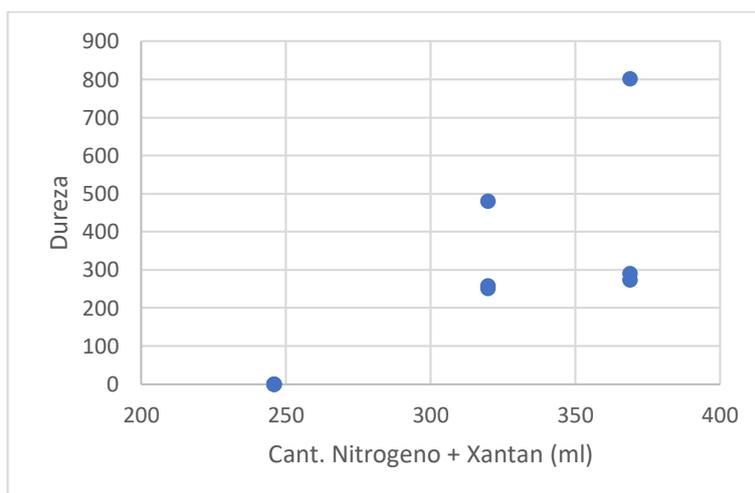


Figura 26. Gráfico de dispersión de la dureza vs la Cantidad de nitrógeno con Goma Xantan.
Elaboración propia

Acorde a los resultados de la figura 27 y figura 28, la goma Guar como la goma Xantan, tienen un nivel de determinación lineal similar con respecto a la dureza, establecida por la cantidad de nitrógeno líquido.

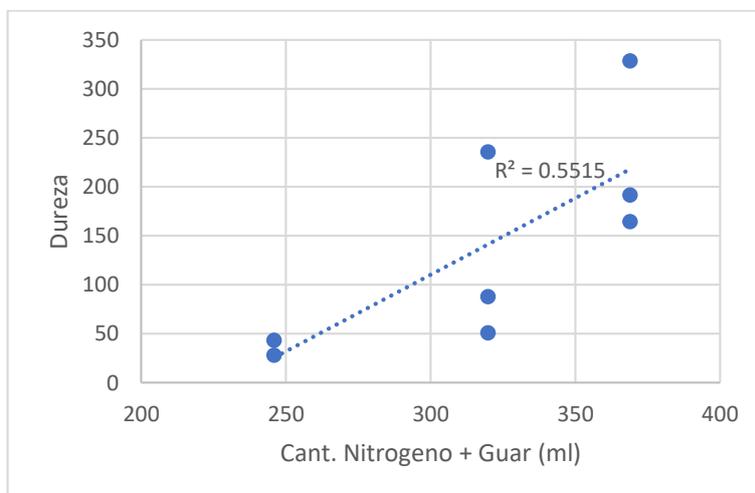


Figura 27. Regresión lineal de la dureza y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Guar.
Elaboración propia.

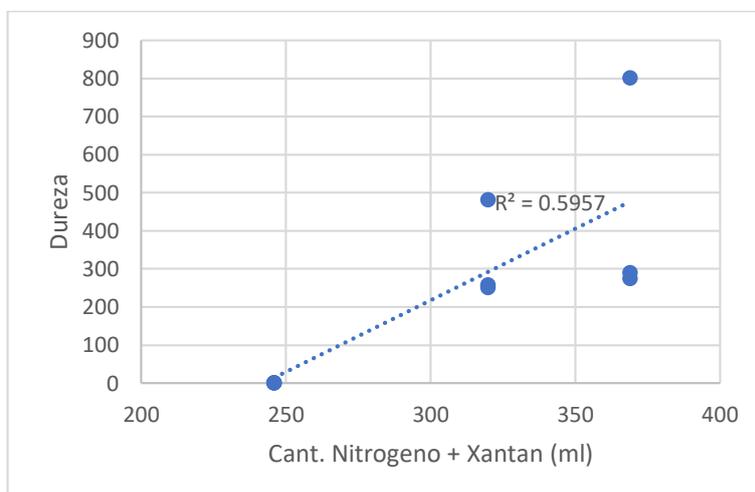


Figura 28. Regresión lineal de la dureza y la cantidad de nitrógeno líquido con goma Guar.
Elaboración propia.

1. Análisis de Varianza

Como primer paso para el análisis estadístico de los datos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para los datos obtenidos experimentalmente por medio de la herramienta informática Minitab tal como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Análisis de Varianza Dureza (textura)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	476952	95390	4,58	0,014
Lineal	3	419107	139702	6,71	0,007
VOLUMEN DE NITROGENO LIQUIDO	2	335788	167894	8,07	0,006
TIPO DE GOMA	1	83319	83319	4,00	0,069
Interacciones de 2 términos	2	57845	28923	1,39	0,287
VOLUMEN DE NITROGENO LIQUIDO*TIPO DE GOMA	2	57845	28923	1,39	0,287
Error	12	249746	20812		
Total	17	726697			

Nota. Obtenido de Minitab.

Se observa que el volumen del nitrógeno líquido es el que más efecto individual tiene sobre la variable respuesta (dureza)

2.Efectos principales:

La figura 29 muestra que el valor absoluto de los efectos del volumen nitrógeno es significativo frente a la dureza (textura).

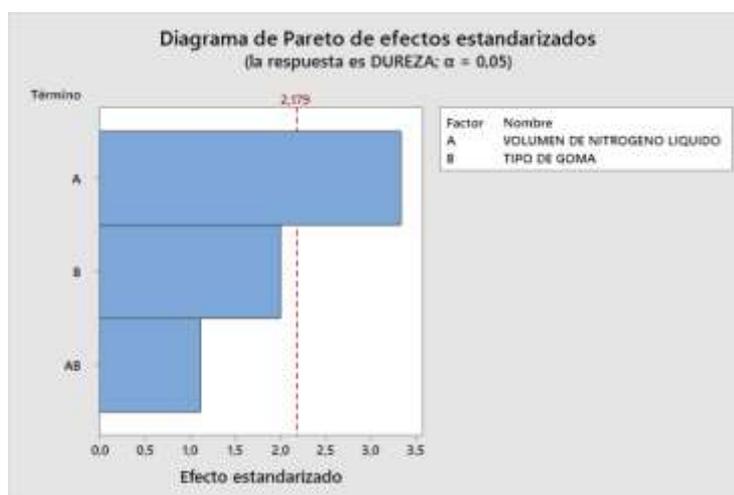


Figura 29. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados Dureza (textura)

En la figura 30 se observa que el factor volumen de nitrógeno líquido es el que más efecto tiene sobre la media. Analizando desde otro punto de vista dicho factor es el que

tiene la mayor diferencia entre su nivel alto y bajo. Este factor es importante tenerlo en cuenta ya que el valor objetivo de la calidad del helado es su textura cremosa.



Figura 30. Gráfico de efecto principal para las medias Dureza (textura)

Por otro lado, en la figura 31 se puede ver claramente una falta total de paralelismo lo cual corrobora el resultado. Hay dependencia entre los dos factores de nuestro experimento que son el volumen del nitrógeno líquido y estabilizante (tipo de goma). Asimismo, se observa que al utilizar la goma Xantán con un volumen de nitrógeno a 369 ml, está asociado a la dureza media más alta.

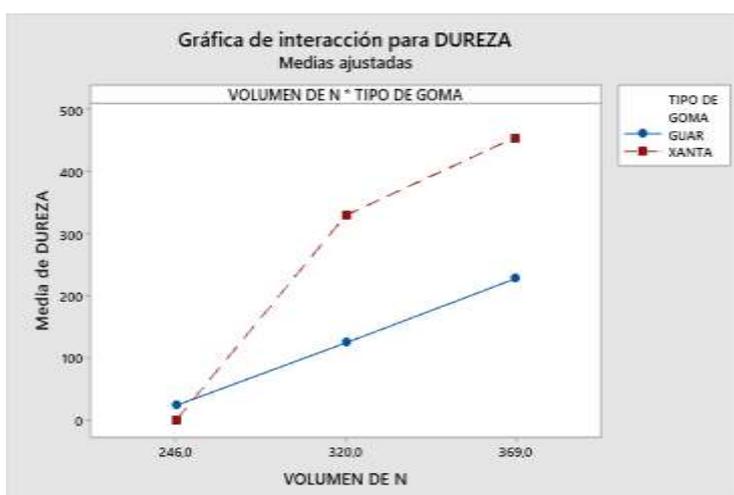


Figura 31. Gráfica de interacción de los dos factores para las medias de dureza (textura)

3.Verificación de supuestos:

Los resultados de la verificación de supuestos según figura 32 indica que existe una distribución normal debido a que los puntos se ubican sobre la recta en la gráfica de probabilidad normal (figura 24a) y su P-valor es mayor al α definido de 0,05 por lo cual no se rechaza la hipótesis nula de ajuste normal. En la gráfica de residuos vs ajustes (figura 24b) se observa una distribución de datos sin un patrón por lo cual se cumple con el supuesto de que los residuos tienen varianza constante. En la gráfica de probabilidad normal de los residuos (figura 24c) se observa que la media del histograma es aproximadamente cero. En la gráfica de residuos vs orden (figura 24d) se observa un patrón aleatorio alrededor de la línea central por lo cual se cumple con el supuesto que los errores son independientes entre sí .

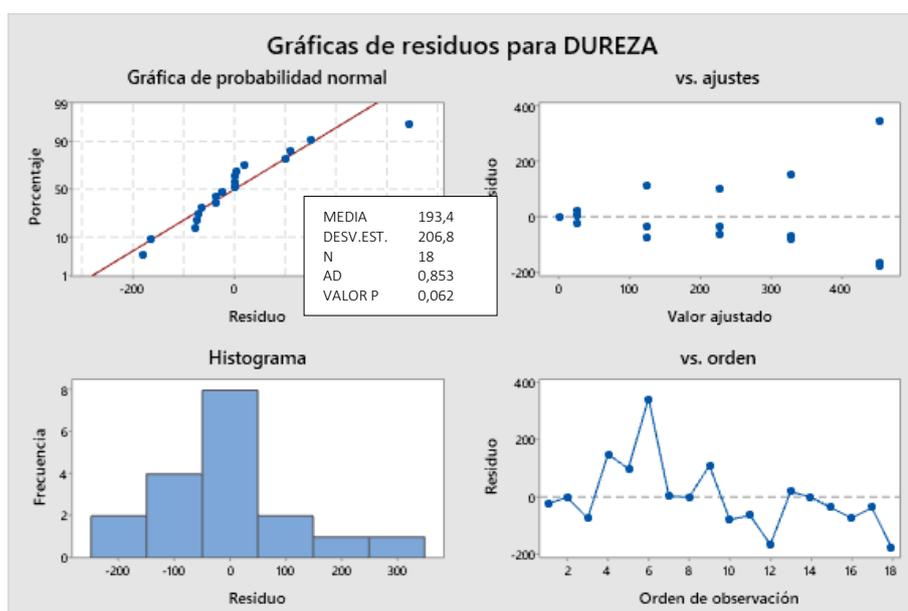


Figura 32.Verificación de supuestos: a) probabilidad de la normal, b) residuos vs ajustes, c) probabilidad de la normal de los residuos, d) residuos vs orden. Minitab.

DISCUSIÓN

La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del nitrógeno líquido y tipo estabilizantes en los parámetros del proceso de elaboración de helado artesanal de fresa. Del mismo modo se busca delimitar la relación entre cada una de las dimensiones de las variables (temperatura final, dureza y porcentaje de overrun).

Podemos señalar que el uso del nitrógeno líquido en la elaboración de helados es una nueva técnica que con el paso del tiempo está siendo utilizada por muchos cocineros para la preparación de sus platos. En cuanto al uso en la elaboración del helado, se da una congelación instantánea de la mezcla con el nitrógeno líquido, que disminuye la formación de cristales grandes de hielo, siendo minúsculos, que se forman tan rápidamente consiguiendo una textura suave y cremosa, e imperceptible al paladar del consumidor. Entonces, a la luz del experimento realizado en el presente estudio y considerando los resultados obtenidos, podemos señalar que lo planteado por estos autores se ha podido demostrar íntegramente.

Debemos indicar que la etapa de congelación de la mezcla es la que más influye en la calidad del helado final; la temperatura es de -4 y -10°C , mientras más baja sea la temperatura, mayor proporción de agua se congela, con un mayor número de cristales. Con una temperatura de -4°C se consigue congelar el 30% de agua presente en la mezcla y a -10°C la proporción de agua es del 70% (Di Bartolo, 2005). Es un proceso clave ya que una mezcla de ingredientes se transforma en helado consiguiendo una nueva estructura compuesta por: agua congelada en forma de pequeños cristales (30 al 70% dependiendo de la temperatura final de congelación), agua sin congelar, aire incorporado en distintas proporciones (20 al 60%) y compuestos sólidos. (Cenzano del Cas & Madrid Vicente, 2003). En el caso del uso de nitrógeno líquido es beneficioso por que se encuentra a una temperatura muy baja de -196°C , que al estar en contacto con la base líquida del helado hace que la temperatura de la mezcla baje rápidamente y cambie de estado líquido a sólido y alcance el punto de congelación donde empiezan a aparecer pequeñísimos cristales de hielo, que resultan insignificantes al momento de probar el producto final.

Adicionalmente, Corvitto, A. señala que en la elaboración de helados convencional la temperatura de servicio es de -10°C , utilizando en la etapa de congelado una máquina que enfría a la mezcla mediante un equipo congelador. Sin embargo, en el proceso de congelado con nitrógeno líquido la temperatura de servicio será -8°C

según el experimento que se realizó con 18 muestras. Este dato indica que el factor nitrógeno líquido será un parámetro determinante frente a la temperatura final. De igual manera, dicho autor determina que el porcentaje de overrun es un parámetro que determina la calidad del producto final, por lo que dicho valor debe estar entre un 30 y 40%. Este parámetro se vio demostrado al hallar la relación del volumen final e inicial de la mezcla según el tipo de estabilizante.

Además, podemos señalar con relación al overrun que la incorporación de aire es una fase de gran importancia en la preparación del helado, de ella depende la calidad, la palatabilidad y el rendimiento. Mientras la mezcla es agitada, se congela rápidamente, lográndose así la incorporación de aire y la formación de pequeños cristales de hielo, necesarios para las características organolépticas, suavidad y aireado adecuado del producto final (Michue, Encina y Ludeña, 2015). Esto se ve demostrado a medida que en los distintos resultados que se obtuvieron del porcentaje de overrun, se encuentran relacionados con el tipo de goma individualmente y el tipo de goma junto a la cantidad de nitrógeno líquido.

Al hablar de la textura del helado, es necesario hablar de los ingredientes. Por ello es necesario diferenciar dos tipos: básicos y funcionales (crema y estabilizante). Ambos van a tener un impacto en la obtención del producto final.

Existen diversas funciones que cumplen los ingredientes funcionales al momento de preparar los helados. (Sabuma, s.f.) afirman que “la viscosidad se obtiene con la concentración de estabilizantes, proteínas, grasas y sólidos totales en la mezcla y se puede definir como el espesor que se obtiene en el helado, el cual es esencial para obtener un correcto aireado y una proporcionada retención del aire durante el proceso de agitación; por otra parte los ingredientes funcionales también retardan la aparición de cristales de hielo y ayudan a reducir el punto de fusión, es decir, que los helados tardan más en deshacerse, debido a la capacidad que tienen los estabilizantes de retener agua”. Cuando se pone una bola de helado en un ambiente que propicie su fusión, ocurren dos cosas: la fusión de los cristales de hielo y el colapso de la estructura de esponja de la grasa estabilizada. Debido a esto el derretimiento se produce al momento de exponer al helado a temperaturas exteriores, pero con el uso de estabilizantes este proceso se retarda y se consigue una textura mucho más firme. Por todo ello, a los ingredientes funcionales se los puede definir como “Sustancias que se añaden intencionadamente a los alimentos, sin propósito de cambiar su valor nutritivo, con la finalidad de modificar sus caracteres, técnicas de elaboración, conservación y/o

para mejorar su adaptación al uso al que se destinen” (Cenzano del Cas & Madrid Vicente, 2003). Los motivos para utilizar ingredientes funcionales se basan principalmente en la economía, la conservación y la mejora del producto.

Con respecto al uso de los estabilizantes y con relación a nuestros resultados, podemos citar a (Walstra, 2001) quien señala que los más utilizados son gelatina, alginato, pectina, goma locust, goma guar, xantan, carboximetilcelulosa y sus mezclas. Evidentemente, estas sustancias influyen sobre la consistencia y, por tanto, en muchos otros aspectos, como, por ejemplo, en la transferencia de calor durante la congelación. Por lo que para nuestro experimento se utilizó la goma guar y goma xantan, las más utilizadas en el proceso de elaboración de helados.

Por otro lado, los estabilizantes también cumplen un papel muy importante en el proceso de elaboración. Recordemos que son conocidos también como aglutinantes, espesantes o hidrocoloides poseen la propiedad de aumentar considerablemente la viscosidad del medio acuoso. En virtud de la magnitud molecular pueden formar partículas de suspensión y actúan como coloides protectores, muchos actúan por sus cargas eléctricas y pueden aumentar la viscosidad de la mezcla del helado. De esta manera se retrasa el desnatado (separación de la emulsión de una fase rica en grasa y otra pobre de ésta) y favorecen así la estabilidad de la emulsión.

La selección de un estabilizante apropiado para usar en la mezcla para helados depende básicamente de los siguientes factores (Arbuckle, 1986)

- Fácil incorporación dentro de la mezcla.
- Efecto de la viscosidad y propiedades de batido de la mezcla.
- Tipo de cuerpo producido en el batido.
- Cantidad requerida para producir la estabilización deseada.
- Efecto de las características de derretimiento y sabor.
- Costos.

Estos factores merecen un análisis más profundo para tener certeza si los resultados obtenidos para esta hipótesis están relacionados con alguno de ellos.

Conclusiones

Se observó que, en promedio, a medida que el volumen de nitrógeno líquido aumentaba, la temperatura final iba disminuyendo en la mezcla, siendo la diferencia entre la temperatura máxima y mínima un valor de 1.1°C , lo cual representa una variación de 19% en la Goma Guar, mientras que en la goma Xantan la variación entre la temperatura máxima y mínima fue de 4.3°C , equivalente a un 159% de variación. Por otro lado, se ve que en la mezcla con goma Guar, la variación de overrun máxima y mínima es de un 24%, mientras que en la goma Xantan es de 41%. Esto nos da a concluir que el uso de nitrógeno líquido y el uso de estabilizantes afectan directamente a los parámetros en el proceso de elaboración de helado artesanal de fresa.

Se ve que la temperatura final del helado que contiene goma Guar tiene medias que se acercan más a los parámetros establecidos a comparación de la goma Xantan, ya que en promedio la goma Guar tuvo una temperatura final de -6.18°C y la Xantan -4.79°C , siendo el objetivo medio de -8°C . Adicional a esto, cuando se realizaron las pruebas de análisis de varianza, para la interacción entre el volumen de nitrógeno y el tipo de goma con respecto a la temperatura final, obtuvo un p valor de 0.158, lo cual significa que se acepta la hipótesis nula, es decir la temperatura final no varía con respecto al nitrógeno líquido y tipo estabilizante en el proceso de elaboración de helado artesanal de fresa. Sin embargo, el volumen de nitrógeno líquido obtuvo un p valor de 0.022, afirmando que dicho factor genera un efecto individual frente a la temperatura final.

El porcentaje de overrun del helado que contiene goma Guar tiene resultados en promedio que se acercan más a los parámetros establecidos a comparación de la goma Xantan, ya que en promedio la goma Guar tuvo un porcentaje de overrun de 43% y la goma Xantan 58%, siendo el objetivo medio de 35%. Adicional, la prueba de análisis de varianza para la interacción del volumen y el tipo de goma con respecto al porcentaje de overrun, mostró un p valor de 0.001 lo cual significa que se rechaza la hipótesis nula, es decir se concluye que el porcentaje de overrun varía frente al nitrógeno líquido y tipo de goma en el proceso de elaboración de helado artesanal de fresa. Adicionalmente, se concluye que, de los dos factores estudiados, el tipo de goma tiene un mayor efecto en el porcentaje de overrun. Esto se debe principalmente al beneficio de las gomas, que estabilizan las burbujas de aire en el proceso de congelado.

La dureza, es utilizada como una medida práctica para observar el comportamiento de los factores estudiados. Se concluye que, bajo las condiciones del

experimento, se acepta la hipótesis nula con un p-valor de 0,287, por lo que la dureza (textura) no varía frente al nitrógeno líquido y estabilizantes en el proceso de elaboración de helado artesanal de fresa. Pese a que, la combinación de los dos factores no cuenta con un efecto significativo, el nitrógeno líquido como efecto individual si es significativo respecto a la dureza con un p-valor de 0.006. Este comportamiento se debe a que cuanto mayor volumen de nitrógeno líquido se utilice en la mezcla, la dureza del helado ira en aumento.

Recomendaciones.

Se recomienda realizar pruebas con otros tipos de estabilizantes, como la goma de algarrobo o goma de tara, que también son muy utilizados en la industria de helados, para determinar las variaciones en los efectos.

Asimismo, se recomienda realizar un estudio de análisis sensorial referente al parámetro de textura, debido que en la industria alimentaria dicho factor es un criterio de valoración de frescura y calidad para los consumidores.

Realizar un estudio similar utilizando el factor de la velocidad de batido, puesto que puede ser un parámetro más a considerar dentro del proceso de congelado con nitrógeno líquido.

Profundizar en pruebas de congelación con nitrógeno líquido en helados artesanales teniendo como objetivo una temperatura final de -10°C , debido a que en el presente estudio se estableció la temperatura óptima de -8°C , ya que, a temperaturas inferiores, la dureza (textura) era muy alta.

Se recomienda hacer distintos experimentos para poder hallar la temperatura de servicio de helados congelados con nitrógeno líquido para distintos tipos de frutas, debido que cada fruta tiene diferentes parámetros de refrigeración y congelación.

REFERENCIAS

- Alcaraz Rodríguez, R. (2015). *El emprendedor de éxito*. McGraw-Hill Interamericana.
- Alzamora Pinao, N. D. (2018). *La cristalización como defecto en los helados de crema*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Lima.
- Alzate Orrego, C. (2008). *Congelación y Liofilización de Alimentos*. Caldas. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7837/1/9789584444363.pdf>
- Andino Valdivieso, L. A. (2015). *Comparación de estabilizantes goma xantana y cremodan en la elaboración de helados de uvilla (physalis peruviana) mediante el uso de parámetros reológicos (Bachelor's thesis)*. Obtenido de https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=uso+de+la+goma+guar+en+la+elaboracion+de+helados+artesanales&btnG=
- Arbuckle, W. (1986). *Ice Cream*.
- Arias, G. (s.f.). *Hay palito, bombón...y helados de nitrógeno*. . Obtenido de https://www.clarin.com/sociedad/palito-bombony-helados-nitrogeno_0_H1p7kbmbM.html
- Belsuzarri Bonilla, H., Leigh Boluarte, J., & Villón Salomón, M. (2015). *Plan de negocios de una cadena de heladerías con la franquicia Cold Stone en el Perú*. Lima.
- Bernal Torres, C. A. (2016). *Metodología de la investigación* (Vol. IV). Colombia: PEARSON.
- Caguana Tacuri, F. P. (2019). *Elaboración de un manual para el procesamiento de helados artesanales mediante el uso de nitrógeno líquido, aplicando normativa sanitaria, BPM, POES Y HACCP (Bachelor's thesis)*. Obtenido de https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=la+textura+y+el+uso+de+nitrogeno+liquido+en+elaboracion+de+helados+artesanales&btnG=
- Callirgos Romero, D. (2015). *Efecto del método de congelación: rápida (nitrogeno liquido) y lenta (convencional), en el contenido de vitamina c en piel (epicarpio) y casco (mesocarpio) liofilizado de (pisidium guajava l.) guayaba variedad roja*. Trujillo.
- Campbell, D., & Stanley, J. (1996). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago: Rand McNally & Company.
- Cenzano del Cas, I., & Madrid Vicente, A. (2003). *Helados: elaboración, análisis y control de calidad*. (A. M. Vicente, Ed.)
- Clarke, C. (2012). *The Science of Ice Cream*. Gran Bretaña: Royal Society of Chemistry Publishing.
- Correa, R. C. (s.f.). *Creación y puesta en marcha de una empresa productora y comercializadora de helados hechos a base de nitrógeno*. Obtenido de

- https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=uso+de+nitrogeno+liquido+en+elaboracion+de+helados+artesanales&btnG=
- Corvitto, A. (2004). *Los secretos del helado, el helado sin secretos*. Barcelona: Grupo Vilbo.
- Curt, J. (2005). *Method and apparatus for cryogenically manufacturing ice cream*. Kentucky. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US20050106301A1/en>
- David, L. R., Valencia, J. U., & Molina, D. A. (2012). Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad en mezclas para helado duro. *VITAE*, 166-177.
- Di Bartolo, E. (2005). *Guía para la elaboración de helados*. Guía para la elaboración de helados: Guía para la elaboración de helados.
- Euromonitor International. (2017). *Ice Cream And Frozen*.
- FAO / OMS. (2005). *Codex Stan 247*.
- FAO / OMS. (2009). *Codex Stan 296*.
- Fernández, S. F., Sánchez, J. M., & Alejandro Córdoba, A. C. (2002). *Estadística descriptiva*. ESIC Editorial.
- Giraldo Gómez, V., & Vanegas Cano, L. V. (2017). *Beneficios esperados por los jóvenes, en un helado de nitrógeno*. Santiago De Cali.
- González González, A., Andudi Domínguez, C., & Martell González, I. (2015). *Análisis de peligros y puntos críticos de control en una planta de helados*. La Habana.
- González Pérez, R. (2013). *Criogenia: Cálculo de equipos. Recipientes a presión*. Ediciones Díaz de Santos.
- Gonzalez, H. D. (2009). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Guelph, U. o. (s.f.). *The Ice Cream eBook*. Obtenido de Food Science: <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/ice-cream-ebook>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.).
- Howell, J. R., & Buckius, R. O. (1990). *Principios de termodinámica para ingeniería*.
- Huynh , H., Nguyen, N., & Yiu , K. (2014). *Efecto del tamaño del cristal de hielo sobre las propiedades texturales del helado y paletas*. WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE .
- Juri Morales, G., & Ramírez-Navas, J. (Marzo de 2015). *El helado desde la antigüedad hasta nuestros*. Obtenido de Researchgate: <https://www.researchgate.net/publication/273831451>
- Larico Perez, R., Yanqui Gilari, J., & Escobar Copa, K. (2016). *Elaboración de Helado Dietético a partir de Jarabe de Yacon (Smallanthus sonchifolius) con características Prebióticas*. Puno.

- Locker, W. (1972). *Study of Air Cell Migration and the Effect of Whipping Temperature on the Overrun, Body and Storage Stability of a Dairy-Based Frozen Whipped Toppin*. Utah: DigitalCommons.
- Mahaut, M., Jeantet, R., Schuck, P., & Brulé, G. (2004). *Productos lácteos industriales*. Zaragoza: ACRIBIA S.A.
- Michue Mango, J. E., Encina Zelada, C. R., & Ludeña Urquiza, F. E. (2015). *Optimización del overrun (aireado), de la dureza, la viscosidad y los costos de un helado mediante el diseño de mezclas*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Lima.
- Munro, B. (2006). *Quantitative Research Methodology*. New York: Springer Publishing Company.
- RAMIREZ TRINIDAD, C. (2014). *PROCESOS PARA PRODUCTOS LÁCTEOS Y DERIVADOS*. Huànuco.
- Ramos, C. A. (2015). *Los paradigmas de la investigación científica*. Universidad Femenina del Sagrado Corazón, Lima.
- Reardon, A. (Enero de 2016). *How To Cook That*. Obtenido de https://www.howtocookthat.net/public_html/liquid-nitrogen-ice-cream-recipe-dippin-dots/
- Rodríguez de Stouvenel, A., Ramírez-Navas, J. S., & Jaimes-Duque, S. (2017). Estabilizantes más utilizados en helados. En *Heladería Panadería Latinoamericana* (págs. 66-75). Cali: Grupo GIPAB.
- Sabuma, M. (s.f.). *LA FUNCIÓN DEL AGUA Y DEL AIRE EN LOS HELADOS*. Obtenido de Helado con-ciencia: <https://sabuma.es/helado-con-ciencia/aire-y-agua-en-los-helados/>
- Sariego Toledo, Y., García Noa, E., Montes de Oca, D., & Guillén Rodríguez, C. (2014). *Procedimiento general para la evaluación del proceso de remoción de calor en la elaboración de helados*. La Habana.
- Stevens, S. (1951). *Mathematics, measurement and psychophysics*.
- Villavicencio, M. N. (2016). *Desarrollo De Helado Artesanal a Nivel De Obrador*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia,, La Habana. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/318887801>
- Walstra, P. (2001). *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. España: Editorial Acribia.

Anexo 2. Visita de campo Nitrology

Trabajador 1 de género masculino (entrevistado el 30 de Julio de 2018):

Lugar: Ciudad de México

El trabajador 1 describe el proceso que involucra el incluir el nitrógeno líquido en la elaboración de helados. Indica que sus insumos se encuentran refrigerados y que se requiere 170 ml de leche y 250 ml de nitrógeno para tener una presentación de 168 g de helado. Asimismo, describe como una textura más cremosa que un helado de elaboración industrial.

Figura 33. *Infraestructura del establecimiento, México*



Figura 34. Procedimiento del proceso de elaboración de helados con nitrógeno líquido





Anexo 3. Experimento previo para la cantidad de pulpa

Tabla 11

Densidad de los insumos (Kg/L)

Ingrediente	Densidad (Kg/L)
Pulpa Fresa	1.087
Leche Evaporada	1.051
Azúcar	0.833

Nota. Elaboración propia.

El primer experimento consistía en hallar la cantidad de pulpa a usar, por lo que se detalla a continuación las insumos y cantidades que se usaron de estos.

Tabla 12

Mezcla base de la muestra A

Ingredientes Muestra A	Cantidad (gramos)	% del volumen total
Leche Evaporada	262.8	61.29%
Azúcar	50	11.66%
Pulpa de Fresa	114.8	26.77%
Esencia de Vainilla	1.23	0.29%
TOTAL	428.8	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 13

Mezcla base de la muestra B

Ingredientes Muestra B	Cantidad (gramos)	% del volumen total
Leche Evaporada	262.8	57.44%
Azúcar	50	10.93%
Pulpa de Fresa	143.48	31.36%
Esencia de Vainilla	1.23	0.27%
TOTAL	457.5	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 14
Mezcla base de la muestra C

Ingredientes Muestra C	Cantidad (gramos)	% del volumen total
Leche Evaporada	262.8	54.05%
Azúcar	50	10.28%
Pulpa de Fresa	172.2	35.41%
Esencia de Vainilla	1.23	0.25%
TOTAL	486.2	

Nota. Elaboración propia.

El proceso consistió en mezclar todos los insumos en un recipiente y batirlos hasta que, sobre todo, el azúcar quede disuelta en la mezcla. Luego procedimos a introducir las mezclas al congelador, que tenía una temperatura de -10 grados centígrados.

Pasadas aproximadamente 8 horas, las muestras helados pasaron por los análisis sensoriales respectivos, donde se escogió la muestra B con mejor sabor.

Anexo 4. Experimento previo para la cantidad de estabilizante (goma)

Con la cantidad de pulpa idónea hallada, procedimos a realizar nuestro segundo experimento previo, donde se buscó hallar la cantidad idónea de cada tipo de goma a usar.

Se realizaron las muestras detalladas a continuación:

Tabla 15

Mezcla base de la muestra 1

Ingredientes Muestra 1	Cantidad (gramos)	% del volumen total
Leche Evaporada	262.8	57.32%
Azúcar	50	10.90%
Pulpa de Fresa	143.48	31.29%
Esencia de Vainilla	1.23	0.27%
Goma Guar	1	0.22%
TOTAL	458.51	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16

Mezcla base de la muestra 2

Ingredientes Muestra 2	Cantidad (gramos)	% del peso total
Leche Evaporada	262.8	57.38%
Azúcar	50	10.92%
Pulpa de Fresa	143.48	31.33%
Esencia de Vainilla	1.23	0.27%
Goma Guar	0.5	0.11%
TOTAL	458.01	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 17
Mezcla base de la muestra 3

Ingredientes Muestra 3	Cantidad (gramos)	% del peso total
Leche Evaporada	262.8	57.32%
Azúcar	50	10.90%
Pulpa de Fresa	143.48	31.29%
Esencia de Vainilla	1.23	0.27%
Goma Xantan	1	0.22%
TOTAL	458.51	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18
Mezcla base de la muestra 4

Ingredientes Muestra 4	Cantidad (gramos)	% del peso total
Leche Evaporada	262.8	57.38%
Azúcar	50	10.92%
Pulpa de Fresa	143.48	31.33%
Esencia de Vainilla	1.23	0.27%
Goma Xantan	0.5	0.11%
TOTAL	458.01	

Nota. Elaboración propia.

Al igual que el experimento anterior, el proceso consistió en mezclar todos los insumos en un recipiente y batirlos hasta que el azúcar quede disuelto en la mezcla, por último, se agregó poco a poco la goma a cada muestra, evitando que se formaran cúmulos de esta y que reaccione muy rápido, generando que la mezcla se torne muy viscosa. Finalmente, para la elaboración del helado se optó por usar las muestras 2 y 4 como base para la goma Guar y Xantan respectivamente.

Anexo 5. Masa de nitrógeno (Teórica)

La cantidad necesaria para obtener un helado con una buena textura y un % de overrun ideal será un paso importante para realizar el experimento, puesto que dicho elemento es una limitante en nuestro proceso por ser un elemento de alto costo.

Para determinar la cantidad se obtuvo bajo el concepto de equilibrio térmico descrito inicialmente.

Cambio de temperatura nitrógeno:



Cambio de temperatura mezcla:



Después de la fórmula de helado con 56.2% de leche evaporada, 13.5% de azúcar, 29.7% de pulpa de fresa, 0.3% de esencia de vainilla y 0.1 a 0.3% de estabilizantes, los siguientes cálculos arrojaron la masa del nitrógeno líquido.

$Q_a = \text{Cantidad de energía absorbida}$

$Q_c = \text{Cantidad de energía cedida}$

$$Q_a = m * C_{L1} + m * C_{e1} * (tf - ti)$$

$$Q_a = m * 198.6 \frac{KJ}{Kg} + m * 1.040 \frac{KJ}{KG * K} * (263.15 K - 77.15 K)$$

$$Q_a = m * 198.6 \frac{KJ}{Kg} + m * 1.040 \frac{KJ}{Kg * K} * (186 K)$$

$$Q_a = m * 198.6 \frac{KJ}{Kg} + m * 193.44 \frac{KJ}{KG}$$

$$Q_a = m * 392.04 \frac{KJ}{Kg}$$

$$Q_c = m * C_{eH2O} * (tf - ti) + m * C_{LH2O} + m * C_{eH2O} * (tf - ti)$$

$$Q_c = 0.458 \text{ Kg} * 4.18 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} * \text{K}} * 25 \text{ K} + 0.458 \text{ Kg} * 335 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} * \text{K}} + 0.458 \text{ Kg} * 2.09 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} * \text{K}} * 10 \text{ K}$$

$$Q_c = 1.917 \frac{\text{KJ}}{\text{K}} * 25 \text{ K} + 153.43 \text{ KJ} + 0.959 \frac{\text{KJ}}{\text{K}} * 10 \text{ K}$$

$$Q_c = 47.925 \text{ KJ} + 153.43 \text{ KJ} + 9.59 \text{ KJ}$$

$$Q_c = 210.95 \text{ KJ}$$

Por equilibrio térmico:

$$Q_c = Q_a$$

$$210.95 \text{ KJ} = m * 392.04 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$0.538 \text{ Kg} = m$$

Anexo 6. Experimento de la elaboración de helado con nitrógeno líquido

Figura 35. Mezcla base del helado



Figura 36. Contextura del helado congelado con nitrógeno líquido



Figura 37. Muestras



Anexo 7. Ficha técnica Texturometro

Sonda	P/1KSS ; KOBE 1cm ² CYLINDER STAINLESS
Batch	TEST
Version Number	TEE32 (Version 6)
Titulo	
Test Time	16.96
Points per second	500
Number of points	8480
Original Archivo Version	TEE32 (Version 6)
Test Run by	AGROINDUSTRIA
Test Run on	Miércoles, 03 de Octubre de 2018 10:34:44 p.m.
Full Name	C:\Documents and Settings\Soporte\Mis documentos\Exponent\helado fresa\muestra 16.ARC
Created with TE32 Version	6,1,4,0
Project	C:\Documents and Settings\Soporte\Mis documentos\Exponent\helado fresa\Muestra 16.prj
Originally saved as:	C:\Documents and Settings\Soporte\Mis documentos\Exponent\Test Data\Muestra 16\TEST1.ARC
FileName	muestra 16
Sample Shape	Cylindrical

Load Cell Capacity (g)	5000
Motor Steps / mm	1000
System Gain (Filtered Force)	867.435
System Gain (Fast Force)	52.025
Firmware Ver. (Comms)	2
Firmware Ver. (Motor)	2
Seed Number	16807
Machine Serial No.	5505
LCA Serial No.	203
Load Cell Serial No.	11771142
System Date	Miércoles, 03 de Octubre de 2018 10:34:43 p.m.
Load Cell Cal. Date	Viernes, 06 de Julio de 2018 10:58:21 a.m.
Load Cell Cal. on LCA S.No.	203
LCA Cal with device S.No.	9
Bend Calibration Date	Unknown Date
Sonda Position Cal. Date	Viernes, 06 de Julio de 2018 11:10:38 a.m.
Bend Calibrated on Load cell S.No.	0
Aux 1 Low point res. measured	3650
Aux 1 Low point resistance	77
Aux 1 High point res. measured	62602
Aux 1 High point resistance	198.3
Aux 1 Resistance gain	486.002
Aux 2 Low point res. measured	3029
Aux 2 Low point resistance	77
Aux 2 High point res. measured	63220
Aux 2 High point resistance	198.3
Aux 2 Resistance gain	496.216
Aux 1 Low Point V measured	11824
Aux 1 Low Point Voltage	-2.9
Aux 1 High Point V measured	53667
Aux 1 High Point Voltage	2.9
Aux 1 Voltage gain	7214.31
Aux 2 Low Point V measured	11825
Aux 2 Low Point Voltage	-2.9
Aux 2 High Point V measured	53666
Aux 2 High Point Voltage	2.9
Aux 2 Voltage gain	7213.96
System Boot Time	Miércoles, 03 de Octubre de 2018 07:43:17 p.m.
Load Cell Calibrated By	AGROINDUSTRIA
Bend Calibrated By	
Sonda Position Calibrated By	AGROINDUSTRIA
Force Filter	10 Hz
Load Cell Type	Force
LCA Gain	399.918
LCA Raw Gain	0.239211
LCA Calibrated By	Stable Micro Systems
Load Cell Gain	216.903
LCA Calibration Date	Martes, 20 de Diciembre de 2011 09:37:48 a.m.
Aux 1 Circuit	Voltage
Aux 2 Circuit	Voltage
RS485/232 Mode	RS485
Max. Speed	20
Bend Gradient AD/Step	0
TA Type	HDPlus
Calibration Source	User
Calibrations Available	Factory & User
Calibrated with (g)	2000
Motor Controller Type	D900
Add-on Type	None
Load Cell Raw Gain	217.486
Load Cell Bend Calibration Force	0
Load Cell Finish	Standard
Speed of Bend Calibration	0
Board Revision	6
PAL Revision	1
DR DIS Piston Diameter (mm)	0
Force/Pressure Tared Date/Time	Miércoles, 03 de Octubre de 2018 10:34:45 p.m.
MCU Temperature (deg. C)	31.75
MCU Serial No.	192
System Last Switched Off At	Viernes, 14 de Septiembre de 2018 03:29:34 p.m.
Motor PAL Revision	13