

UNIVERSIDAD FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA
LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS

Nancy Milena Castellanos Sanabria

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN HELADO A BASE DE
LECHE CON ADICIÓN DE ALBUMINA DE HUEVO Y PULPA DE
AGUACATE

Juiz de Fora

2024

Nancy Milena Castellanos Sanabria

Desarrollo y caracterización de un helado a base de leche con adición de albumina de huevo y pulpa de aguacate

Disertación presentada al Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología de la Leche y Productos Lácteos, Universidad Federal de Juiz de Fora como parte de los requisitos necesarios para obtener el título de Magíster en Ciencia y Tecnología de la Leche y Productos Lácteos.

Orientador: Prof. Dr. Marcene Augusto Leal de Oliveira. Co-orientador: Prof. Dr. Oscar Alfonso Vega Castro

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Castellanos Sanabria, Nancy Milena.

Desarrollo y caracterización de un helado a base de leche con adición de albumina de huevo y pulpa de aguacate / Nancy Milena Castellanos Sanabria. -- 2024.

94 f.

Orientador: Marccone Augusto Leal de Oliveira

Coorientador: Oscar Alfonso Vega Castro

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, 2024.

1. Leite. 2. Abacate. 3. Albumina. I. Leal de Oliveira, Marccone Augusto, orient. II. Vega Castro, Oscar Alfonso, coorient. III. Título.

Nancy Milena Castellanos Sanabria

Desarrollo y caracterización de un helado a base de leche con adición de albumina de huevo y pulpa de aguacate

Dissertação
apresentada ao
Programa de Pós-
graduação em
Ciência e Tecnologia
do Leite e Derivados
da Universidade
Federal de Juiz de
Fora como requisito
parcial à obtenção do
título de Mestre
em Ciência e
Tecnologia do Leite e
Derivados. Área de
concentração: Ciência
e Tecnologia do Leite
e Derivados.

Aprovada em 11 de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcone Augusto Leal de Oliveira - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Oscar Alfonso Vega Castro - Coorientador

Universidade de Antioquia

Prof. Dr. Ítalo Tuler Perrone

Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Paula Fernandes de Aguiar

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Juiz de Fora, 28/02/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Marcone Augusto Leal de Oliveira, Professor(a)**, em 11/06/2024, às 17:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Oscar vega, Usuário Externo**, em 16/07/2024, às 12:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Italo Tuler Perroni, Professor(a)**, em 21/07/2024, às 21:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paula Fernandes de Aguiar, Usuário Externo**, em 31/07/2024, às 09:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1723793** e o código CRC **D2F3FFF8**.

Se lo dedico a mi familia que me ha acompañado en este proceso de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Me encuentro muy agradecida con todas las personas que han hecho parte de este proceso y por mi fortaleza que, aunque algunas veces sentí desfallecer conseguí llegar a la meta a pesar de los obstáculos

Mi familia siempre me acompañó en cada instante sin juzgar y solo queriendo extender su mano para ayudarme.

A mi orientado, Marcone Augusto Leal de Oliveira, y a mi co-orientador, Oscar Alfonso Vega Castro, por su confianza, paciencia y enseñanzas que contribuyeron a mi trayectoria profesional y personal y al profesor Fabiano Freire por su asesoría.

A la universidad de Antioquia en cabeza del grupo de investigación Biotecnología de alimentos (BIOALI) por el apoyo, enseñanzas, paciencia y sobre todo por condescender el ingreso a sus instalaciones realizar uso de los equipos y permitirme realizar las pruebas necesarias con el acompañamiento del cuerpo docente siempre con la mejor actitud.

También debo agradecer al cuerpo docente de la maestría por la paciencia y mejor actitud durante la pandemia.

A el grupo de investigación de química analítica y quimiometria (GQAQ) por el apoyo, paciencia y enseñanzas durante este proceso.

A la coordinación y a la Secretaría del Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología de la Leche y Productos Lácteos, por su atención y cordialidad.

A los colaboradores de la Facultad de Farmacia de la Universidad Federal de Juiz de Fora, de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria – EMBRAPA Ganado Lechero, especialmente a Hernani Guilherme Barbosa Filho por todo su apoyo y asistencia.

A los miembros del jurado, por su disponibilidad e intercambio de conocimientos.

RESUMEN

La industria heladera cada vez va en crecimiento, el helado es un producto elaborado por diferentes industrias y con materias primas variables por lo cual se puede modificar el uso de ingredientes para potencialmente mejorar las características sensoriales o nutricionales de los helados.

Colombia es conocido por la producción de aguacate (*Persea Americana Mill., Lauraceae*), para exportación, lo cual conlleva a que también sea conocida la oferta de aguacate que no cumple con los parámetros para exportación sea vendido a buenos precios dentro del territorio nacional, debido a esta oferta es factible pensar en el uso de este producto en diversas industrias ya que gracias a sus características nutricionales permite un mayor aporte en el contenido de vitaminas, minerales, proteínas y fibra, así como incorporar altas concentraciones de ácidos grasos insaturados.

Para el caso de la albumina de huevo esta permite el desarrollo de alimentos saludables debido a su contenido de aminoácidos ramificados y propiedades tecnológicas como capacidad emulsionante y espumante, que junto con la leche la cual contiene 3,5% de proteínas, esta proteína contiene 2 tipos principales de proteínas: caseína (80%) y proteínas de suero (20%), estas se distinguen por que las caseínas son insolubles, mientras que las proteínas de suero son solubles, las caseínas son bastante estables a la desnaturalización por calor, estas proteínas de la leche tienen dos funciones específicas en el helado, principalmente estabilizar la emulsión y la espuma continua, así como la estabilidad del aire que se incorpora al helado, Contribuyen al sabor característico de la leche.

En este contexto, el enfoque principal del presente trabajo es estudiar y optimizar la incorporación de albúmina de huevo y pulpa de aguacate al helado, con el objetivo de agregar ingredientes con potencial nutricional positivo para la salud. Para ello se diseñaron 10 formulaciones de helado con diferentes porcentajes de albumina de huevo y pulpa de aguacate. A partir de estas formulaciones se determinaron características tecno funcionales (overrun,

tiempo de caída de primera gota y velocidad media de fusión) en las formulaciones planteadas las cuales permitirían llegar a la formulación con mejores características a la cual se le determinaron propiedades físico químicas (viscosidad, textura, contenido fenólico total, color, densidad, pH, acidez titulable, análisis proximal, perfil de ácidos grasos),y microbiológicos (Recuento de aerobios mesófilos, NMP de Coliformes Totales, NMP de *E. coli*, Recuento de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva, Búsqueda de *Salmonella spp*).

Para la realización de análisis a la muestra seleccionada se tomó como referencia una muestra blanco o control la cual es una formulación estándar de helado sin la adición de pulpa de aguacate y albumina de huevo, según los análisis realizados la formulación seleccionada presenta valores que podrían ser beneficiosos para el consumidor gracias a sus cualidades físicas y nutricionales.

Los resultados obtenidos en el estudio muestras características favorables para el helado con pulpa de aguacate y albumina, comparado con el control, adicionalmente se evidencio la no afectación microbiología, y mayores contenidos de ácidos grasos como acido oleico y linoleico.

Cabe resaltar en el desarrollo de esta formulación se caracterizó por el uso de pocos ingredientes, permitiendo al producto estar con la tendencia de etiquetas limpias, mínimamente procesadas y con ingredientes lo más naturales posibles y adicionalmente el aprovechamiento de un alimento tan importante como lo es el aguacate en Colombia. Al final es un producto enfocado a cubrir requerimientos nutricionales en poblaciones que más lo necesitan como son los niños.

Palabras clave: Helado, aguacate, albumina, grasa, proteína.

ABSTRACT

The ice cream industry is increasingly growing; ice cream is a product produced by different industries and with variable raw materials, which is why the use of ingredients can be modified to potentially improve the sensory or nutritional characteristics of ice cream.

Colombia is known for the production of avocado (*Persea Americana* Mill., Lauraceae), for export, which means that the supply of avocado that does not meet the parameters for export is also known and is sold at good prices within the national territory. Due to this offer, it is feasible to think about the use of this product in various industries since, thanks to its nutritional characteristics, it allows a greater contribution in the content of vitamins, minerals, proteins and fiber, as well as incorporating high concentrations of unsaturated fatty acids.

In the case of egg albumin, it allows the development of healthy foods due to its content of branched amino acids and technological properties such as emulsifying and foaming capacity, which together with milk which contains 3.5% protein, this protein contains 2 main types of proteins: casein (80%) and whey proteins (20%), these are distinguished by the fact that caseins are insoluble, while whey proteins are soluble, caseins are quite stable to heat denaturation, these Milk proteins have two specific functions in ice cream, mainly stabilizing the emulsion and continuous foam, as well as the stability of the air that is incorporated into the ice cream. They contribute to the characteristic flavor of milk.

In this context, the main focus of the present work is to study and optimize the incorporation of egg albumin and avocado pulp into ice cream, with the aim of adding ingredients with positive nutritional potential for health. For this, 10 ice cream formulations were designed with different percentages of egg albumin and avocado pulp. From these formulations, techno-functional characteristics were determined (overrun,

Keywords: Ice cream, avocado, albumin, fat, protein. first drop fall time and average melting speed) in the proposed formulations which would allow reaching the formulation with the best characteristics for which physical and chemical properties were determined (viscosity, texture, total phenolic content, color, density, pH, titratable acidity, proximal analysis, fatty acid profile), and microbiological (*Count of mesophilic aerobes, NMP of Total Coliforms, NMP of E. coli, Count of coagulase-positive Staphylococcus aureus, Search for Salmonella spp*).

To carry out analysis on the selected sample, a blank or control sample was taken as a reference, which is a standard ice cream formulation without the addition of avocado pulp and egg albumin. According to the analyzes carried out, the selected formulation presents values that could be beneficial for the consumer thanks to its physical and nutritional qualities.

The results obtained in the study show favorable characteristics for the ice cream with avocado pulp and albumin, compared to the control, additionally, no microbiological affectation was evident, and higher contents of grade acids such as oleic and linoleic acid.

It is worth highlighting that the development of this formulation was characterized by the use of few ingredients, allowing the product to be with the trend of clean labels, minimally processed and with the most natural ingredients possible and additionally the use of a food as important as avocado in Colombia. In the end, it is a product focused on covering nutritional requirements in populations that need it most, such as children.

Keywords: Ice cream, avocado, albumin, fat, protein.

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de overrun	48
Ecuación 2. Porcentaje de derretimiento.....	49
Ecuación 3. Determinación de densidad	55
Ecuación 4. Determinación de la acidez	57
Ecuación 5. Contenido de carbohidratos totales	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales causas de rechazo en el aguacate hass.....	36
Figura 2. Principales componentes del huevo de gallina.	40
Figura 3. Fotografías de los helados preparados con las formulaciones planteadas, pulpa de aguacate y albumina en porcentaje.	60
Figura 4. Comparación derretimiento (durante 50 min) helado patrón vs formula seleccionada	67
Figura 5. Viscosidad muestra control.	70
Figura 6. Viscosidad muestra seleccionada.	70
Figura 7. Dureza muestra control	72
Figura 8. Dureza muestra seleccionada	72

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Aguacate Hass utilizado en el proceso	42
Fotografía 2. Pulpa de Aguacate refrigerada.....	43
Fotografía 3. Licuadora utilizada en el proceso.....	44
Fotografía 4. Recipiente de acero inoxidable.	45
Fotografía 5. Refrigerador vertical LFB marca Lassele.	46
Fotografía 6. Mezcla de la pulpa de aguacate con la mezcla madurada.....	46
Fotografía 7. Incorporador de aire Labo 8/12 E CARPIGIANI	47
Fotografía 8. Montaje prueba de derretimiento.	50
Fotografía 9. Reómetro rotativo RheolabQC Anton Paar	51
Fotografía 10. Analizador de textura de alimentos EZ-SX marca Shimadzu	52
Fotografía 11. Espectrofotómetro UV/VIS UV-3300 MAPADA	52
Fotografía 12. Espectrofotómetro de esfera Serie SP60	54
Fotografía 13. Montaje prueba densidad.....	55
Fotografía 14. HI 8424 Medidor Portátil de pH/ORP marca HANNA.....	56
Fotografía 15. Cromatógrafo FID con columna CP Sil-88 (100m * 0.25mm *0.2 µm; Varian Inc; EUA).....	58
Fotografía 16. Lab Spary Dryer	59

LISTA DE GRAFICAS

<i>Grafica 1. Medición de antioxidantes</i>	<i>54</i>
Grafica 2. Curvas comportamiento general porcentaje de derretimiento	64
Grafica 3. Curvas comportamiento muestra control en velocidad de fusión.....	67
Grafica 4. Curvas comportamiento muestra optimizada en velocidad de fusión	68
Grafica 5. Determinación perfil de ácidos grasos	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje aproximado de las principales proteínas presentes en la leche de vaca.	23
Tabla 2. Porcentaje aproximado de los principales ácidos grasos presentes en la leche de vaca.	25
Tabla 3. Composición aproximada de aguacate Hass (Persea Americana)	38
Tabla 4. Composición de la clara de huevo.....	39
Tabla 5. Formulaciones de helado de aguacate con albumina de huevo.....	48
Tabla 6. Materias primas y variables respuestas	61
Tabla 7. Formulación del helado seleccionada	66
Tabla 8. Viscosidad del helado (mPa·s).....	69
Tabla 9. Dureza del helado	70
Tabla 10. Resultado de medición densidad (g/mL)	73
Tabla 11. Medición de acidez titulable (% de ácido láctico/100g)	73
Tabla 12. Resultado de Punto de congelación(°C).....	73
Tabla 13. Resultado de medición de pH	74
Tabla 14. Medición color	74
Tabla 15. Resultado de medición polifenoles (mg Acido gálico/g de helado)...	76
Tabla 16.. Análisis proximal y microbiológico	76
Tabla 17. Correlación matemática entre los diferentes porcentajes de proteína, solidos totales, grasa total para las formulaciones planteadas.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIOALI	Grupo de investigación Biotecnología de alimentos Universidad de Antioquia
DM2	Diabetes mellitus tipo 2.
FAME	Éster metílico de ácido graso
FID	Detector de ionización de llama
GAE	Equivalentes de ácido gálico.
GQAQ	Grupo de investigación de química analítica y quimiometria. Universidad federal de Juiz de Fora
KDa	Kilo Dalton
MetS	Síndrome metabólico.
MO	Ovo mucoide
MPa	Mili pascal.
MSNF	Extracto magro seco de la leche
NMP	Numero Más Probable
NTC	Normas Técnicas Colombianas
S.A.S	Sociedad por Acciones Simplificada
UHT	Ultra alta temperatura
USD	dólares Estadunidenses

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	7
1 INTRODUCCIÓN	17
1.1 OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo General	20
1.1.2 Objetivos Específicos	20
2 REVISIÓN DE LA LITERATURA	21
2.1 EL HELADO	21
2.1.1 Producción de helado.....	21
2.1.2 Ingredientes del helado.....	22
2.1.3 Procesamiento de helados	27
2.1.3.1 Preparación de la mezcla.....	27
I. Pasteurización	28
II. Homogeneización.....	29
III. Maduración.....	29
IV. Aromas	29
2.1.3.2 Propiedades de la mezcla.....	30
I. Propiedades físicas de la mezcla.....	30
II. Propiedades mecánicas	33
2.2 EL AGUACATE	34
2.3 EL HUEVO.....	39
3 MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1 MATERIALES Y REACTIVOS.....	42
3.2 ELABORACIÓN DEL HELADO.....	44
3.3 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES TECNO FUNCIONALES EN EL HELADO.....	48
3.3.1 Overrun	48
3.3.2 Porcentaje de derretimiento y tiempo de caída primera gota	49
3.3.3 Evaluación parámetros reológicos y texturales.....	50
3.4 EVALUACIÓN PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN EL HELADO	52

3.4.1	Contenido fenólico total	52
3.4.2	Color.....	54
3.4.3	Densidad	55
3.4.4	pH.....	56
3.4.5	Acidez titulable	56
3.4.6	Análisis proximal	57
3.4.7	Perfil de ácidos grasos.....	57
3.4.8	Análisis microbiológico.....	58
3.4.9	Procesamiento de muestras en Spray Dryer	58
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
5	CONCLUSIONES.....	80

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las Normas Técnicas Colombianas-NTC 1329 de 2002, el helado es un producto alimenticio, higienizado, edulcorado, obtenido a partir de una emulsión de grasas y proteínas, con adición de otros ingredientes y aditivos permitidos o sin ellos; o bien a partir de una mezcla de agua, azúcares, otros ingredientes y aditivos permitidos sometidos a congelamiento con batido o sin él, en condiciones tales que garanticen la conservación del producto en estado congelado o parcialmente congelado durante su almacenamiento, transporte y consumo final. Según, Karaman et al (2014), el helado se puede definir como un postre suave, dulce y frío, el cual se prepara a partir de una mezcla congelada de productos lácteos y saborizantes; en ese sentido, el helado es un producto lácteo congelado, el cual es consumido por personas de todas las edades a nivel mundial (Sun-Waterhouse et al. 2013).

Los países con mayor consumo de helado per cápita en el mundo son: Nueva Zelanda, Estados Unidos y Australia, con un total de 28.4, 20.8 y 18 litros por persona/año, respectivamente (Menke 2018). En Suramérica, los mayores consumidores de helado son Argentina, Chile y Brasil, con consumos per cápita entre 6 a 9 litros de helado persona/año (Godoi 2019). En Colombia, al año se producen 98 millones de litros de helado aproximadamente, con un consumo per cápita de 3.1 litros de helado persona/año (Sectorial 2019). Por último, el Fortune Business Insights estima que el mercado mundial de helados alcanzará los USD 104.96 mil millones en ventas para el año 2029, frente a los USD 71.52 mil millones en 2021, lo anterior representa un aumento de más del 30% en ventas de helados, en menos de una década (Food & Beverages Report 2022).

Sin embargo, aunque el mercado mundial de helados es cada vez mayor, el consumo de helado se ha visto cuestionado ya que se ha asociado a diversas enfermedades tales como: la obesidad, el síndrome metabólico (MetS), diabetes mellitus tipo 2 (DM2), problemas cardiovasculares, hipertensión y, trastornos cardio metabólicos (Deshpande 2017); lo anterior, debido a que algunas de las materias primas usadas en la fabricación del helado contienen altos niveles de ácidos grasos saturados, las cuales pueden elevar los niveles de colesterol total en la sangre (Guo 2018), generando como

consecuencias posibles problemas de enfermedad coronaria aterosclerótica (Bier 2016). Las enfermedades no transmisibles como son la cardiopatía coronaria y los accidentes cerebrovasculares son responsables de 17,8 millones de muertes en el mundo (Kaptoge 2019). Para el caso de Colombia, la enfermedad cardiovascular es la responsable de un 28,7% de toda la mortalidad del país (Camacho 2018).

Dado lo anterior, se hace importante buscar materias primas emergentes que permitan el desarrollo de helados más saludables, en ese sentido se reportan la elaboración de helados con vegetales (Su'i 2020), proteínas aisladas de soya (Guo 2018); castañas (Espinoza 2020); aloe vera (Verma 2018); avellana (Atalar et al. 2021), aceite de oliva (Güven 2018) y leche de coco (Perera y Perera 2021), entre otros. Sin embargo, aunque las materias primas anteriormente mencionadas son una buena alternativa para la fabricación de helados, existen otras materias primas emergentes como son el aguacate y la albumina de huevo. El aguacate debido a sus propiedades nutricionales y de beneficio para la salud, dado su alto contenido de ácidos grasos insaturados y de compuestos bioactivos (Dreher y Davenport 2013); en tanto que la albumina, es una buena fuente de proteína y de vitaminas (Abeyrathne et al. 2013).

En ese orden de ideas, el aguacate (*Persea Americana* Mill., Lauraceae), es un fruto rico en contenido de vitaminas, minerales, proteínas y fibra, así como altas concentraciones de ácidos grasos insaturados (Tremocoldi 2018; Olagunju 2017). En el caso de la pulpa de aguacate se reporta un contenido de grasa total, ácidos grasos monoinsaturados y fitoesterol de 15.4g/100g, 9.8g/100g y 57mg/100g, respectivamente, (Ervina 2017). Lo anterior, hace del aguacate una materia prima apta para el desarrollo de alimentos con amplia gama de posibles beneficios para la salud (Jimenez et al 2021). En general, se reporta el uso de aguacate para la formulación y desarrollo de diversos productos tales como: aceite (Wolf 2009), productos congelados y deshidratados (Zafar 2018), guacamole y salsa (Araújo, 2018), panes (Peluola-Adeyemi 2021); galletas (Silva 2019; Hussein 2021), tortas (Eteng 2020), yogures (Öner 2020) y jugos (Jobil 2021).

Para el caso de la albumina de huevo, esta es de importancia para el desarrollo de alimentos saludables ya que contiene aminoácidos ramificados

como leucina (89 mg/g), isoleucina (56 mg/g) y valina (73 mg/g) (Farjami 2021).; además, posee buenas propiedades tecnológicas como capacidad emulsionante y espumante, fundamentales para el desarrollo de alimentos (Sanusi 2020). La albumina, contiene proteínas estructurales fibrosas (ovomucina), glicoproteínas (ovoalbúmina, inhibidores de proteasa), proteínas antibacterianas (lisozima) y péptidos (Jalili 2020). Con respecto al desarrollo de alimentos con albumina se reporta la elaboración de snacks (Kocherla 2012); Fideos (Wang et al. 2011), productos en polvo (Pertiwi 2020); finalmente se reporta el uso de albumina hidrolizada para la formulación de helados (Lopez y Moreno 2021).

En este contexto, el enfoque principal del presente trabajo es estudiar y optimizar la incorporación de albúmina de huevo y pulpa de aguacate al helado, con el objetivo de agregar ingredientes con potencial nutricional positivo para la salud.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Caracterizar algunas propiedades físico químicas y reológicas del desarrollo de un helado elaborado a partir de leche de vaca albumina de huevo y pulpa de aguacate

1.1.2 Objetivos Específicos

- Formular y desarrollar un helado a partir de leche de vaca, albumina de huevo y pulpa de aguacate.
- Optar por una formulación de helado en función de algunas de sus propiedades tecno funcionales.
- Evaluar las propiedades físico-químicas y reológicas de un helado formulado a partir de leche de vaca, albumina de huevo y pulpa de aguacate.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 EL HELADO

2.1.1 Producción de helado

Aunque las tradiciones de consumo de helados y, por lo tanto, de fabricación son muy profundas en los Estados Unidos, el producto se introdujo desde Europa y muchos países europeos no solo tienen una larga historia con el helado, sino que también tienen una historia de amor sociológico duradero por el producto, lo que refleja la experiencia estadounidense.

El helado evolucionó a partir de prácticas centenarias que implicaban enfriar alimentos y bebidas con nieve, que se describía en escritos históricos romanos que se remontan al siglo I d.C. Probablemente el primer paso importante en la evolución del helado moderno se produjo con el desarrollo de los procesos de congelación en agua utilizando sal y hielo, que se describió ya en 1530 en Italia, pero no se utilizó para congelar mezclas de alimentos dulces hasta mediados del siglo XVII. (Goff et al. 2013)

Quizás la primera receta publicada de helado de agua provino del confitero francés Nicolas Audiger en 1692, en la que afirmaba que había estado sirviendo estos postres en la corte de Luis XIV de Francia desde 1662. François Massialot también describió la congelación de helados en su libro de cocina también de 1692. En una edición de 1712, Massialot añadió una receta que incluía leche, a la que llamó "Fromage à l'Angloise". Los libros de cocina de principios del siglo XVIII sugieren que los ingleses preferían las recetas a base de crema y azúcar, mientras que los franceses preferían las recetas de helado o leche y clara de huevo. Esta evolución del helado a base de lácteos "comer caliente" está quizás más asociada con climas más fríos, en comparación con el helado y el agua "comer fríos" (Goff et al. 2013).

La industria mundial de los helados está formada por unas pocas multinacionales (por ejemplo, Unilever, Nestlé, Häagen-Dazs, Baskin-Robbins) y empresas nacionales que ofrecen productos que se venden en supermercados o servicios de venta al por menor de alimentos. En todo el mundo, los fabricantes de helados artesanales representan alrededor del 10%

del volumen de producción, pero hasta el 20% del valor de la industria, aunque las cifras precisas son difíciles de determinar. (Goff et al. 2013).

El helado es un producto lácteo elaborado mediante pasteurización, homogeneización, aireación y congelación que se mantiene en una consistencia uniforme. Es un producto económico, saludable, nutritivo y sabroso.

El helado se compone básicamente de azúcar, grasa, emulsionantes, estabilizantes, agua, ovoproductos, jarabe de maíz, dextrosa y sabores. Es una red trifásica compuesta por aire, sólido y líquido en el producto final. La fase líquida contiene cristales de hielo en forma incrustada y células de aire en forma dispersa, proteínas de leche, sales solubles e insolubles, partículas de grasa, estabilizadores y azúcares también están presentes en la fase líquida. Por lo tanto, es un sistema alimentario fisicoquímico muy complejo. El helado se clasifica como un postre lácteo congelado. (Syed 2018).

De acuerdo con la NTC 1239, el helado se define como un producto alimenticio higienizado y endulzado, obtenido a partir de una emulsión de grasas y proteínas, con la adición de otros ingredientes y aditivos permitidos o sin ellos o una mezcla de agua, azúcares, otros ingredientes y aditivos permitidos sujetos a congelación (NTC-1239 2012).

En los últimos años, los avances en los estudios de ciencia y tecnología del helado han demostrado que se pueden lograr mejores parámetros de viscosidad, emulsificación y crioprotección, así como valor nutricional, con el uso de nuevos ingredientes. (Utpott 2019)

2.1.2Ingredientes del helado

El azúcar en forma líquida o sólida seca se agrega al helado de 12 a 20%, pero 14-16% es el nivel preferible. Se puede agregar jarabe de maíz para reemplazar hasta un 45% de azúcar en el helado para facilitar su manipulación y almacenamiento. (Syed, 2018)

Tabla 1 Porcentaje aproximado de las principales proteínas presentes en la leche de vaca.

PROTEÍNA	g/L	%
Caseínas	28	78
αs1-caseína	12,4	34,7
αs2-caseína	3	8,3
β-caseína	7	19
κ-caseína	4,2	12
γ-caseína	1,4	4
Proteínas de suero	20	22
β-lactoglobulina	4,2	11,7
α-lactoalbúmina	1,1	3
Fracción de peptona proteasa	0,8	2,2
Inmunoglobulina G	0,6	1,7
Inmunoglobulina M	0,09	0,25
Inmunoglobulina A	0,01	0,027
Albúmina de suero	0,3	0,83
lactoferrina	0,1	0,27
Proteínas de la membrana de las células grasas	0,7	2

Fuente: Adaptado de GARCIA, 2013

La leche de vaca contiene aproximadamente un 87% de agua, consiste en un 4,8% de lactosa, un 4% de grasa presente en forma de pequeñas células sanguíneas y un 3,5% de proteínas que se encuentran en 3 formas, en la superficie del glóbulo de grasa aglomerado en partículas coloidales y como proteínas globulares en la fase acuosa, junto con pequeñas cantidades de sales inorgánicas, como calcio y fósforo aproximadamente 0.29% (Clarke, 2015). La proteína de la leche es proporcionada tradicionalmente por la porción de crema de suero y leche, y por la inclusión de leche condensada o leche en polvo. (Goff y Hartel 2013).

Los componentes de la leche, excepto la grasa y el agua, se conocen como sólidos lácteos desnatados (MSNF), y se proporcionan como leche líquida y leche desnatada en polvo. Como se puede observar en la tabla 1, la leche contiene 2 tipos principales de proteínas: caseína (80%) y proteínas de suero (20%), estas se distinguen por su solubilidad, las caseínas son insolubles, mientras que las proteínas de suero son solubles, existen 4 proteínas de caseína principalmente, αS1, αS2, β, κ-caseína. La mayoría de las proteínas de caseína están presentes como partículas coloidales típicamente de 100 nm de tamaño conocidas como micelas de caseína, las micelas dispersan la luz, esto explica la opacidad de la leche, las caseínas son

tensioactivos porque los extremos de la cadena consisten principalmente en aminoácidos hidrófilos (como la serina y el ácido glutámico) mientras que el otro consiste principalmente en especies hidrofóbicas como la leucina, valina y fenilalanina.

Las caseínas son bastante estables a la desnaturalización por calor, pero pueden desnaturalizarse por un calor excesivo que conduce a la agregación y la precipitación.

Las proteínas de la leche tienen dos funciones específicas en el helado, principalmente estabilizar la emulsión y la espuma continua, así como la estabilidad del aire que se incorpora al helado. Contribuyen al sabor característico de la leche.

El suero de leche es una fuente económica de proteína láctea, ya que es un subproducto de la fabricación del queso. A menudo se usa en forma de polvo. Sin embargo, tiene algunos inconvenientes a la hora de hacer helados. En primer lugar, puede aumentar la cantidad de lactosa en la formulación, lo que puede hacer que la lactosa se salga de la solución y forme cristales que producen una textura arenosa en el helado; En segundo lugar, el suero no es muy estable al calor y puede desnaturalizarse durante el proceso de fabricación, reduciendo su funcionalidad. La elección de la fuente de proteína de leche se basa en la disponibilidad, la conveniencia y el costo. Los productos líquidos ofrecen facilidad y rapidez de respuesta y pesaje, mientras que los polvos no requieren almacenamiento en frío y tienen una composición más consistente. (Clarke 2015).

Sólidos totales, incluye la suma de todos los ingredientes sólidos y secos del helado. La grasa, el azúcar, el MSNF, los estabilizantes y los emulsionantes contribuyen a ello. El agua se reemplaza con sólidos totales en la mezcla de helado. Las propiedades del helado se ven especialmente reforzadas por la adición de suero sólido, yema de huevo, nata dulce y huevos. (Syed, 2018)

El agua, un componente muy ignorado pero muy influyente presente en el aire y el agua congelados. El agua mantiene la fase continua en el helado añadiéndola en forma sólida o líquida. Los productos lácteos también contribuyen al contenido de agua. (Syed 2018).

Aire Durante la preparación del helado, se incorpora aire a la mezcla para aumentar el volumen. La calidad del helado está influenciada por la cantidad de aire incorporado. La calidad del producto se puede controlar mediante la adición uniforme de aire. La calidad del aire se mantiene mediante filtros instalados en congeladores. (Syed, 2018).

Estabilizadores. Los tipos básicos de estabilizadores que se agregan al helado provienen de dos fuentes; Animales: gelatina de hueso y piel de becerro; Las gomas vegetales (agar-agar, carboximetilcelulosa, alginato sódico, acacia, avena, carragenina y karaya). La capacidad de retención de agua de los estabilizadores es muy alta y se agrega en pequeñas cantidades (Syed 2018).

Emulsionantes, Durante la fabricación de helados, se añaden emulsionantes que suavizan la textura y completan la distribución de las celdas de aire. Los glóbulos de grasa, los cristales de hielo y el agua forman la emulsión y atrapan el aire. Los monoglicéridos y diglicéridos son los emulsionantes más comunes utilizados en los helados. (Syed 2018)

El huevo, es muy valioso en la alimentación y aporta un sabor deseable a los helados, el complejo de proteínas y lecitina de las yemas de huevo es muy preferido en mezclas donde se reducen los sólidos totales y se preparan con mantequilla. (Syed, 2018).

Tabla 2. Porcentaje aproximado de los principales ácidos grasos presentes en la leche de vaca.

NOMBRE COMÚN	%	ENLACES DOBLES
<i>Ácidos grasos saturados</i>		
Butírico	4,5	0
Caproico	2,2	0
Caprílico	2,5	0
Capric	3,8	0
Láurico	5	0
Mirístico	11	0
Palmítico	25	0
Esteárico	7	0
<i>Ácidos grasos monoinsaturados</i>		
Oleico	3	1
<i>Ácidos grasos poliinsaturados</i>		
Linoleico	2	2
Linolénico	0,7	3
Araquidónico	0,7	4

Fuente: Adaptado de GARCIA, 2013

Grasa láctea, la grasa láctea es la fuente habitual de grasa en los helados, está presente en la leche en forma de pequeños glóbulos, de 0,1 a 10 μm de tamaño, rodeada por una pequeña membrana de 8-10 nm de espesor, que consiste principalmente en proteínas y fosfolípidos, la membrana estabiliza las gotas de grasa. La homogeneización de la leche reduce el tamaño de los glóbulos de grasa, aumentando la superficie, ya que no hay una membrana suficiente para cubrir toda la superficie de la grasa para que se absorban las otras especies anfifílicas de leche, micelas de caseína y proteínas de suero.

Como se puede ver en la tabla 2, la grasa láctea consiste en una mezcla de una amplia gama de ácidos grasos y tiene un perfil de fusión adecuado para la elaboración de helados. Esto se debe a que la grasa láctea es predominante pero no del todo sólida entre -5 y 5 ° C, el rango de temperatura es lo que forma la estructura de la grasa del helado durante la congelación. El contenido de grasa de la leche en los helados puede oscilar entre menos del 1 y el 20%, dependiendo de factores como las regulaciones, las características esperadas, el precio y la competencia. Dentro de la categoría de helado de 8 a 10% de grasa, el contenido de MSNF debe reducirse para evitar la alta viscosidad y el potencial de "arenoso". (Goff et al. 2013)

Debido a la escasez de mantequilla durante la Segunda Guerra Mundial, los fabricantes en el Reino Unido comenzaron a usar otras fuentes de grasa para producir helados, como el aceite de coco, en parte porque los aceites vegetales eran más baratos. La legislación varía entre los diferentes países, es difícil hacer helados de buena calidad con grasas que tienen un perfil de fusión diferente al de la grasa láctea, el aceite de girasol por ejemplo no da como resultado un producto estable, se han utilizado aceite de coco, aceite de palma y aceite de almendras porque tienen perfiles de fusión bastante similares a los de la grasa láctea, La temperatura del helado de aceite de palma, por ejemplo, tiende a ser muy sólida, por lo que en el producto parece que estás comiendo una cera.

2.1.3 Procesamiento de helados

En el procesamiento de helados, es esencial elegir las materias primas, los ingredientes y el empaque correctos utilizados para asegurarse de que no interfieran con la calidad del producto final. Otro factor crítico es el agua utilizada como ingrediente en la fabricación, la cual debe cumplir con estándares de potabilidad, y se deben realizar pruebas de laboratorio para asegurar su calidad, además de contar con buenas prácticas de manufactura en todo el proceso, asegurando así la vida útil del producto (Gavioli, 2017).

2.1.3.1 Preparación de la mezcla

Se trata de llevar los ingredientes al área de preparación, pesarlos, medirlos y combinarlos. Los componentes no disueltos deben mantenerse en suspensión hasta que estén completamente hidratados o dispersarse en tamaños tan pequeños que permanezcan suspendidos en la mezcla terminada. Si todos los ingredientes están en forma líquida, el proceso es rápido y preciso, siempre que las composiciones y densidades de cada ingrediente sean consistentes de un lote a otro. Los sistemas automatizados de fabricación de mezclas con frecuencia emplean microprocesadores para calcular la cantidad de cada ingrediente para una fórmula específica, iniciar y detener el flujo cuando se transfiere la cantidad deseada y registrar datos útiles para futuras referencias. (Goff et al. 2013)

Para facilitar el funcionamiento con un sistema totalmente líquido, a menudo es necesario disolver algunos ingredientes secos. Por lo general, se elaboran en forma concentrada y se almacenan en refrigeración hasta que se necesiten. Es extremadamente importante que estos ingredientes se hidraten a la misma concentración de un lote a otro. Al mezclar los ingredientes secos con un poco de azúcar cristalina antes de agregarlo lentamente al líquido, el líquido debe estar frío (menos de 30 ° C) cuando se agreguen sólidos lácteos sin grasa (MSNF), cacao o ingredientes similares. Se deben seguir las instrucciones del fabricante para agregar estabilizantes y emulsionantes. Los productos congelados añadidos, por ejemplo, mantequilla o nata congelada, deben cortarse en trozos pequeños y derretirse el tiempo suficiente antes de

la pasteurización. Los colorantes y saborizantes se agregan después de la pasteurización en el momento de congelar la mezcla. (Goff et al. 2013)

I. Pasteurización

Todas las mezclas deben ser pasteurizadas, ya que este proceso destruye los microorganismos, salvaguardando la salud de los consumidores. Además, la mayoría de las enzimas hidrolíticas, las naturales de la leche cruda, que pueden dañar el sabor y la textura, son destruidas por la pasteurización. La pasteurización agrega pocos gastos adicionales, porque la mezcla necesita calentarse para disolver o hidratar los ingredientes secos. La homogeneización se puede lograr mejor a temperaturas cercanas a la pasteurización.

Algunos aspectos se pueden tener en cuenta en la pasteurización:

- En la medida de lo posible, los productos lácteos no deben volver a pasteurizarse.
- El recuento máximo de bacterias de los ingredientes utilizados.
- Requisitos de tiempo y temperatura para la pasteurización.
- Recuento máximo permitido de bacterias aeróbicas y recuentos de coliformes de los productos terminados.
- El producto debe ser congelado en el local donde se pasteuriza.

La pasteurización adecuada consiste en calentar rápidamente a una temperatura mínima definida, mantener esa temperatura durante un tiempo mínimo y luego enfriar rápidamente a una temperatura inferior a 5 °C.

Algunas ventajas de la pasteurización son el hecho de que la mezcla está sustancialmente libre de microorganismos vegetativos, la eliminación de todos los patógenos que puedan estar en los ingredientes, la ayuda en la mezcla, la fusión de la grasa, la reducción de la viscosidad, la mejora del sabor de la mayoría de las mezclas, la extensión de la calidad de mantenimiento en unas pocas semanas y el aumento de la uniformidad del producto. (Goff et al. 2013).

II. Homogeneización

El objetivo principal de la homogeneización es hacer una suspensión estable y uniforme de la grasa, reduciendo el tamaño de los glóbulos a menos de 2 mm. Cuando una mezcla está correctamente homogeneizada, la grasa no sube y forma una capa de crema, ni el producto congelado tiene una sensación aceitosa en la boca (Goff et al. 2013).

III. Maduración

La pasteurización y la homogeneización alteran las formas físicas de la suspensión de sólidos en las mezclas de helados. Es común que este período sea de 4 a 24 horas, y así permitir que se produzca la cristalización de la grasa en el emulsionante, ya que es necesaria la cristalización casi completa de los lípidos para asegurar una adecuada desestabilización de la grasa durante la congelación. Además, hay un reordenamiento considerable de las moléculas en la interfaz del glóbulo de grasa.

La adsorción de proteínas que se produce durante la homogeneización no conduce a la interfaz más favorable desde el punto de vista energético, especialmente en presencia de emulsionantes de bajo peso molecular. A temperaturas de maduración, los emulsionantes desplazan la proteína en la interfaz del glóbulo de grasa. Además, algunos de los estabilizadores hidrocoloides requieren tiempo para que la hidratación proporcione aumentos significativos en la viscosidad (Goff et al. 2013).

IV. Aromas

La mayoría de los fabricantes procesan las mezclas simplemente eligiendo agregar materiales aromatizantes en el congelador. Además, la mayoría de estos sabores se compran listos para usar. Los materiales aromatizantes se eligen en función de las preferencias del consumidor, la disponibilidad, los costos, el equipo necesario para introducir saborizantes en el producto, las implicaciones del etiquetado (como la ventaja percibida de tener "todo natural" en la etiqueta), la estabilidad del material aromatizante y las consideraciones de empaque.

Los saborizantes generalmente se agregan a las mezclas antes del procesamiento. Se agregan saborizantes líquidos y puros para mezclar en el

tanque de especias antes de congelar. Las frutas y los frutos secos se pueden añadir a las mezclas antes de la congelación continua, siempre que estén finamente molidos o picados y distribuidos uniformemente en la mezcla, aunque normalmente se añaden después de la congelación.

La adición de ingredientes a la mezcla pasteurizada constituye un punto crítico de control dentro del plan HACCP (análisis de peligros y puntos críticos de control) en la fabricación de helados, ya que no hay más procesos letales que recibe el producto. Por lo tanto, es importante que todas las operaciones en este punto se realicen de manera higiénica y que los ingredientes estén libres de microorganismos patógenos. Los patógenos más probables en este momento son *Listeria Monocytogenes* y *Salmonella* (Goff et al. 2013).

2.1.3.2 Propiedades de la mezcla

I. Propiedades físicas de la mezcla

La mezcla de helado representa un complejo sistema coloidal. Algunos de los constituyentes se encuentran en solución verdadera (azúcares, incluida la lactosa y las sales), otros están suspendidos coloidalmente (micelas de caseína, estabilizadores, sólidos edulcorantes insolubles y parte de fosfatos de calcio y magnesio) y los glóbulos de grasa están en dispersión. Aunque las proteínas de suero de leche se disuelven, tienen poco efecto sobre el punto de congelación.

Las sustancias en solución verdadera son pequeñas moléculas o iones y tienen una fuerte afinidad por el agua. Las sustancias en suspensión coloidal generalmente tienen partículas con una carga eléctrica opuesta a la del solvente, y la atracción mutua estabiliza la suspensión. Cargas eléctricas similares en las partículas las mantienen separadas, lo que ayuda a mantener la suspensión. En ocasiones, las sustancias suspendidas pueden no tener suficiente atracción por el disolvente y puede que no haya suficiente viscosidad para mantenerlas suspendidas.

Las partículas coloidales hidrofóbicas tienen tan poca afinidad por el agua que, si no hay carga en la partícula, se produce precipitación. Por otro lado, las sustancias con un alto grado de afinidad por el agua, los coloides hidrófilos (por ejemplo, estabilizadores), pueden permanecer suspendidas

incluso cuando no tienen carga eléctrica. Las sustancias gruesas dispersas o suspendidas (por ejemplo, materiales aromatizantes) no permanecen uniformemente dispersas, sino que se sedimentan o aumentan en función de su densidad en relación con el medio de suspensión.

Debido a que el helado es tan complejo, muchos factores tienen un impacto en el estado físico. Las propiedades importantes de la mezcla incluyen estabilidad, densidad, acidez, viscosidad, tensión interfacial y superficial, calor específico y punto de congelación (Goff et al. 2013).

Estabilidad de la mezcla

La estabilidad de la mezcla se refiere a la resistencia a la separación de las proteínas de la leche en suspensiones coloidales y la grasa de la leche en emulsión. La inestabilidad da lugar a la separación de glóbulos de grasa debido a la formación de nata, partículas proteicas como material coagulado o precipitado, o un suero derretido transparente o congelado.

La mezcla de helado se homogeneiza para reducir los glóbulos de grasa relativamente grandes a partículas finas altamente dispersas. Una distribución normal de glóbulos de grasa tiene un promedio centrado alrededor de 0,5-1,0 mm y un tamaño máximo de aproximadamente 2 mm. Los glóbulos de grasa en la mezcla homogeneizada están rodeados por una capa de interfaz de proteínas y emulsionantes.

La estabilidad de las proteínas depende de su estabilidad y del equilibrio adecuado en la solución de pH y sales. El calor excesivo en la pasteurización, por ejemplo, puede alterar la conformación de las proteínas de suero (desnaturalización), lo que lleva a su adsorción a la micela de caseína y a la eventual precipitación. Además, cualquier cambio en las condiciones del disolvente puede provocar un aumento de la precipitación de proteínas. Esto provoca un aumento indeseable de la viscosidad de la mezcla, que puede afectar negativamente al producto (Goff et al. 2013).

a. Densidad

La densidad de la mezcla de helado varía según la composición. Los niveles elevados de MSNF, azúcares y estabilizadores aumentan la densidad, mientras que el aumento de la grasa disminuye la densidad de la mezcla (la grasa tiene una densidad de aproximadamente 0,9 g/ml en comparación con 1,0 g/ml del agua). La densidad de las mezclas de helado puede oscilar entre 1,0544 y 1,1232 g/mL, con un promedio de una mezcla de grasa del 10% de aproximadamente 1,1 g/mL.

b. Acidez de la mezcla

La acidez titulable normal de las mezclas varía con el porcentaje de MSNF contenido y se puede calcular multiplicando el porcentaje de MSNF por un factor de 0,017. Por lo tanto, una mezcla que contenga un 11% de MSNF tendría una acidez titulable normal del 0,187%. El pH normal de la mezcla de helado es de aproximadamente 6,3. La acidez y el pH están relacionados con la composición de la mezcla: un aumento de MSNF aumenta la acidez y reduce el pH. Si se utilizan componentes de leche fresca de excelente calidad, se puede esperar que la mezcla tenga una acidez normal. La acidez aparente o natural de la mezcla de helado es causada por las proteínas de la leche, las sales minerales (principalmente fosfatos y citratos).

La acidez desarrollada es causada por la producción de ácido láctico por la fermentación bacteriana de la lactosa en los productos lácteos. Cuando la acidez de la mezcla o del helado es más alta de lo normal, es probable que la acidez desarrollada estuviera presente en los productos lácteos utilizados en la mezcla. La alta acidez no es deseable, ya que contribuye al exceso de viscosidad de la mezcla, la disminución de la velocidad de mezcla, el sabor inferior y una mezcla menos estable. Este último puede contribuir a la "cocción" durante el procesamiento y la pasteurización, ya que el calor y la acidez aceleran la desnaturalización de las proteínas (Goff et al. 2013).

II. Propiedades mecánicas

El derretimiento del helado es importante de dos maneras: derritiéndose en la boca durante el consumo y derritiéndose relacionado con el almacenamiento a temperaturas cálidas. A medida que el calor penetra en el helado, eliminando el calor latente, el agua del hielo derretido debe difundirse y mezclarse con la fase de suero más concentrada. Esta dilución disminuye la viscosidad, la fase sérica drena por el resto de las estructuras.

En la prueba de fusión, algunos helados se derriten y fluyen completamente a través de la pantalla, dejando solo residuos, mientras que otros colapsan solo ligeramente, dejando una estructura casi intacta que permanece en la pantalla. Las tasas de fusión y las características del helado están influenciadas por muchos factores. La capacidad del calor para penetrar en el helado afecta la velocidad de fusión. Se espera que un rebasamiento mayor reduzca la difusividad térmica, proporcionando un efecto aislante y, por lo tanto, ralentizando las tasas de fusión.

La dureza del helado es una propiedad importante, ya que afecta directamente a la capacidad del cucharón. Como cualquier consumidor que alguna vez haya intentado sacar un helado de un recipiente sacado directamente de un congelador que está demasiado frío, sabe que la dureza es directamente proporcional a la temperatura del helado. Esto demuestra la influencia de la temperatura, así como la influencia del volumen de la fase de hielo, y el método de medición estándar para la dureza del helado; la prueba de penetración. En esta prueba, se presiona una sonda de penetrómetro en el helado endurecido y se mide la cantidad de fuerza requerida para penetrar una distancia específica. También se han utilizado tijeras oscilantes de ángulo pequeño para cuantificar las propiedades del helado y correlacionarlas con los atributos (Goff et al. 2013).

2.2 EL AGUACATE

El aguacate (*Persea Americana Mill., Lauraceae*) es una fruta importante originaria de Centroamérica y México, se cultiva en casi todas las regiones tropicales y subtropicales (Tremocoldi 2018). A nivel mundial, la producción de aguacate alcanzó un estimado de 6,3 millones de toneladas en 2018, lo que representa un aumento del 6,7 por ciento desde 2017.

Ha venido creciendo a una tasa media anual del 6%. En 2018, alrededor del 35% de la producción mundial de aguacate se destinó a la exportación. Más de la mitad de toda la producción de aguacate se lleva a cabo en América Central y el Caribe, en gran parte debido a la fuerte posición de México y República Dominicana. La producción en México representó más de un tercio de la producción mundial en 2018, habiendo crecido alrededor de un 11% con respecto a 2017 como resultado de importantes inversiones en tecnologías y áreas de mejora y expansión del rendimiento (FAO, 2018).

En Colombia, el valor de las exportaciones de aguacate creció un 37,64% en el primer semestre de 2019, en comparación con el mismo periodo de 2018. El valor de las exportaciones aumentó de USD 38,46 millones en 2018 a USD 52,94 millones en 2019. Hubo un incremento del 58,01% en el peso exportado, pasando de 17.142 toneladas en 2018 a 27.085 toneladas en 2019. Los principales destinos de exportación fueron los Países Bajos, Reino Unido, España, Bélgica, Arabia Saudita, Francia y Estados Unidos; Países Bajos es el principal destino del aguacate con una cuota del 48,91% en el primer semestre de 2019, seguido de Reino Unido con un 23,25%, España con un 9,58%, Bélgica con un 9,4%, Arabia Saudí con un 2,44%, Francia con un 1,84% y Estados Unidos con un 1,77%. Estados Unidos es el mayor comprador de aguacates del mundo y en 2017 Colombia ganó elegibilidad en este mercado.

Las exportaciones de aguacate colombiano al mercado estadounidense están creciendo rápidamente. Los valores para el primer semestre de 2018 representan USD 118,4 mil y 60 toneladas, mientras que para 2019 aumentaron a USD 939,6 mil y 477,4 toneladas, lo que representa un crecimiento de 693% en valor y 695% en peso exportado (ANALDEX 2019).

En 2019 se sembraron cerca de 20.182 hectáreas de aguacate Hass en Colombia, que produjeron 148.429 toneladas, es decir, 32.267 hectáreas más

(27,7% más). Los cultivos de aguacate, en todas sus variedades, producen alrededor de 596.814 toneladas en 84.587 hectáreas. En Colombia, los departamentos de Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del Cauca y Quindío concentran el 86% de la superficie total de aguacate en el país. Además, se estima que existen unos 15.000 productores en unas 22.000 unidades de producción cuya principal actividad económica es el cultivo de aguacate. Y cerca de 62.000 personas en el país están involucradas directa e indirectamente en los diversos eslabones de la cadena productiva del aguacate (ICA 2020).

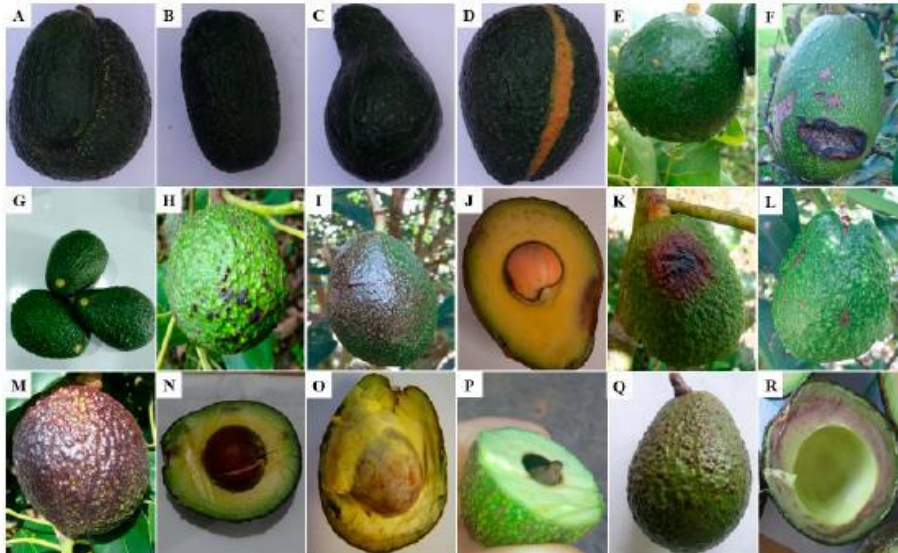
Los frutos de aguacate tienen una alta calidad nutricional, como se puede observar en la tabla 3, contienen altos niveles de vitaminas, minerales, proteínas y fibras, así como altas concentraciones de ácidos grasos insaturados, que son beneficiosos para la salud. Además, la piel y la semilla del aguacate son ricas en fitoquímicos bioactivos como ácidos fenólicos, taninos condensados y flavonoides, incluidas procianidinas, flavonoides, ácidos hidroxibenzoicos y ácidos hidroxicinámicos.

En todo el mundo se cultivan diferentes variedades de aguacate, Hass y Fuerte se encuentran entre las más consumidas. El procesamiento industrial de aguacates genera grandes cantidades de subproductos agroindustriales. Por lo tanto, es interesante reutilizar estos subproductos tanto para reducir su impacto negativo en el medio ambiente como para aportarles valor, ya que son fuentes importantes de compuestos fitoquímicos. (Tremocoldi 2018)

Las pérdidas de producción a lo largo de la cadena de suministro de alimentos tienen consecuencias de gran alcance para el medio ambiente y afectan las condiciones sociales y económicas de la cadena, especialmente en países en desarrollo como Colombia, por lo que se necesitan relaciones organizacionales que permitan mejorar la pérdida y el aprovechamiento poscosecha del aguacate debido a la susceptibilidad de este producto. Se deben tener en cuenta aspectos como la capacitación del personal en logística y despliegue de tecnología, con un almacenamiento y transporte adecuados. Ahora se ha estimulado la producción del aguacate Hass para los pequeños y medianos productores que ofrecen aguacates con amplias variaciones de tamaño, apariencia y calidad. De ahí la falta de interés de los grandes exportadores que reclaman que estos aguacates sean rebajados por falta de

uniformidad. El Ministerio de Agricultura está trabajando para mejorar estos parámetros. (Bustos 2018).

Figura 1. Principales causas de rechazo en el aguacate hass..



Malformation, nutritional deficiencies, mechanical defects, disorders and environmental damage affecting fruit in Hass avocado: (A) malformation of unknown origin; (B) boron deficiency; (C) zinc deficiency; (D) natural variegation; (E) fruit shape; (F) mechanical damage; (G) fruit without pedicel; (H) herbicide damage; (I) ring-neck; (J) impact damage; (K) sunburn damage; (L) hailstone damage; (M-O) overripe fruit; (P) necrotic seed; (Q) lenticel damage; (R) chilling injury.

Fuente: Ramírez 2020.

Las principales causas de rechazo de frutos durante la precosecha y la cosecha son: calibres bajos, daños en la epidermis por plagas de insectos de la subfamilia Melolonthidae, ácaros, el insecto Monalotion, frutos demasiado maduros y daños por quemaduras solares. Además, patologías como la antracnosis y la pudrición del tallo, y los problemas asociados al oscurecimiento de los haces vasculares, la maduración irregular, las lesiones por frío y el daño de las lenticelias fueron muy limitantes en los empacadores. El análisis económico identificó pérdidas de 5.78 y 5.68 por ciento en granjas y mataderos, respectivamente, lo que equivale a 80.29 dólares por tonelada producida. (Ramírez 2020).

Se ha informado que las personas que consumen aguacate regularmente tienden a tener un suministro suficiente de nutrientes de fibra dietética, vitamina K, vitamina E, potasio, magnesio y complejo vitamínico B.

Se ha descubierto que el consumo de aguacate tiene efectos positivos en los perfiles lipídicos al aumentar los niveles de colesterol HDL, reducir la peroxidación lipídica sérica y promover la salud cardiovascular. Además, el fitoesterol también ha demostrado ser un compuesto eficaz contra la diabetes mellitus tipo 2, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares y previniendo el cáncer. (Ervina et al. 2017). A medida que el aguacate madura, la grasa saturada disminuye y el ácido oleico monoinsaturado aumenta. Uso de salsas y cremas de aguacate como alternativa a las cremas o cremas ricas en SCA. Gracias a sus propiedades nutricionales, el aguacate ha sido procesado de diferentes maneras, como aguacate congelado, aguacate deshidratado, guacamole, aguacate puro o salsa, aceite de aguacate, procesado por altas presiones. (Zafar 2018).

Tabla 3. Composición aproximada de aguacate Hass (*Persea Americana*)

NUTRIENTE / FITO QUÍMICO		VALOR POR 100 G
Proximal		
Água	(g)	72.3
Energia	(kcal)	167
Proteína	(g)	1.96
Lipídios Totais	(g)	15.4
Cinzas	(g)	1.66
Carboidratos Por Diferença	(g)	8.64
Fibra Dietética Total	(g)	6.80
Açúcares Totais	(g)	0.30
Amido	(g)	0.11
Minerales		
Cálcio	(mg)	13.0
Hierro	(mg)	0.61
Magnésio	(mg)	29.0
Fósforo	(mg)	54.0
Potásio	(mg)	507
Sódio	(mg)	8.0
Zinco	(mg)	0.68
Cobre	(mg)	0.17
Manganeso	(mg)	0.15
Selenio	(ug)	0.40
Vitaminas E Fito Químicos		
Vitamina C	(mg)	8.80
Tiamina	(mg)	0.08
Riboflavina	(mg)	0.14
Niacina	(mg)	1.91
Ácido pantotênico	(mg)	1.46
Vitamina B-6	(mg)	0.29
Betaína	(mg)	0.7
Vitamina B12	(µg)	0.0
Vitamina A	(µg RAE)	7.0
Betacaroteno	(µg)	63.0
Alfa caroteno	(µg)	24.0
Criptoxantina Beta	(µg)	27.0
Luteína + Zeaxantina	(µg)	271
Vitamina E (alfa tocoferol)	(mg)	1.97
Beta tocoferol	(mg)	0.04
Gama tocoferol	(mg)	0.32
Delta Tocoferol	(mg)	0.02
Vitamina K1	(µg)	21
Lipídios		
Ácidos grasos saturados totales	(g)	2.13
16:0.	(g)	2.08
Ácidos grasos monoinsaturados totales	(g)	9.80
18:1.	(g)	9.07
Ácidos grasos poliinsaturados totales	(g)	1.82
18:2.	(g)	1.67
18:3.	(g)	0.13
Colesterol	(mg)	0
Estigmasterol	(mg)	2.0
Campesterol	(mg)	5.0
Beta-sitosterol	(mg)	76

Fonte: Adaptado de USDA, 2011

2.3 EL HUEVO

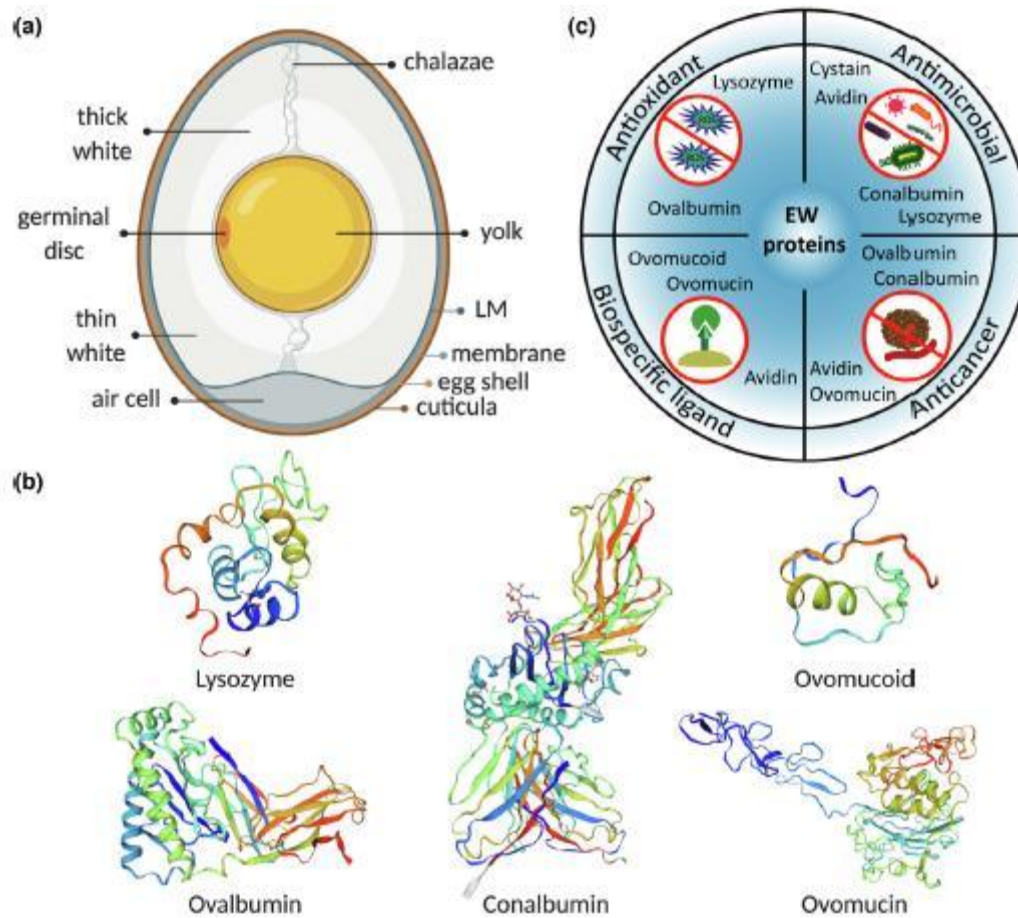
La industria avícola es una de las industrias animales de más rápido crecimiento a nivel mundial (Wang 2011). El huevo es una fuente encapsulada de macro y micronutrientes que cumple con todos los requisitos para apoyar el desarrollo embrionario hasta la eclosión. El perfecto equilibrio y diversidad de sus nutrientes, junto con su alta digestibilidad y su precio asequible, han puesto al huevo en el punto de mira como alimento básico para el ser humano. (Rehault, 2019) El alto valor biológico de las proteínas del huevo es de gran interés en el desarrollo de dietas hipocalóricas para pacientes con sobrepeso debido a su alto poder saciante. Además de su potencial nutricional y gastronómico, el huevo es una buena fuente de hidrolizados y péptidos bioactivos con actividad antioxidante o antihipertensiva, por lo que el huevo es una muy buena fuente de ingredientes funcionales (Lopez y Moreno 2021).

Tabla 4. Composición de la clara de huevo.

COMPONENTE	CLARA DE HUEVO (58%)	
Agua	(g)	88,6
Proteína	(g)	10,6
Lípidos	(g)	0,1
Carbohidratos	(g)	0,8
<i>Vitaminas</i>		
Vitamina B1	(mg)	10
Vitamina B2	(mg)	430
Vitamina B6	(mg)	10
Vitamina B12	(mg)	0,1
Acido fólico	(mg)	12
Niacina	(mg)	90
Biotina	(mg)	7
Ácido pantoténico	(mg)	250
<i>Aminoácidos Esenciales</i>		
Isoleucina	(mg)	240
leucina	(mg)	560
Lisina	(mg)	880
Metionina + Cisteína	(mg)	660
Fenilalanina + Tirosina	(mg)	670
Treonina	(mg)	1020
Triptófano	(mg)	470
Valina	(mg)	170

Fuente: Adaptado de JALILI, 2020

Figura 2. Principales componentes del huevo de gallina.



Fonte: Adaptado de JALILI, 2020

La Figura 2 muestra:

- La cáscara, la membrana de la cáscara, la yema y la clara.
- estructura 3D de las cinco proteínas principales de la clara de huevo; ovoalbúmina, conalbúmina, lisozima, ovomucoide y ovomucina.
- Las proteínas de la clara de huevo presentan diferentes propiedades biológicas, lo que las convierte en compuestos bioactivos

El ovomucoide (MO) es una glicoproteína que constituye el 11% del total de proteínas de las claras de huevo. Con 186 residuos de aminoácidos en su cadena, la MO tiene un peso molecular de 28 kDa y un pI de 4,1. Su estructura consta de un 46% de palas, un 10% de vueltas y un 26% de hélice junto con un 18% de bobinas aleatorias. Además, la molécula de MO se divide en tres

dominios, cada uno de los cuales contiene 60 aminoácidos y está reticulado por tres enlaces disulfuro intradominio, sin embargo, no hay un puente disulfuro entre los dominios. La MO funciona como un inhibidor de la tripsina. Además, también es reconocido como un alérgeno destacado en las claras de huevo debido a su fuerte resistencia al calor y a la digestión enzimática y a su reactividad alérgica.

La ovomucina es otra glicoproteína que se encuentra en las claras de huevo y aporta el 3,5% de la proteína. Se organiza en dos subunidades: la subunidad -alfa y la subunidad unida al disulfuro. La subunidad α contiene un nivel más bajo de carbohidratos (15%) y tiene un peso molecular de 210 kDa, mientras que la subunidad -a con un peso molecular de 5500-8300 kDa es rica en carbohidratos.

La lisozima es una enzima secretora que constituye el 3,4% de la proteína total de las claras de huevo. La cadena polipeptídica única de lisozima contiene 129 aminoácidos con un peso molecular de 14,4 kDa y un pI de 10,9. La estructura tridimensional de la lisozima se compone de dos dominios: el dominio N que consiste en láminas antiparalelas y el dominio C que contiene cuatro hélices. Los dos dominios están segregados por un motivo de hélice-bucle-hélice que se encuentra en la parte superior del sitio activo de la enzima. El lisosoma está reticulado por 4 enlaces disulfuro, lo que da como resultado estabilidad térmica y cohesión (Jalili 2020)

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES Y REACTIVOS

Para la elaboración del helado, se utilizaron diferentes tipos de leche: líquida entera UHT, en polvo descremada y en polvo entera todas las referencias de leche marca Colanta®.

Fotografía 1. Aguacate Hass utilizado en el proceso



El aguacate Hass (*Persea americana*) fue cosechado en el municipio de marinilla-Antioquia, el aguacate contenía un 16.5% de grasa en base húmeda. La sacarosa marca Riopaila-Castilla ®. Tanto la leche, la sacarosa y los aguacates fueron adquiridos en un mercado local de Medellín. La albumina de huevo en polvo, fue suministrada por la empresa IA-Ingeniería de alimentos S.A.S® (Itagüí, Antioquia), la cual tenía un contenido de proteína del 75%. El estabilizante para helado marca Blendtech®, compuesto por almidón de yuca, goma guar, pectina de bajo metoxilo, pectina de alto metoxilo, mono y diglicéridos.

Fotografía 2. Pulpa de Aguacate refrigerada



Para la obtención de la pulpa de aguacate, según Tesfaye (2022), en general los aguacates se lavaron con agua potable, se secaron con un paño posteriormente se retiró la cascara y la semilla, consecutivamente la pulpa se procedió a macerar con una espátula de acero inoxidable previamente lavada, la pulpa fue almacenada en un recipiente plástico hermético y refrigerada a 4°C hasta incorporación con el producto final.

Para la determinación del contenido fenólico se usaron los reactivos Folin-Ciocalteu, MERCK®, carbonato de sodio al 20% MERCK®, ácido gálico SIGMA ALDRICH® 99%. Para determinación del perfil de ácidos grasos; Ácido oxálico dihidratado SIGMA ALDRICH®, 98%, metil acetato MERCK® 99%, cloruro de sodio VETEC® 99%, éter etílico MERCK® 99,5%, Hexano grado HPLC MERCK®, Isopropanol MERCK® 99%, Metanol grado HPLC SIGMA ALDRICH®, Metóxido de sodio 30% en metanol FLUKA®, Patrón metil éster de CLA sintético LUTA-CLA® 60%, Patrón metil éster de C18:1 trans 11 SUPELCO®, Patrón metil éster de ácido linolénico SUPELCO®, Patrón metil

éster de ácido linoleico SUPELCO®; Patrón metil éster de ácido cis 5,8,11,14,17 eicosapentaenoico SUPELCO®, patrón FAME mix-37 SIGMA ALDRICH®. Para la cuantificación de la acidez se utilizó una solución de hidróxido de sodio 0.1N PANREAC APPLICH®.

3.2 ELABORACIÓN DEL HELADO

El helado patrón se formuló de acuerdo con los parámetros establecidos en la Norma técnica Colombia-NTC 1239 de 2002, la formulación del helado se realizó utilizando el complemento de Microsoft Excel-Solver, versión 16, año 2016®.

Fotografía 3. Licuadora utilizada en el proceso.



Para la elaboración de la mezcla base para helado, inicialmente todos los ingredientes sólidos se pesaron en una Balanza Electrónica Portátil Traveler Ta302 — Ohaus con capacidad de $300 \pm 0.01\text{g}$.

En una licuadora Oster BLST4655 de 3 Velocidades usando la velocidad media se mezclaron: la leche líquida entera, la leche en polvo entera, la leche en polvo descremada, el azúcar y el emulsificante hasta lograr homogeneidad.

Fotografía 4. Recipiente de acero inoxidable.



Posteriormente la mezcla se pasteurizó en un recipiente de acero inoxidable con capacidad de 5 litros se llevó a una temperatura de 85 ± 2 °C durante 90 segundos, luego de ello, se enfrió rápidamente hasta alcanzar 60°C. Inmediatamente se agregó la albumina de huevo deshidratada la cual se agregó con agitación manual mientras se mantenía la temperatura durante 4 minutos; posteriormente se continuo enfriando rápidamente hasta una temperatura de 18 ± 1 °C, inmediatamente la mezcla fue cerrada herméticamente y se llevó a la etapa de maduración durante 4 horas a 4 ± 1 °C en un refrigerador vertical LFB marca Lassele.

Fotografía 5. Refrigerador vertical LFB marca Lassele.



Fotografía 6. Mezcla de la pulpa de aguacate con la mezcla madurada.



Luego de la maduración de la mezcla, esta se procesó en un incorporador de aire Labo 8/12 E CARPIGIANI, en donde se añadió con la pulpa de aguacate, esta etapa de incorporación de aire se realizó por 15 minutos, una vez terminada esta fase el producto se empacó en recipientes de espuma de poliestireno de 453g, e inmediatamente fueron llevados a un LAINOX RDM051S a una temperatura de $-30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 120 minutos, luego de lo cual

se almacenaron a $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ en un congelador vertical Lassele -LFB-147, hasta realización de los ensayos correspondientes. En la tabla 5, se pueden ver las diferentes formulaciones.

Fotografía 7. Incorporador de aire Labo 8/12 E CARPIGIANI



Este procedimiento fue realizado en total 10 veces correspondientes a cada una de las formulaciones del helado, ver tabla 5, que representa un plan de mezcla con 7 componentes: los valores de los componentes A y E, que son constantes; Los valores de los componentes LLE, LPE y LPD son ajustados desde el programa de Excel Solver, considerando la Norma técnica Colombiana 1239 de 2002; y los valores de los componentes PAH y AL se ajustaron considerando porcentajes bajos con el fin de mejorar las características del helado sin afectar de manera abrupta su formulación inicial.

Tabla 5. Formulaciones de helado de aguacate con albumina de huevo.

Formulación	Porcentajes de Materias Primas							TOTAL
	AL	PAH	LLE	LPE	LPD	A	E	
1 (f)	0	0	84.5	5.54	1.71	8	0.25	100
2 (*)	0	6	77.69	6.32	1.74	8	0.25	100
3 (f)	0	12	70.89	7.1	1.76	8	0.25	100
4(*)	10	0	73.45	6.82	1.47	8	0.25	100
5 (c)	10	6	66.65	7.61	1.49	8	0.25	100
6(*)	10	12	59.85	8.39	1.51	8	0.25	100
7 (f)	20	0	62.42	8.11	1.22	8	0.25	100
8(*)	20	6	55.61	8.9	1.24	8	0.25	100
9 (f)	20	12	48.81	9.68	1.26	8	0.25	100
10 (c)	10	6	66.65	7.61	1.49	8	0.25	100

LLE: Leche líquida entera, LPE: Leche en polvo entera, LPD: leche en polvo descremada, PAH: Pulpa de aguacate Hass, AL: Albumina de huevo, A: azúcar, E: emulsificante.

Fuente: Adaptado de NTC 1239, 002

3.3 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES TECNO FUNCIONALES EN EL HELADO

Algunas de las propiedades tecnológicas, que se determinaron para el helado desarrollado a partir de pulpa de aguacate y albumina de huevo, fueron: overrun, porcentaje de derretimiento y tiempo de caída de primera gota. Las metodologías se describen a continuación.

3.3.1 Overrun

Para la determinación del overrun, se siguió la metodología descrita por Goff (2013). Para lo cual se tomó la masa de la mezcla de helado madurada por 4 horas (M1); posteriormente, la mezcla madurada se batió por 15 minutos en un incorporador de aire Labo 8/12 E CARPIGANI, una vez terminado el proceso de batido se tomó nuevamente la masa del helado (M2).

Ecuación 1. Determinación de overrun

$$\% O = \frac{M1 (g) - M2 (g)}{M2} * 100 \quad (2)$$

Donde: %O: Porcentaje de aire incorporado a la muestra-Overrun; M1: Masa de la mezcla

madurada en gramos, M2: Peso del helado luego de la incorporación de aire en gramos.

3.3.2 Porcentaje de derretimiento y tiempo de caída primera gota

Para la determinación del porcentaje de derretimiento, se siguió la metodología dada por Goff (2013) y Guner, (2007), lo cual se describe brevemente: se tomaron 50g de masa de helado (MI), el cual estaba almacenado a -18°C durante 72 horas, posteriormente se cronometró el tiempo inicial en el cual ocurrió la caída de la primera gota; luego de este tiempo, se registró el peso de la masa de helado derretido (MD) en intervalos de 5 minutos hasta la fusión total de la muestra a una temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Los datos se tomaron hasta un tiempo máximo de 75 minutos para cada formulación.

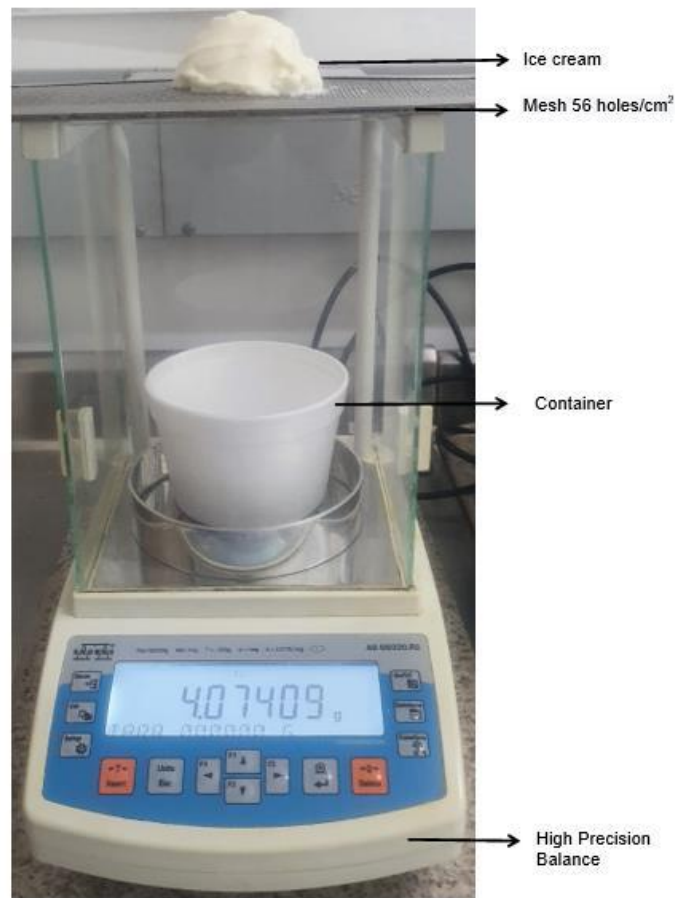
En la fotografía 1, se puede ver el montaje de la prueba, la cual consta de un soporte que sostiene una malla de 56 orificios/ $[\text{cm}]^2$, debajo de la malla se colocó un recipiente de poliestireno espumado de 16 onzas de capacidad, el cual estaba dispuesto sobre una balanza analítica AS 60/220.R2 PLUS ± 0.05 . El porcentaje de derretimiento se calculó con la Ecuación 2. Se calculó la velocidad de fusión del helado (gramos de helado derretido por minuto) para cada formulación a partir del porcentaje de derretimiento del helado para cada una de las formulaciones.

Ecuación 2. Porcentaje de derretimiento.

$$\% \text{ Derretimiento} = \frac{MD}{MI} * 100 \quad (3)$$

Adicionalmente, se calculó la velocidad promedio de fusión del helado (gramos de helado derretido por minuto) para cada formulación.

Fotografía 8. Montaje prueba de derretimiento.



3.3.3 Evaluación parámetros reológicos y texturales

Para la determinación de la viscosidad de mezcla de helados, se hizo de acuerdo con la metodología descrita por Nagar (Para la determinación de la viscosidad de la mezcla de helados, esta se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Nagar (2002), para lo cual se usó un reómetro rotativo RheolabQC Anton Paar, equipado con módulo de control de temperatura (celda CoolPeltier); las mediciones se hicieron por triplicado a temperatura constante de 20°C, con rampa lineal para la tasa de corte (shear rate) en el intervalo de 100 a 200 [1/s]. Se utilizó un dispositivo CC27 SN53537 (Toolmaster™) de cilindro concéntrico. Los datos de viscosidad obtenidos se reportaron como el promedio en mPa a través del uso del software RheoCompass, del mismo fabricante.

Fotografía 9. Reómetro rotativo RheolabQC Anton Paar



Para el análisis de textura de los helados, se hicieron con un analizador de textura de alimentos EZ-SX marca Shimadzu, con celda de carga con capacidad de 500 Newtons (N), configurado con una sonda de acero inoxidable con punta de 6 mm diámetro y sobre una base plana, de acuerdo a lo expuesto por Homyouni (2018) Se realizó un ensayo de compresión la sonda se llevó hasta una profundidad de 25 mm a una velocidad de 1 mm/s en sentido descendente y ascendente. Se determinó la dureza como la fuerza de compresión máxima (N), durante la penetración de la muestra y la adhesividad como la fuerza máxima negativa durante la retirada del dispositivo, a través del uso del software TRAPEZIUM X, del mismo fabricante. Para cada ensayo se usaron 500 g de muestra de helado, la cual fue dispuesta en recipiente de poliestireno expandido (PS).

Fotografía 10. Analizador de textura de alimentos EZ-SX marca Shimadzu



3.4 EVALUACIÓN PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN EL HELADO

3.4.1 Contenido fenólico total

Fotografía 11. Espectrofotometro UV/VIS UV-3300 MAPADA

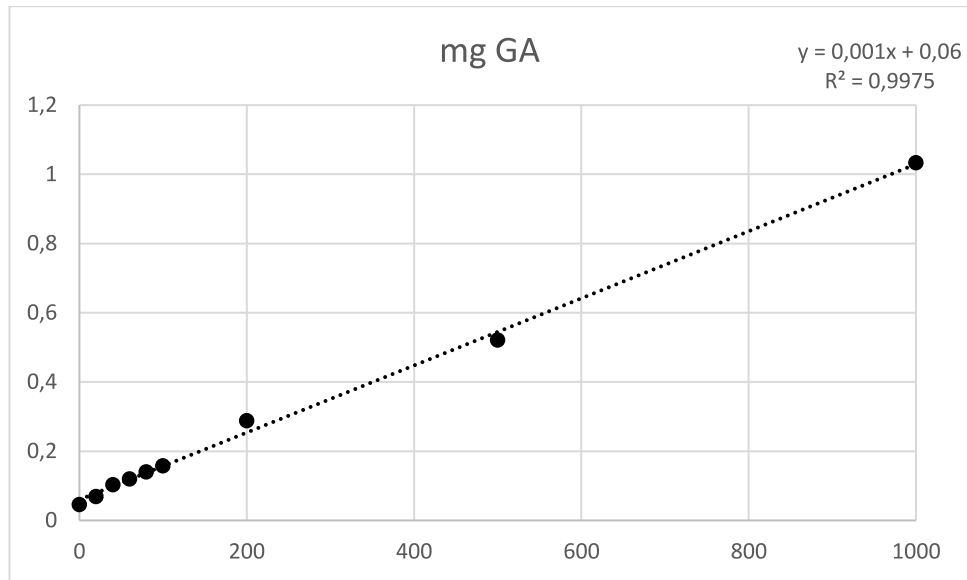


Para la determinación del contenido fenólico total se realizó con el reactivo de Folin-Ciocalteu; siguiendo la metodología descrita por (Hoyos et al. 2018); la cual se divide en dos partes, en la primera parte se realiza la curva de calibración para la determinación de fenoles totales y en la segunda parte se realiza la medición de la muestra. Para la realización de la curva de calibración se preparó una solución de ácido gálico de 1000ppm y se realizaron diluciones de 500ppm, 200ppm, 100ppm, 80ppm, 40ppm, 0 ppm. La curva de calibración se realizó con el espectrofotómetro UV/VIS UV-3300 MAPADA, para cada una de estas se adiciono agua, reactivo de Folin-Ciocalteu y solución de carbonato de sodio a una concentración de 20%. Cada una de estas mezclas se agitó en un vortex marca Ohaus durante 30 segundos a 1500 rpm luego cada una fue llevada a una sala en total oscuridad durante 60 minutos a temperatura ambiente (25°C), enseguida se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS UV-3300 MAPADA a una longitud de onda de 725 nm. Se utilizo como blanco agua destilada.

Para la medición del contenido fenólico total de la muestra de helado, se midieron 20µL de la muestra de la mezcla para helado, a la cual se adicionaron 1580 µL de agua y 100 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu más 300 µL de solución de carbonato de sodio a una concentración de 20%. La mezcla se agitó en un vortex marca Ohaus durante 30 segundos a 1500 rpm luego se llevó a una sala en total oscuridad durante 60 minutos a temperatura ambiente (25°C).

Posteriormente, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS UV-3300 MAPADA a una longitud de onda de 725 nm, el cual contenía la curva de calibración relacionada anteriormente. Los resultados fueron expresados como mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por gramo de peso seco (mg de GAE / g DW). Se realizaron las mediciones por triplicado.

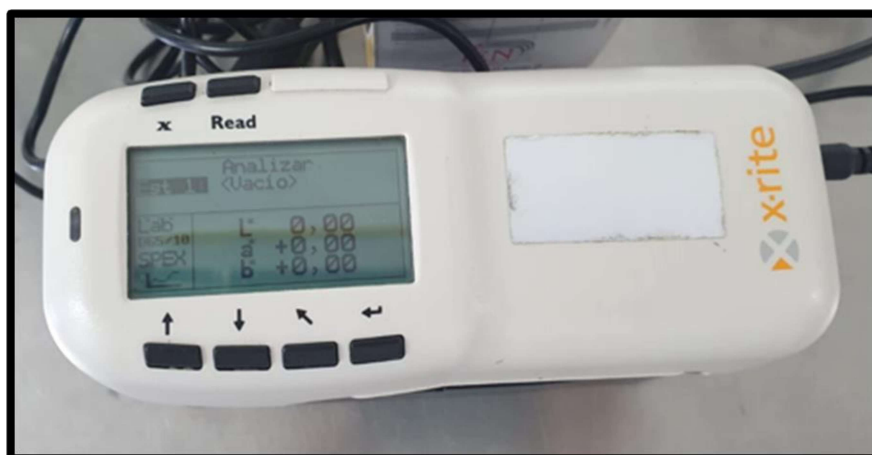
Grafica 1. Medición de antioxidantes



3.4.2 Color

Para la determinación del color en la muestra de helado, se siguió la metodología descrita por Ramírez (2015); para la cual, se usó un espectrofotómetro de esfera Serie SP60 (X-Rite PANTONE), con un motor espectral compacto con tecnología de muestreo dinámico giratorio (DRS). Antes de realizar las pruebas, el equipo fue calibrado con color blanco y negro. La prueba de color se realizó con 10g de mezcla de helado y las mediciones se realizaron por triplicado en cada una de las muestras. Los resultados de las mediciones se registraron como coordenadas de color L^* (claridad), $+a^*$ (enrojecimiento), $+b^*$ (amarillez).

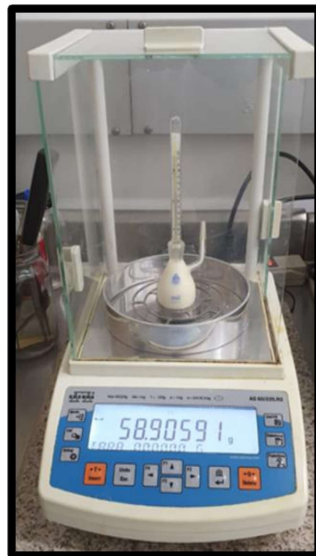
Fotografía 12. Espectrofotómetro de esfera Serie SP60



3.4.3 Densidad

La densidad de la mezcla de helado se determinó por picnometría, siguiendo la metodología dada por la AOAC 33.2.03 (925.22) [AOAC, 2000]; para lo cual se tomó un picnómetro (LMS, Germany) con un volumen conocido de 24.04185ml, el cual fue pesado y se registró el peso vacío, a continuación, fue aforado con la mezcla de helado y se pesó nuevamente. Para el cálculo de la densidad se utilizó la ecuación 4. Todos los pesos se determinaron en una balanza analítica (Radwag, Poland) con una precisión de 0.1 mg, esta medida de densidad fue realizada a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Fotografía 13. Montaje prueba densidad.



Ecuación 3. Determinación de densidad

$$\rho = \frac{m_{pi} - m_{pf}}{V_p} \quad (4)$$

Donde: ρ : Densidad, m_{pf} : Masa del picnómetro lleno, m_{pi} : Masa del picnómetro vacío, V_p : Volumen del picnómetro.

3.4.4 pH

Para determinar el pH de la mezcla para helado, se siguió el procedimiento dado por Ramírez (2015); para lo cual se utilizó un equipo HI 8424 Medidor Portátil de pH/ORP marca HANNA, previamente calibrado con soluciones tampón de pH 4.0, 7.0 y 10.0, según el método oficial 981,12 AOAC, (2000). Para medir el pH, se tomaron 10 ml de la mezcla de helado y se midió directamente, todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Fotografía 14. HI 8424 Medidor Portátil de pH/ORP marca HANNA



3.4.5 Acidez titulable

La determinación de acidez titulable de la mezcla de helado se realizó según la NTC 4978:2001; para lo cual se pesaron 10 g de mezcla para helado en un vaso de precipitado de 50ml; posteriormente, se procedió a adicionar 10 ml de agua destilada y se homogenizó con agitador magnético marca HANNA a 1000 rpm con medición directa del pH con el equipo HI 8424 Medidor Portátil de pH/ORP marca HANNA, posteriormente se fue agregando hidróxido de sodio 0.1 N hasta obtención de pH 8.3 a temperatura de 25°C. Se realizaron las mediciones por triplicado. La acidez se calculó según la ecuación 5, como porcentaje de ácido láctico (1 ml de NaOH 0,1 N = 0,09 g de ácido láctico).

Ecuación 4. Determinación de la acidez

$$\text{Acidez} = \frac{v * 0.9}{m} \quad (5)$$

Dónde: v: es el volumen en ml de la solución de hidróxido de sodio usada en la titulación; m: es la masa en g de la mezcla de helado y 0.9 es el factor de conversión para el ácido láctico.

3.4.6 Análisis proximal

Para la determinación de la Humedad, cenizas, grasas y proteína del helado, según AOAC (2005); los carbohidratos por diferencia según Vega-Castro et al (2022).

Ecuación 5. Contenido de carbohidratos totales

$$\%CH = 100\% - \sum (\%M + \%A + \%F + \%P) \quad (6)$$

Donde; %CH: Porcentaje de carbohidratos; %M: porcentaje de muestra; %A: porcentaje de cenizas; % F: porcentaje de grasa; %P: porcentaje de proteína.

3.4.7 Perfil de ácidos grasos

Para la determinación del perfil de ácidos grasos de la formulación optimizada del helado, se utilizó la metodología descrita por Hara y Radin (1978). La extracción de grasa se realizó con una mezcla de solventes hexano e isopropanol en proporción 3:2. La grasa obtenida se trans esterificó por catálisis alcalina usando solución de metóxido de sodio en metanol (Christie, 1982). Los esteres metílicos de ácidos grasos fueron inyectados al cromatógrafo FID con columna CP Sil-88 (100m * 0.25mm *0.2 µm; Varian Inc; EUA), para la determinación del perfil de ácidos grasos en la muestra.

Fotografía 15. Cromatógrafo FID con columna CP Sil-88 (100m * 0.25mm *0.2 µm; Varian Inc; EUA)



3.4.8 Análisis microbiológico

La determinación microbiológica se realizó a la muestra a los 30 días siguientes a la producción correspondiente a la formulación óptima del helado, para los siguientes análisis (Recuento de aerobios mesófilos, NMP de Coliformes Totales, NMP de *E. coli*, Recuento de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva, Búsqueda de *Salmonella spp*) Siguiendo la metodología AOAC 2015.13 Official Methods of analysis – OMA Edición Online 2018, ISO 4831:2006, ISO 4831:2006, ISO 6888-1:2001, ISO 6579:2002, correspondientes en el mismo orden.

3.4.9 Procesamiento de muestras en Spray Dryer

Para conseguir las muestras blanco y formulación optimizada en polvo para transportar a Brasil fue necesario llevar a el Lab Spary Dryer con las siguientes características.











Ajuste bomba peristáltica 30, Temperatura de salida 79,3, Boquilla 1.0 S, Ajuste del ventilador 100, Ajuste de temperatura 120°C, luego de esto la muestra en polvo se guardó en una bolsa plástica sellada herméticamente y permaneció guardada por 30 días hasta el análisis de ácidos grasos en EMBRAPA descrito anteriormente.

Fotografia 16. Lab Spary Dryer



4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 3. Fotografías de los helados preparados con las formulaciones planteadas, pulpa de aguacate y albumina en porcentaje.

Pulpa de aguacate	Albumina	Helado	Pulpa de aguacate	Albumina	Helado
0	0		10	6	
0	6		10	12	
0	12		20	0	
10	0		20	6	
10	6		20	12	

En la figura 3 se evidencian algunas fotografías de las diferentes formulaciones presentadas inicialmente para la realización de las pruebas tecnológicas con el fin de llegar a la optimización de la fórmula. Se evidencia también el cambio de color a simple vista con la adición de más pulpa de aguacate y la consistencia pastosa en las formulaciones con exceso de pulpa de aguacate y albumina como es el caso de la formulación 20% de aguacate y 12% de albumina que comparada con el patrón 0% de aguacate y 0% de albumina presenta características diferenciadas y perceptibles fácilmente.

Tabla 6. Materias primas y variables respuestas

Formulación	Porcentajes de Materias Primas							Variables respuestas		
	AL	PAH	LLE	LPE	LPD	A	E	VF	TC	PO
1 (f)	0	0	84.5	5.54	1.71	8	0.25	0.84 +/- 0.07	6.71 +/- 0.52	26.00 +/- 1.00
2 (*)	0	6	77.69	6.32	1.74	8	0.25	0.56 +/- 0.04	13.97 +/- 0.55	31.67 +/- 0.31
3 (f)	0	12	70.89	7.1	1.76	8	0.25	0.34 +/- 0.03	27.73 +/- 0.54	16.07 +/- 0.97
4(*)	10	0	73.45	6.82	1.47	8	0.25	0.45 +/- 0.07	14.04 +/- 0.7	26.67 +/- 0.58
5 (c)	10	6	66.65	7.61	1.49	8	0.25	0.22 +/- 0.01	23.97 +/- 0.35	31.03 +/- 1.05
6(*)	10	12	59.85	8.39	1.51	8	0.25	0.27 +/- 0.03	27.57 +/- 1.14	23.23 +/- 0.68
7 (f)	20	0	62.42	8.11	1.22	8	0.25	0.35 +/- 0.04	16.71 +/- 0.57	18.03 +/- 0.45
8(*)	20	6	55.61	8.9	1.24	8	0.25	0.18 +/- 0.01	26.37 +/- 0.67	24.47 +/- 0.50
9 (f)	20	12	48.81	9.68	1.26	8	0.25	0.24 +/- 0.02	28.36 +/- 1.07	14.67 +/- 0.58
10 (c)	10	6	66.65	7.61	1.49	8	0.25	0.22 +/- 0.01	23.97 +/- 0.35	31.03 +/- 1.05

LLE: Leche líquida entera. LPE: Leche en polvo entera. LPD: Leche en polvo descremada. PAH: Pulpa de aguacate Hass. AL: Clara de huevo deshidratada. A: azúcar. E: Emulsificante

En la tabla 6, se muestran los resultados del diseño para la elaboración de un helado con pulpa de aguacate y albumina de huevo todo esto en el complemento de Excel solver siguiendo la legislación Colombiana 1239 de 2002; en ese sentido, se puede observar que, el tiempo de caída de primera gota, el porcentaje de overrun y las velocidades de fusión estuvieron entre: 6.71 min - 28,36 min, 14,67%- 31,67% y 0.18 - 0.84 (g/min) respectivamente; en general la literatura reporta valores de tiempo de caída de: 14 minutos para helados preparado de yogurt natural (El-Nagar et al. 2002), de 16 minutos para helados de yogurt (Guner et al.2007), en incluso valores de tiempo de caída de 30 minutos para helados elaborados con Nata, Grasa Láctea Anhidra, o fracciones de grasa láctea (Abd El-Rahman 1997), de acuerdo a (Goff et al. 2013).

Los tiempos de caída están en función de la estructura del helado, a menores tiempos implica mejor consistencia del helado permitiendo que la primera gota caiga en un tiempo prolongado mayores tiempos permite que se pueda transportar por más tiempo y el consumo sea agradable siendo lo más deseable tiempos mayores a 20 minutos dado lo anterior, las formulaciones 1, 2 4 y 7, que arrojaron valores de 6 a 16 minutos, siendo así las que obtuvieron menores valores de tiempo de caída de primera gota, esto debido a que el helado no logro una estructura estable, probablemente debido a que los cristales de hielo no están soportando la estructura por lo cual se desestabiliza más rápido y empieza a derretirse con facilidad (Syed 2018), valores de tiempo de caída menores a 16 minutos han sido reportados por Loffredi (2021).

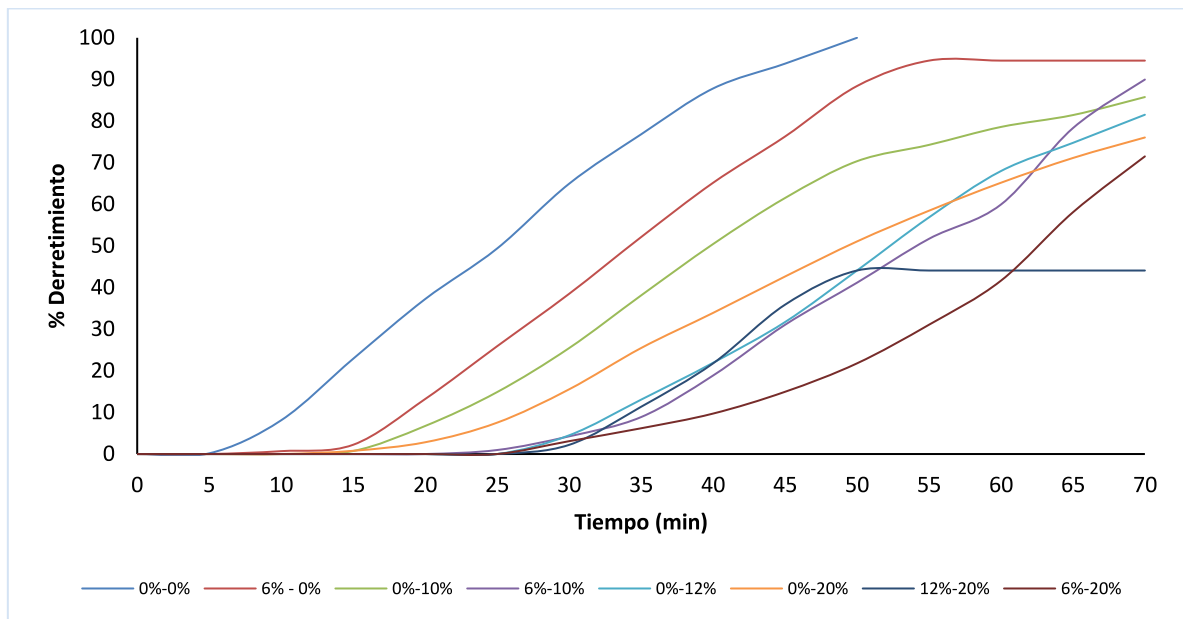
Respecto a los valores mayores a 20 minutos que corresponden a las formulaciones 3, 5, 6, 8, 9 y 10 se puede deber a la conformación que establecen las uniones proteicas y grasas de cada formulación, debido al nivel de proteína y grasa de la leche, junto con la albumina de huevo y la pulpa de aguacate, contribuyendo al desarrollo de la estructura del helado, incluida la emulsificación y la capacidad de retención de agua de acuerdo a lo expuesto por Patel (2006) también las proteínas contribuyen a estabilizar la interfaz aérea del helado, un factor importante para la estructura general y la estabilidad estructural (Alvarez 2005).

En la tabla 2, también se evidencian los valores de overrun del helado de leche con pulpa de aguacate y albumina de huevo los cuales oscilaron entre 14.67 y 31.67%. Valores similares han sido reportados en helados artesanales (Loffredy 2021)

Los valores de overrun, mostrados en la tabla 6, se deben a que la cantidad de sólidos debe ser equilibrada ya que tanto en exceso como por falta afectan esta variable y de acuerdo con Sofjan (2004) quien expone como el aire determina las propiedades de estabilidad y almacenamiento del producto final (definiendo las propiedades físicas de fusión y dureza del mismo, siendo dada por la distribución de las celdas de aire y de acuerdo con Loffredy (2021) al congelarse el helado las fuerzas cortantes rompen las burbujas más grandes convirtiéndolas en unas más pequeñas para lo cual Warren (2018) explica como un overrun por debajo de 10% ocasiona incremento en la tasa de goteo.

Conforme a la tabla 6 se puede observar que la velocidad media de fusión osciló entre 0,18 y 0,84 g/min Sawano (2021) informo tiempos de velocidad de fusión que variaban según el tipo de grasa utilizada para las formulaciones lo que coincide con el presente estudio ya que los tiempos de velocidad media de fusión estuvieron influenciados por la cantidad de pulpa de aguacate agregada en cada formulación lo que aporta más o menos grasa según el caso, en las formulaciones 5, 6, 8, 9 y 10 las cuales contienen cantidades mayores de pulpa de aguacate y albumina de huevo la velocidad media de fusión disminuyó considerablemente y para el caso de la formulación 1 se evidencia una velocidad de fusión mucho más alta, esto coincide con Goff y Hartel (2013), quienes afirman que se podría esperar que el helado con celdas de aire más grandes, se derrita rápidamente, ya que el espacio laminar entre las burbujas sería en promedio más grande que para el mismo helado con celdas de aire pequeñas.

Grafica 2. Curvas comportamiento general porcentaje de derretimiento



Se evidenció que el contenido de aguacate y de albumina afectaban significativamente el tiempo de caída de primera gota y porcentaje de derretimiento del helado formulado $p < 0.05$. Así mismo en la gráfica 2, se puede ver que a mayor contenido de aguacate y de albumina el porcentaje de derretimiento disminuyó, esto se debe a que Según SU (2012) el perfil de fusión nos permite evaluar la formación de la red de grasa, ya que la agregación de glóbulos de grasa por coalescencia parcial es el mayor contribuyente a la resistencia a la fusión del helado, a medida que los cristales de hielo se derriten y la estructura del helado colapsa, se espera que la red de grasa mantenga su forma durante el derretimiento.

En el estudio realizado por Sawano (2021) informo tiempos de velocidad de fusión que variaban según el tipo de grasa utilizada para las formulaciones utilizadas, lo que coincide con el presente estudio ya que los tiempos de velocidad media de fusión estuvieron influenciados por la cantidad de pulpa de aguacate agregada en cada formulación, lo que aporta más o menos grasa según el caso, con adición de cantidades altas de pulpa de aguacate y albumina de huevo la velocidad disminuyó considerablemente y para el caso de la muestra que se usó como blanco se evidencia una velocidad de fusión mucho más alta,

esto coincide con Goff y Hartel (2013), quienes afirman que se podría esperar que el helado con celdas de aire más grandes, se derrita más rápidamente, ya que el espacio laminar entre las burbujas sería en promedio más grande que para el mismo helado con celdas de aire más pequeñas.

Se puede ver que a mayor contenido de albumina de huevo y pulpa de aguacate el overrun disminuye, esto se debe a la cantidad de sólidos contenidos en el helado ya que de acuerdo con resultado obtenido por Sofjana (2007), donde indica que un overrun más alto conduce a celdas de aire ligeramente más estables durante el almacenamiento

A mayor contenido de pulpa de aguacate y de albumina de huevo el porcentaje de derretimiento disminuye, esto se debe a que según el perfil de fusión del helado formulado con albumina de huevo y pulpa de aguacate probablemente permite evaluar la formación de la posible red de grasa, ya que teóricamente a medida que los cristales de hielo se derriten y la estructura del helado colapsa, se esperaría que la red de grasa que contenía la pulpa de aguacate podría contribuir a que el helado mantenga su forma durante el derretimiento y se ve reflejado en la disminución de la velocidad media de fusión, este comportamiento de acuerdo a lo reportado por SU(2012).

En la grafica 6, se puede observar que a mayor contenido de aguacate y albumina el tiempo que transcurre antes de la caída de primera gota es mayor, este resultado es similar al encontrado por Guner (2007).

Se observa que a mayor contenido de pulpa de aguacate y albumina de huevo, la velocidad de media de fusión disminuye lo anterior debido a la resistencia al derretimiento debido a la desestabilización de la grasa, aunque los cristales de hielo también pueden haber influido en la velocidad media de fusión esto se podría ser motivo de un nuevo estudio según Kurultay (2010) para evaluar el comportamiento del tamaño y el número de cristales de hielo y burbujas de aire, así como la desestabilización de la grasa. También se evidencia que la fusión del helado transcurre cuando dos burbujas de aire entran en contacto y la película entre ellas se rompe, teniendo en cuenta que según Ramírez (2015) el tiempo promedio en que una persona consume la totalidad de un helado es de 30 minutos, las formulaciones planteadas.

El derretimiento del helado es importante de dos maneras: derretirse en la boca durante el consumo y fusión relacionada con el almacenamiento a temperaturas cálidas.

Cada una de las estructuras influye en cómo se derrite el helado cuando se deja en una posición elevada, a medida que el calor penetra en el helado y el hielo se derrite (eliminando el calor latente), el agua del hielo derretido debe difundirse y mezclarse con la fase más concentrada.

Esta fase de suero diluido y menos viscoso luego se drena a través del resto de estructuras y a través de la malla en la que se realiza la prueba de fusión. Algunos helados se derriten y fluyen completamente a través de la malla, dejando solo residuos restantes, mientras que otros helados colapsan. sólo ligeramente, dejando una estructura casi intacta que permanece en la malla (Goff et al. 2013).

Luego de este análisis se concluye que la formulación que tiene un mejor comportamiento en cuanto a sus características tecno funcionales es la siguiente:

Tabla 7. Formulación del helado seleccionada

Formulación	Porcentajes de Materias Primas							TOTAL
	AL	PAH	LLE	LPE	LPD	A	E	
1	0	0	84.5	5.54	1.71	8	0.25	100
2	10	6	66.65	7.61	1.49	8	0.25	100

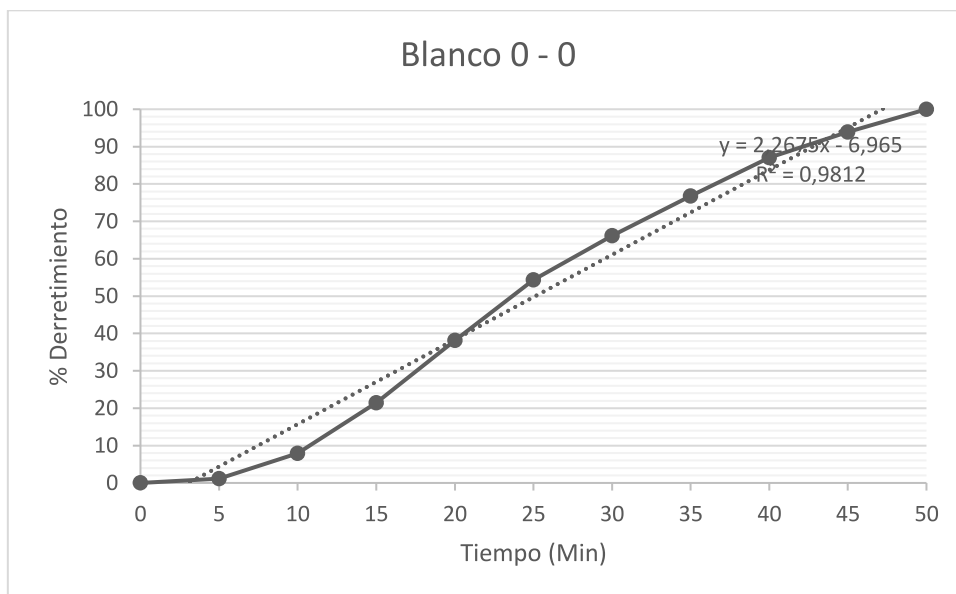
LLE: Leche líquida entera. LPE: Leche en polvo entera. LPD: Leche en polvo descremada. PAH: Pulpa de aguacate Hass. AL: Clara de huevo deshidratada. A: azúcar. E: Emulsificante. Fuente: Adaptado de NTC 1239. 2002 1. Formula Seleccionada 2. Formula Patrón.

Figura 4. Comparación derretimiento (durante 50 min) helado patrón vs formula seleccionada

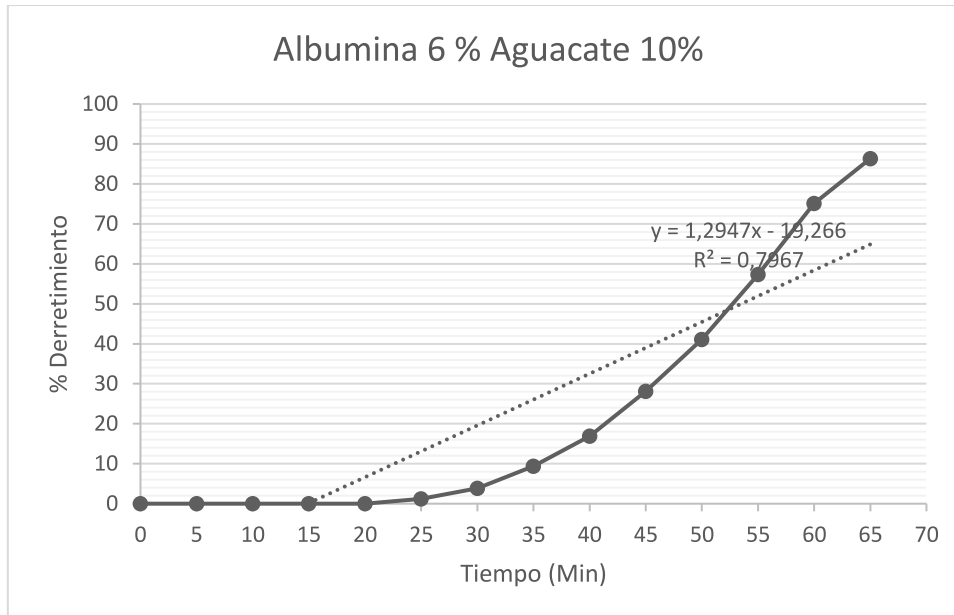


Comparación del tiempo de derretimiento de los dos helados, control y formulación seleccionada, estas fotografías permiten ver como el helado que tiene albumina y pulpa de aguacate, es mucho más estable.

Grafica 3. Curvas comportamiento muestra control en velocidad de fusión



Grafica 4. Curvas comportamiento muestra optimizada en velocidad de fusión



En las gráficas se observa el comportamiento de la muestra patrón frente a la muestra seleccionada en cuando a derretimiento y tiempo de caída de primera gota, con los cual se reafirman las fotografías expuestas anteriormente donde se observa que con el paso de los minutos la muestra blanco mantiene un ritmo acelerado de fusión mientras la formulación seleccionada mantiene sus características por más tiempo.

Según Ramirez (2015) el helado se consume en un periodo promedio de 30 minutos por lo cual se considera el tiempo óptimo de caída de la primera gota de 20 a 30 min.

La evaluación evidencia que al aumentar la concentración de los emulsionantes se aumenta la cantidad de sólidos en la mezcla y estos ayudan a disminuir el derretimiento y la caída de primera gota.

La grafica 4 muestra la curva de derretimiento alcanzando su máximo derretimiento a los 65 minutos con un porcentaje de 85% de producto que paso a través de la malla. Los ingredientes usados en este producto lo hacen muy estable, con esta prueba se evidencia una capacidad emulsificante y estabilizante con buena estructura que mejoraron la estabilidad al derretimiento

del helado (Goff, 2013).

La velocidad de fusión para esta formulación seleccionada permite ver un helado óptimo para consumo en tiempo y porcentaje derretimiento por minuto ya que adicionalmente el tiempo de caída de primera gota está dentro del consumo normal de un helado planteado por (Ramirez, 2015).

Tabla 8. Viscosidad del helado (mPa·s)

Muestra	Primer punto	Último punto
Control	7,122	6,644
Formulación Seleccionada	111,6	77,3

Formulación Seleccionada

La viscosidad es la medida de la dificultad de fluir de un gas o líquido.

la viscosidad como la relación entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación

los fluidos que cumplen con esta relación, son llamados fluidos Newtonianos mientras que los que no la cumplen son no Newtonianos, y se clasifican en dependientes o independientes del tiempo, su viscosidad depende también de la velocidad de corte y de las condiciones propias de los fluidos no Newtonianos tienen comportamientos exponenciales o logarítmicos.

la viscosidad cambia con el gradiente de velocidad esta mezcla para helado, presenta comportamiento de fluido no newtoniano; la viscosidad de este fluido no permanece constante, cuando la temperatura y la composición permanecen invariables, sino que depende del esfuerzo cortante o gradiente de velocidad y, a veces del tiempo de aplicación del esfuerzo y de la historia previa del producto Este parámetro debe ser constante ya que las maquinas llenadoras de helado necesitan esta condición para su calibración.

La viscosidad también permite conocer la potencia requerida por el motor del congelador, además del tipo de refrigerante a usar, entre otras condiciones de producción

Figura 5. Viscosidad muestra control.

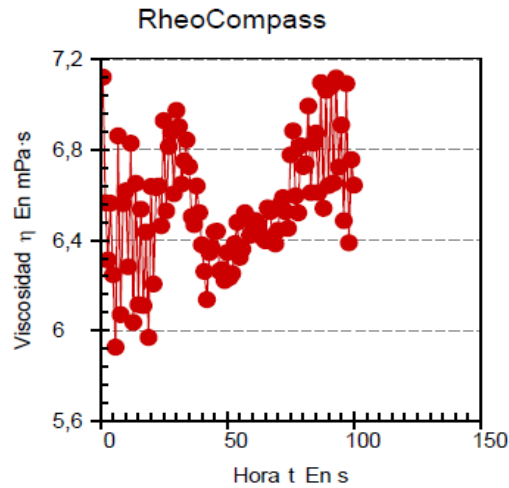


Figura 6. Viscosidad muestra seleccionada.

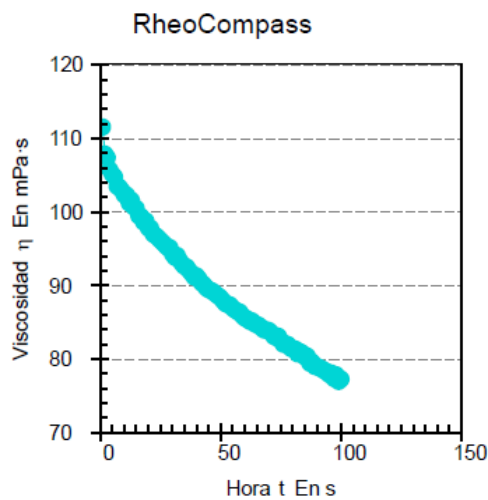


Tabla 9. Dureza del helado

Muestra	Dureza (N)	Adhesividad (J)
Control	154,972	-0,00404
Formulación Seleccionada	399,486	-0,01697

Es el conjunto de propiedades reológicas y de estructura (geométricas y de superficie) de un producto, perceptibles por los receptores mecánicos están relacionadas con el flujo, deformación y desintegración del producto y pueden ser evaluadas sensorial (pruebas subjetivas) e instrumentalmente

(pruebas objetivas).

la textura del helado se determina por pruebas de compresión o penetración, utilizando un equipo analizador de textura.

La compresión uniaxial se aplica a muestras con área transversal uniforme para deformaciones pequeñas antes de la ruptura. El producto es presionado con cierta fuerza o velocidad. Dependiendo del experimento, los datos obtenidos se relacionan con el módulo (dureza), fractura de tensión, trabajo de fractura o la combinación de estos parámetros. La prueba de penetración se basa en la medición de la fuerza de cizalla máxima requerida para atravesar completamente una sección del producto con un pistón. A valores más altos de fuerza mayor la resistencia del producto.

Pruebas de compresión. En estas pruebas el vástago y la base del equipo analizador de textura deben ser mayores al área transversal de la muestra. El ensayo se realiza a una velocidad constante de 1,00 mm/s, para simular las deformaciones ocurridas en la boca cuando se come el helado, es decir, la compresión del helado entre la lengua y el paladar. Durante la prueba de compresión de muestras de helado, al comprimir 25 % de la altura original a la muestra, la pendiente inicial indica la deformación resultante por la fuerza aplicada, para posteriormente alcanzar una meseta (compactación de las burbujas de aire) antes de registrar la fuerza máxima. En las pruebas de compresión las fuerzas registradas son relativamente pequeñas, por lo que generalmente se reporta la fuerza máxima de compresión, así como el trabajo de compresión (integral de la curva) (Pintor y Totosaus 2013).

Pruebas de penetración. Se determina la dureza del helado o fuerza máxima durante la penetración. En estas pruebas se utilizan cilindros de medidas conocidas. La altura inicial y el área transversal dependen del diámetro de la muestra. El diámetro de la muestra debe ser al menos tres veces el diámetro del vástago para mantener una relación de geometrías semi-infinita. El vástago utilizado es de un diámetro pequeño (8-10 mm), a fin de registrar la fuerza en función de la profundidad de penetración (usualmente 10 mm). En estas pruebas se introduce el vástago 10 mm de la superficie del helado, la figura obtenida permite observar la ruptura de la estructura de cristales de hielo y burbujas de aire del helado. La presencia de un primer pico significativo representa la fracturabilidad de la muestra, y a medida que el vástago avanza se observan

diferentes picos de fuerza, hasta llegar a la fuerza máxima detectada durante la penetración.

Figura 7. Dureza muestra control



Figura 8. Dureza muestra seleccionada

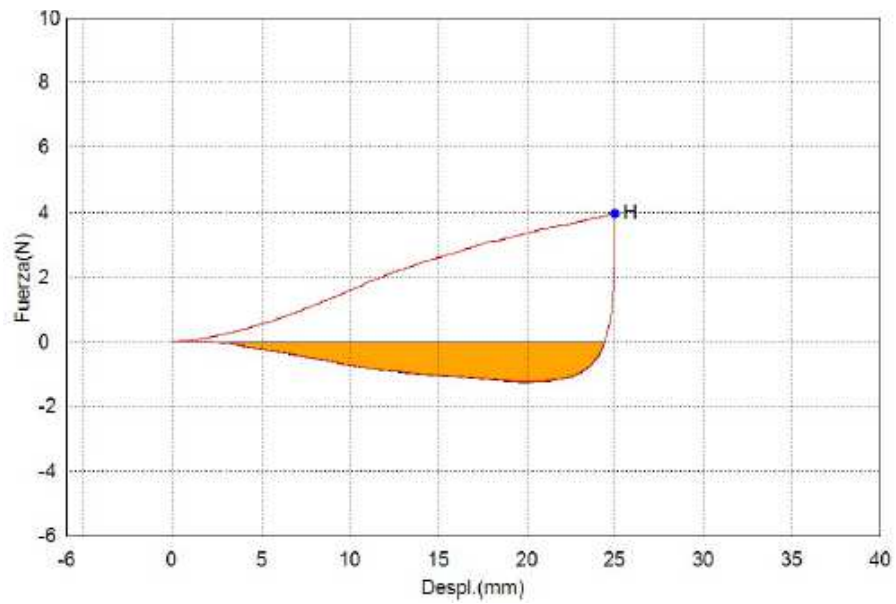


Tabla 10. Resultado de medición densidad (g/mL)

Muestra	Resultado
Control	1,030
Formulación Seleccionada	0.995

Se puede evidenciar que el valor de densidad para la formulación seleccionada es menor que la muestra control mostrando así una mejor suavidad en el producto y de acuerdo con lo expuesto por Sinha (2010), la densidad de la mezcla de helado afecta significativamente la consistencia por lo que aumento de la densidad de la mezcla de helado no es un factor deseable, porque podría afectar el exceso de producto inadecuado. Una densidad demasiado alta de la mezcla para helado puede aumentar la dureza del helado y deteriorar sus cualidades sensoriales.

Tabla 11. Medición de acidez titulable (% de ácido láctico/100g)

Muestra	Resultado
Control	0,199
Formulación Seleccionada	0,213

La medición de acidez fue mayor en la muestra control, esto debido a la adición de pulpa de aguacate y albumina de huevo que tuvo la muestra seleccionada, esto debido a que la pulpa de aguacate tiende a ser menos acida que la leche y en el porcentaje agregado vario un poco este parámetro, encontrándose dentro de los parámetros normales de un helado.

Tabla 12. Resultado de Punto de congelación(°C)

Muestra	Resultado
Control	-5
Formulación Seleccionada	-5

El resultado de punto de congelación no se vio afectado en ningún caso, las condiciones fueron las mismas durante la elaboración sin evidenciar diferencias

entre las formulaciones.

Tabla 13. Resultado de medición de pH

Muestra	Resultado
Control	6
Formulación Seleccionada	6,62

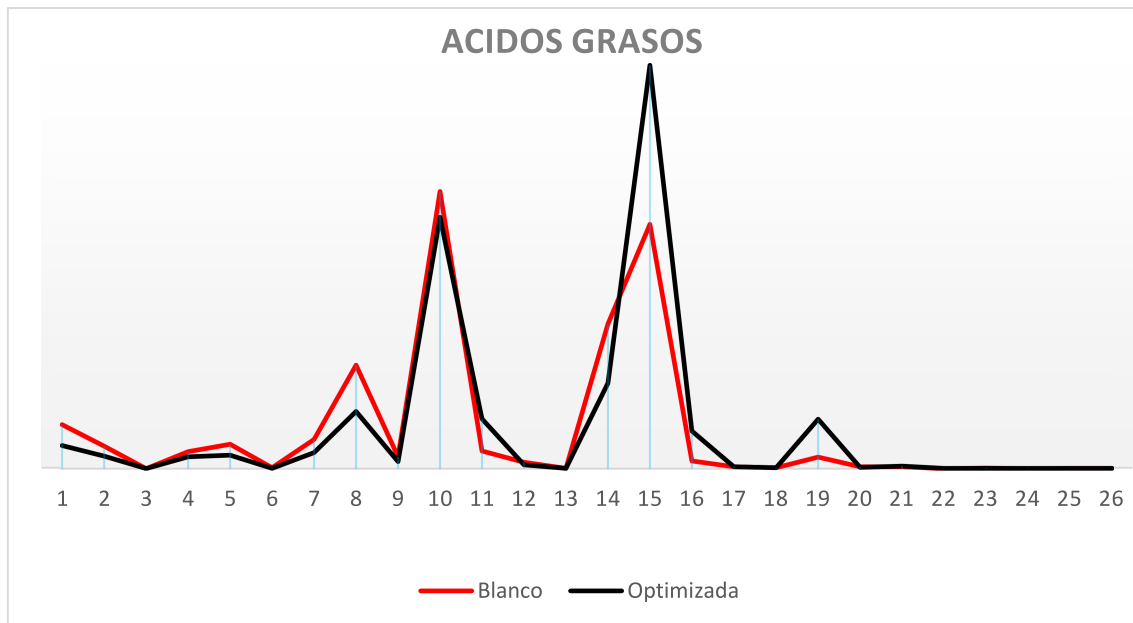
Se evidencio un aumento en el pH para la muestra optimizada, esto debido a que el aguacate en el mismo caso que en la acidez apporto alcalinidad a la muestra haciendo que aumentará el pH.

Tabla 14. Medición color

Coordenadas	Blanco	Formulación Seleccionada
L*	96,94	92,08
a*	-1,74	-4,32
b*	10,65	17,68

En los resultados de color se encontraron diferencias en los resultados de las dos muestras, esto debido al color verde que le aporta el aguacate a la muestra optimizada de acuerdo con Karaman et al. (2014) quien agrego purés de caqui al helado y observaron que esta incorporación provocó un cambio significativo en el color de los productos de helado finales.

Grafica 5. Determinación perfil de ácidos grasos



Los ácidos grasos encontrados en la muestra seleccionada fueron mayoritarios en cantidad respecto a la muestra control.

Los ingredientes utilizados para la preparación del helado seleccionado contienen tanto ácidos grasos saturados como insaturados por tal motivo se evidencia en los resultados que no hay una diferencia significativa en la cantidad de la mayoría de los ácidos grasos, cabe resaltar que los ácidos grasos desempeñan funciones energéticas en el organismo y son fundamentales para tal fin.

Al comparar los ácidos grasos del helado estándar y la formulación optimizada se puede observar que todos los ácidos de cadena larga aumentaron y los de cadena corta disminuyeron, especialmente los que aumentaron en la muestra optimizada fueron el contenido de ácido oleico aumento en un 64%, y ácido linolénico, 76%. En el caso del ácido oleico este es un ácido graso insaturado y según Marín (2016) este ácido tiene impactos positivos en los tejidos del cuerpo humano, se consideran efectos del ácido oleico sobre el sistema cardiovascular, disminución de la tasa de infarto de miocardio, la agregación plaquetaria, además reduce la presión arterial sistólica, el colesterol LDL disminuye.

Medición de antioxidantes

Tabla 15. Resultado de medición polifenoles (mg Acido gálico/g de helado)

Muestra	Resultado
Control	0.315
Formulación Optimizada	1.163

En la medición del contenido de antioxidantes polifenoles se puede observar un aumento significativo de la formulación seleccionada frente a la muestra control esto debido a que adicional a los antioxidantes que proporciona la leche, la pulpa de aguacate contiene ácido hidroxibenzoicos (OH-B), ácidos hidroxicinámico (OH-C) y procianidinas un complemento apreciable ya que se ha demostrado ser eficaz en la prevención de la oxidación y el crecimiento microbiano.

Tabla 16.. Análisis proximal y microbiológico

ANALISIS	Control	Formulación Seleccionada
Humedad	78,2	67,76
Cenizas	1,53	1,38
Grasa	3,9	4,8
Proteína	4,4	8,08
Carbohidratos	26,6	17,98
Calorías	159,6	147,44
Fibra alimentaria	0	5,46
Recuento de Aerobios Mesofilos	<10	<10
NMP de Coliformes Totales	<3	<3
NMP de <i>E. coli</i>	<3	<3
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> <i>coagulasa positiva</i>	<100	<100
Búsqueda de <i>Salmonella</i> spp	Ausencia	Ausencia

La tabla muestra los resultados para la muestra optimizada tuvo un aumento en la cantidad de grasa, proteína casi duplico a la muestra control, y una menor cantidad de azúcar y fibra que la muestra control no tenía, lo cual convierte a la

muestra seleccionada en una fuente importante para contribuir a cumplir con los requerimientos nutricionales de cualquier persona, adicionalmente es muy importante evaluar la calidad microbiológica del helado debido a que este producto va a enfocado a público de todas las edades, niños y ancianos por lo cual es necesario tener unos cuidados especiales con el tratamiento en buenas prácticas de manufactura de los ingredientes y manipulación de los mismos en su preparación, en general los resultados microbiológicos son favorables para las dos muestras de helado cumpliendo con las especificaciones para cada parámetro analizado.

ANEXO

Tabla 17. Correlación matemática entre los diferentes porcentajes de proteína, solidos totales, grasa total para las formulaciones planteadas.

MP	LLE	LPE	LPD	PAH	AL	A	E	TOTAL
0'-0	84,5	5,5	1,7	0,0	0,0	8,0	0,3	100,0
GRASA TOTAL	2,5	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
SNGL	7,2	3,9	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8
ST	9,7	5,4	1,7	0,0	0,0	8,0	0,3	25,0
PROTEINA	2,5	1,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
0'-12	70,9	7,1	1,8	0,0	12,0	8,0	0,3	100,0
GRASA TOTAL	2,1	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
SNGL	6,0	5,0	1,7	0,0	2,0	0,0	0,0	14,8
ST	8,2	6,9	1,7	0,0	11,0	8,0	0,3	36,0
PROTEINA	2,1	1,8	0,6	0,0	9,0	0,0	0,0	13,6
10'-6	66,7	7,6	1,5	10	6	8	0,3	100,0
GRASA TOTAL	2,00	1,98	0,02	1,80	0,00	0,00	0,00	5,8
SNGL	5,67	5,40	1,42	0,50	1,02	0,00	0,00	14,0
ST	7,67	7,38	1,44	2,30	5,52	8,00	0,25	32,6
PROTEINA	2,00	1,98	0,54	0,00	4,50	0,00	0,00	9,0
20'-0	62,4	8,1	1,2	20,0	0,0	8,0	0,3	100,0
GRASA TOTAL	1,87	2,11	0,02	3,60	0,00	0,00	0,00	7,6
SNGL	5,31	5,76	1,16	1,00	0,00	0,00	0,00	13,2
ST	7,18	7,87	1,18	4,60	0,00	8,00	0,25	29,1
PROTEINA	1,87	2,11	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	4,4
20'-12	48,8	9,7	1,3	20,0	12,0	8,0	0,3	100,0
GRASA TOTAL	1,46	2,52	0,02	3,60	0,00	0,00	0,00	7,6
SNGL	4,15	6,87	1,21	1,00	2,04	0,00	0,00	15,3
ST	5,61	9,39	1,22	4,60	11,04	8,00	0,25	40,1
PROTEINA	1,46	2,52	0,45	0,00	9,00	0,00	0,00	13,4
10'-0	73,5	6,8	1,5	10,0	0,0	8,0	0,3	100,0
GORDURA TOTAL	2,20	1,77	0,02	1,80	0,00	0,00	0,00	5,8
SNGL	6,24	4,84	1,40	0,50	0,00	0,00	0,00	13,0
ST	8,45	6,62	1,42	2,30	0,00	8,00	0,25	27,0
PROTEINA	2,20	1,77	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	4,5
0'-6	77,7	6,3	1,7	0,0	6,0	8,0	0,3	100,0
GRASA TOTAL	2,33	1,64	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	4,0
SNGL	6,60	4,49	1,66	0,00	1,02	0,00	0,00	13,8
ST	8,93	6,13	1,69	0,00	5,52	8,00	0,25	30,5
PROTEINA	2,33	1,64	0,63	0,00	4,50	0,00	0,00	9,1
20'-6	55,6	8,9	1,2	20,0	6,0	8,0	0,3	100,0
GRASA TOTAL	1,67	2,31	0,02	3,60	0,00	0,00	0,00	7,6

SNGL	4,73	6,32	1,18	1,00	1,02	0,00	0,00	14,2
ST	6,40	8,63	1,20	4,60	5,52	8,00	0,25	34,6
PROTEINA	1,67	2,31	0,45	0,00	4,50	0,00	0,00	8,9
10'12	59,8	8,4	1,5	10,0	12,0	8,0	0,3	100,0
GRASA TOTAL	1,80	2,18	0,02	1,80	0,00	0,00	0,00	5,8
SNGL	5,09	5,96	1,44	0,50	2,04	0,00	0,00	15,0
ST	6,88	8,14	1,47	2,30	11,04	8,00	0,25	38,1
PROTEINA	1,80	2,18	0,54	0,00	9,00	0,00	0,00	13,5

LLE: Leche líquida entera. LPE: Leche en polvo entera. LPD: Leche en polvo descremada. PAH: Pulpa de aguacate Hass. AL: Clara de huevo deshidratada. A: azúcar. E: Emulsificante

La tabla muestra la relación que existe entre el aumento del contenido de grasa y proteína con la contribución de sólidos no grasos de la leche, adicionalmente muestra valores teóricos del contenido proteico de cada formulación, esto permite predecir como se comportara cada una durante los diferentes análisis planteados.

5 CONCLUSIONES

- Se logro formular y elaborar un helado a base de leche con adición de proteína de huevo y pulpa de aguacate.
- Se consiguió evaluar algunas características tecno funcionales y fisico químicas del helado elaborado a partir de pulpa de aguacate y albumina de huevo.
- Se encontró que en la formulación seleccionada aumentaron características fisico químicas como en los ácidos grasos el ácido oleico y linoleico, adicionalmente aumentó el porcentaje de proteína.
- El helado elaborado permite tener una alternativa rica y atractiva para el consumidor de helados, ofrece un sabor diferente a los consumidos normalmente, y es una alternativa de aprovechamiento del aguacate.
- Cabe resaltar que el desarrollo de esta formulación se caracterizó por el uso de pocos ingredientes, permitiendo al producto estar con la tendencia de etiquetas limpias, mínimamente procesadas y con ingredientes lo más naturales posibles y adicionalmente el aprovechamiento de un alimento tan importante como lo es el aguacate Hass en Colombia.
- Se recomienda continuar con la investigación ya con los resultados obtenidos se evidencia que con el uso de albumina de huevo y pulpa de aguacate no es necesario el uso de emulsificantes.
- Se puede concluir que es un producto enfocado a cubrir requerimientos nutricionales en poblaciones que más lo necesitan como son los niños, con un aporte mayoritario en grasas y proteínas.

REFERENCIAS

- ABD EL-RAHMAN, A. M., et al. Physical characteristics of frozen desserts made with cream, anhydrous milk fat, or milk fat fractions. *Journal of Dairy Science*, 1997, vol. 80, no 9, p. 1926-1935.
- ABEYRATHNE ED, Lee HY, Ahn DU. Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents--a review. *Poult Sci.* 2013 Dec;92(12):3292-9. doi: 10.3382/ps.2013-03391
- AIME, D. B., et al. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food research international*, 2001, vol. 34, no 2-3, p. 237-246.
- ALVAREZ, V. B., et al. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *Journal of Dairy Science*, 2005, vol. 88, no 3, p. 862-871.
- ANALDEX. Comportamiento del Aguacate Dirección de Asuntos Económicos septiembre 2019 Exportaciones de aguacate para el primer semestre 2018-2019 Disponible en: <https://www.analdex.org/tag/aguacate-hass/>. Acceso en: 10 nov. 2021.
- ARAÚJO, Rafael G., et al. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 80, p. 51-60, 2018.
- ATALAR, Ilyas, et al. Improved physicochemical, rheological and bioactive properties of ice cream: Enrichment with high pressure homogenized hazelnut milk. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2021, vol. 24, p. 100358.
- BIER, Dennis M. Saturated fats and cardiovascular disease: Interpretations not as simple as they once were. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2016, vol. 56, no 12, p. 1943-1946.
- BILL, Malick, et al. Avocado fruit quality management during the postharvest supply chain. *Food Reviews International*, 2014, vol. 30, no 3, p. 169-202.
- BRUM, Aelson Aloir Santana, et al. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. *Química Nova*, 2009, vol. 32, p. 849-854.

BUSTOS.C.A.; MOORS, E.H.M.; Reducing post-harvest food losses through innovative collaboration: Insights from the Colombian and Mexican avocado supply chains. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 199, 20, Pag. 1020-1034 Oct. 2018.

CAMACHO, Sandra, et al. How much for a broken heart? Costs of cardiovascular disease in Colombia using a person-based approach. *PLoS One*, 2018, vol. 13, no 12, p. e0208513.

CHRISTIE, William W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *Journal of lipid research*, 1982, vol. 23, no 7, p. 1072-1075.

CLARKE, C.; *The Science of Ice Cream*. Royal Society of Chemistry, 2015.

COLOMBIA. Norma técnica colombiana NTC1239. ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación) Helados y mezclas para helados. 18-09-2002.

CONFICONI, D., et al. Heavy metal presence in two different types of ice cream: artisanal ice cream (Italian Gelato) and industrial ice cream. *Journal of food protection*, 2017, vol. 80, no 3, p. 443-446.

DESHPANDE, Gaurang; MAPANGA, Rudo F.; ESSOP, M. Faadiel. Frequent sugar-sweetened beverage consumption and the onset of cardiometabolic diseases: cause for concern. *Journal of the Endocrine Society*, vol. 1, no 11, p. 1372-1385, 2017.

DINICOLANTONIO, James J.; LUCAN, Sean C.; O'KEEFE, James H. The evidence for saturated fat and for sugar related to coronary heart disease. *Progress in cardiovascular diseases*, vol. 58, no 5, p. 464-472, 2016.

DRAKE, M. A. Invited review: Sensory analysis of dairy foods. *Journal of dairy science*, 2007, vol. 90, no 11, p. 4925-4937.

DREHER, M.L.; DAVENPORT, A. J. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical reviews in food science and nutrition*, vol. 53, no 7, p. 738-750, 2013.

EL-NAGAR, G., et al. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 2002, vol. 55, no 2, p. 89-93.

ERVINA; SURJAWAN; ABDILLAH, E. The Potential of Avocado Paste (*Persea Americana*) As Fat Substitute In Non-Dairy Ice Cream. *International Symposium on Food And Agro-Biodiversity (ISFA). Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 102, No. 1, p. 012006), 2017.

ESPINOZA, Luis A., et al. Chemical, microbial and sensory properties of a chestnut and milk ice cream with improved healthy characteristics. *International Journal of Food Properties*, vol. 23, no 1, p. 2271-2294, 2020.

ETENG, G. O., et al. Physico-Chemical and Sensory Properties of Wheat-Margarine-Avocado Cake Blends. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, p. 66-74, 2020.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018.
Disponível em: <https://www.fao.org/commonpages/search/es/?q=avocado%20>
Acesso em: 24 de oct 2021.

FARJAMI, Toktam, et al. Effects of thermal, non-thermal and emulsification processes on the gastrointestinal digestibility of egg white proteins. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 107, p. 45-56, 2021.

FONTECHA, Javier, et al. Milk and dairy product consumption and cardiovascular diseases: an overview of systematic reviews and meta-analyses. *Advances in Nutrition*, vol. 10, no suppl_2, p. S164-S189, 2019.

GARCÍA, C. A. C., et al. Fat and protein of cow's milk: components, synthesis, and modification. *Archivos de Zootecnia*, vol. 63, no R, p. 85-105, 2014.

GAVIOLI, M.; et al. Gelados comestíveis: principais problemas e soluções na fabricação e estocagem de sorvetes. *Informe agropecuário*, Belo horizonte, 2017.

GHANDEHARI P.Y.; MOHSEN, BARZEGAR, H.A.G.; MOHAMMAD, A. S.; AMIR, H.M.N. Physicochemical properties and organoleptic aspects of ice

cream enriched with microencapsulated pistachio peel extract. *International Journal of Dairy Technology*. Vol 73, No 3 August Pag, 570-577, 2020.

GIUDICI, Paolo, et al. A Mathematical Modeling of Freezing Process in the Batch Production of Ice Cream. *Foods*, 2021, vol. 10, no 2, p. 334.

GODOI, C.N.; DA COSTA FILHO, B.A.; WANDER, A.E. Ice cream Made of Brazilian Native Fruits: Sustainable Development to Depressed and Biodiversity Areas. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, vol. 6, no 5, p. 150-161, 2019.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. *Ice cream*. Springer Science & Business Media, 2013.

GOFF, H. Douglas, et al. *Ice cream structure*. *Ice cream*, 2013, p. 313-352.

GOFF, H.D. *Ice cream*. *Lipid Technologies and Applications*, p. 329-354, 2018.

GTC 165:2014 ANÁLISIS SENSORIAL. METODOLOGÍA. GUÍA GENERAL. SENSORY ANALYSIS. METHODOLOGY. GENERAL GUIDANCE

GTC 293:2018. SENSORY ANALYSIS. METHODOLOGY. GENERAL GUIDANCE FOR CONDUCTING HEDONIC TESTS WITH CONSUMERS IN A CONTROLLED AREA. COLOMBIA

http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1159

GUNER, Ahmet, et al. Production of yogurt ice cream at different acidity. *International journal of food science & technology*, 2007, vol. 42, no 8, p. 948-952.

GUO, Y., et al. Nano-bacterial cellulose/soy protein isolate complex gel as fat substitutes in ice cream model. *Carbohydrate polymers*, vol. 198, p. 620-630, 2018.

GÜVEN, Mehmet; KALENDER, Murat; TAŞPINAR, Tansu. Effect of using different kinds and ratios of vegetable oils on ice cream quality characteristics. *Foods*, vol. 7, no 7, p. 104, 2018.

HARA, Atsushi; RADIN, Norman S. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Analytical biochemistry*, 1978, vol. 90, no 1, p. 420-426.

Hass (Lauraceae) grown in Antioquia (Colombia) for export. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 19, no 2, p. 383-392, 2018.

HE, Yingdong, et al. A robust interactive desirability function approach for multiple response optimization considering model uncertainty. *IEEE Transactions on Reliability*, 2020, vol. 70, no 1, p. 175-187.

HOMAYOUNI, Aziz, et al. Advanced methods in ice cream analysis: A review. *Food Analytical Methods*, 2018, vol. 11, p. 3224-3234.

HOSHMAND, R. Design of experiments for agriculture and the natural sciences. Chapman and Hall/CRC, 2018.

HOYOS-ARBELÁEZ, Jorge, et al. Antioxidant capacity of mango fruit (*Mangifera indica*). An electrochemical study as an approach to the spectrophotometric methods. *Food chemistry*, 2018, vol. 266, p. 435-440.

HUSSEIN, Jelili Babatunde, et al. Physico-chemical and Sensory Properties of Cookies Produced by Partial Substitution of Margarine with Avocado Pear (*Persia americana*). *Croatian journal of food science and technology*, vol. 13, no 1, p. 96-104, 2021.

ICA. (Instituto Colombiano de Agricultura) El aguacate hass colombiano anota en el super bowl 2020. Disponível em: <https://www.ica.gov.co/noticias/el-aguacate-hass-colombiano-anota-en-el-super-bowl>. Acesso em: 02 nov. 2021.

IDFA (International Dairy Foods Association). IDFA and the Dairy Industry Celebrate National Ice Cream Month with Release of New Ice Cream Data and Trends. WASHINGTON, 15 de Júlio de 2019. Disponível em: <https://www.idfa.org/news/idfa-and-the-dairy-industry-celebrate-national-ice-cream-month-with-release-of-new-ice-cream-data-and-trends>. Acesso em: 01 Nov. 2021.

JALILI, F.S.; et al. Chicken egg white: Hatching of a new old biomaterial. *Materials Today*, Vol. 40, Pag 193-214, Nov 2020.

JIMENEZ, Paula, et al. Pulp, leaf, peel and seed of avocado fruit: A review of bioactive compounds and healthy benefits. *Food Reviews International*, 2021, vol. 37, no 6, p. 619-655.

JOBIL, Arackal Jose, et al. Scientifically Formulated Avocado Fruit Juice: Phytochemical Analysis, Assessment of Its Antioxidant Potential and Consumer Perception. *Molecules*, vol. 26, no 24, p. 7424, 2021.

KAPTOGE, Stephen, et al. World Health Organization cardiovascular disease risk charts: revised models to estimate risk in 21 global regions. *The Lancet Global Health*, 2019, vol. 7, no 10, p. e1332-e1345.

KARAMAN, Safa, et al. Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. *Journal of dairy Science*, vol. 97, no 1, p. 97-110, 2014

KOCHERLA, Priyanka; APARNA, Kuna; LAKSHMI, Devi N. Development and evaluation of RTE (Ready to Eat) extruded snack using egg albumin powder and cheese powder. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, vol. 14, no 4, p. 179-187, 2012.

KUMAR, A.K.; AMARJEET. K.; VIDISHA. T.; PRASAD. R.; KRITIKA. G. Development Of Nutria Cereals And Milk-Based Beverage: Process Optimization And Validation Of Improved Nutritional Properties. *Journal Of Food Process Engineering*, vol. 43, No 1, Pag. e13025, 2020.

KURULTAY, Şefik; ÖKSÜZ, Ömer; GÖKÇEBAĞ, ÖZKAN. The influence of different total solid, stabilizer and overrun levels in industrial ice cream production using coconut oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2010, vol. 34, p. 346-354.

LOFFREDI, Eleonora, et al. Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *Lwt*, 2021, vol. 137, p. 110499.

LÓPEZ B, Francy N.; SEPÚLVEDA V, José U. Evaluation of non fat solids substitutes (NSL) in a hard dairy ice cream mix with vegetable fat. *Vitae*, 2012, vol. 19, no 2, p. 197-206.

LÓPEZ, M.M.I.; MORENO, F.N.S; MIGUEL, M. Development of functional ice cream with egg white hydrolysates. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, vol. 25, p. 100334, 2021.

MARÍN-SUÁREZ, Marta, et al. Producción y caracterización de helados con alto contenido en ácidos grasos oleico y linoleico. *Revista europea de ciencia y tecnología de lípidos* , 2016, vol. 118, núm. 12, pág. 1846-1852.

MARSHALL, Robert T.; GOFF, H. Douglas; HARTEL, Richard W. *Ice cream*. Springer Science & Business Media, 2003.

MAYORGA, Luis F. Zambrano; NAVAS, Juan Sebastian Ramírez; I MARTÍNEZ, Clàudia Sanmartí. Influence of the formulation on the thermophysical properties and the quality parameters of dairy ice cream. *DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, 2019, vol. 86, no 208, p. 117-125.

MENKE, A. Global EDGE. *Global Ice Cream Market*. 2018. Disponible em: <https://globaledge.msu.edu/blog/post/54547/global-ice-cream-market> Michigan State University. Acceso em: 23 de oct 2021.

MUSE, M. R.; HARTEL, Richard W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of dairy science*, 2004, vol. 87, no 1, p. 1-10.

NEWELL, G. J.; MACFARLANE, J. D. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *Journal of Food science*, 1987, vol. 52, no 6, p. 1721-1725.

NTC 4978:2001 LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. DETERMINACION DE LA ACIDEZ TITULABLE - METODO DE REFERENCIA -.MILK AND MILK PRODUCTS. DETERMINATION OF TITRABLE ACIDITY (REFERENCE METHOD).

OLAGUNJU, Helen Tomilola, et al. Effects of some selected solvent extracts of avocado pear (*Persea americana*) on cholesterol/HDL ratio in Albino rats. *Journal of Global Biosciences*, vol. 6, no 8, p. 5205-5211, 2017.

O'MAHONY, Michael. *Sensory evaluation of food: statistical methods and procedures*. Routledge, 2017.

- ÖNER, M. E., et al. Investigating some properties of yogurt produced using Alanya avocado with geographical indication. *Mediterranean Agricultural Sciences*, vol. 33, no 2, p. 231-237, 2020.
- PATEL, Mandeep R.; BAER, R. J.; ACHARYA, M. R. Increasing the protein content of ice cream. *Journal of dairy science*, 2006, vol. 89, no 5, p. 1400-1406.
- PELUOLA-ADEYEMI, Oluwaranti Abiodun; ABDUS-SALAAM, Rofiat Bolanle; OBI, Theodora. Quality Evaluation of Bread Produced from Wheat Flour using Avocado (*Persea americana*) Paste as Substitute. 2021.
- PERERA KDSS, Perera ODAN. Development of Coconut Milk-Based Spicy Ice Cream as a Nondairy Alternative with Desired Physicochemical and Sensory Attributes. *Int J Food Sci*. 2021 Jul 7;2021:6661193. doi: 10.1155/2021/6661193. PMID: 34307646;
- PERTIWI, Sri Rejeki Retna, et al. Optimization on formulation of foamed overripe canistel powder using response surface methodology. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 42, 2020.
- PINTOR-JARDINES, María Aurora; TOTOSAUS-SÁNCHEZ, Alfonso. Propiedades funcionales de sistemas lácteos congelados y su relación con la textura del helado: Una revisión. *Ciencia UAT*, 2013, vol. 7, no 2, p. 56-61.
- POSADA DAVID, Liliana Rigey; SEPULVEDA VALENCIA, Jose Uriel; RESTREPO MOLINA, Diego Alonso. Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad en mezclas para helado duro. *Vitae*, 2012, vol. 19, no 2, p. 166-177.
- RAMIREZ, J.G.; LOPEZ, J.H.; HENAO, J.C.; Causes of Hass Avocado Fruit Rejection in Preharvest, Harvest, and Packinghouse: Economic Losses and Associated Variables. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. Vol 10 Issue 1. Pag 8, 2020.
- RAMÍREZ-NAVAS, Juan Sebastián; RENGIFO VELÁSQUEZ, Cindy Johanna; RUBIANO VARGAS, Aixa. *Parámetros de calidad en helados*. 2015.

RÉHAULT, S.; GUYOT, N.; The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*, vol. 11, no 3, p. 684, 2019.

RUBIANO-VARGAS, Aixa Gisset; RENGIFO-VELÁSQUEZ, Cindy Johanna; RAMÍREZ-NAVAS, Juan Sebastián. Evaluation of the effect of the concentration of two comercial emulsifiers-stabilizers on the quality parameters of a vanilla ice cream. 2022.

RUBIANO-VARGAS, Aixa Gisset; RENGIFO-VELÁSQUEZ, Cindy Johanna; RAMÍREZ-NAVAS, Juan Sebastián. Evaluación del efecto de la concentración de dos emulsionantes-estabilizantes comerciales sobre los parámetros de calidad de un helado de vainilla. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 2022, vol. 23, no 1.

SANUSI. A. Z; JIBIA. Z. S; GARBA. M. G; SALISU. U. S; GADDAFI. S; Functional Properties Of Powdered And Fresh Egg Albumin And Yolk Determination. *FUDMA journal of sciences*, Vol 4, No 3, Pag 263-266, 2020.
SANUSI. A. Z; JIBIA. Z. S; GARBA. M. G; SALISU. U. S; GADDAFI. S; Functional Properties Of Powdered And Fresh Egg Albumin And Yolk Determination. *FUDMA journal of sciences*, Vol 4, No 3, Pag 263-266, 2020.

SAWANO, Momoko, et al. Melting characteristics of ice cream prepared with various agitation speeds in batch freezer. *Chemical Engineering Transactions*, 2021, vol. 87, p. 337-342.

SECTORIAL. Colombia Produce 98.000 Toneladas de Helado Anual. 2019. Disponível em: <https://www.sectorial.co/informativa-lacteo/item/213443-colombia-produce-98-000-toneladas-de-helado-anual>. Acesso em: 10 Oct. 2021.

SILVA, Igor Gondin da, et al. Elaboration and sensory analysis of cookies made from avocado lump flour. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2019, vol. 22.

SINHA, Nirmal K., et al. *Handbook of vegetables and vegetable processing*. John Wiley & Sons, 2010.

SOFJAN, Rosalina P.; HARTEL, Richard W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International dairy journal*, 2004, vol. 14, no 3, p. 255-262.

SU, Fernando; LANNES, C. S. Rheological evaluation of the structure of ice cream mixes varying fat base. *Applied Rheology*, 2012, vol. 22, no 6, p. 63871.

SU'I, Moh, et al. Substitution of coconut milk and soybean tempeh flour to produce ice cream that qualified and healthy. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 8, no 2, p. 026-034, 2020.

SULEJMANI, Erhan; DEMIRI, Mersel. The effect of stevia, emulsifier and milk powder on melting rate, hardness and overrun of ice cream formulations during storage. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 2020, vol. 70, no 2, p. 120-130.

SUNG, Kristine K.; GOFF, H. Douglas. Effect of solid fat content on structure in ice creams containing palm kernel oil and high-oleic sunflower oil. *Journal of food science*, 2010, vol. 75, no 3, p. C274-C279.

SUN-WATERHOUSE, D., et al. Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. *Food Research International*, vol. 50, no 2, p. 647-656, 2013.

SYED, A. Q; SABA, A.; RIZWAN, S.; TAHIR, Z.; Effects of different ingredients on texture of ice cream. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*. Vol 8 No 6, Pag 422-435, 2018.

SYED, Q. Abbas, et al. Effects of different ingredients on texture of ice cream. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*, 2018, vol. 8, no 6, p. 422-435.

TARAKÇI, Zekai; DURAK, Murat. Investigation of the Chemical, Textural and Sensory Properties of Some Fruit Puree Added Ice Cream. *Journal of Fasting & Health*, 2020, vol. 8, no 4.

TESFAYE, Tamrat, et al. Beneficiation of avocado processing industry by-product: A review on future prospect. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 2022.

TREMOCOLDI, M. A., et al. Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PLOS one*, vol. 13, no 2, p. e0192577, 2018.

USDA, United States Department of Agricultura 201. Disponível em: <https://usdasearch.usda.gov/search?affiliate=usda&query=AVOCADO>. Acesso em: 03 de Oct. 2021.

UTPOTT, M.; et al. Characterization and application of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder as a fat replacer in ice cream. *Journal of food processing and preservation*, Vol. 44 Issue 5, Page 14420, 2020.

VEGA-CASTRO, Oscar, et al. Characterization and production of a polyhydroxyalkanoate from cassava peel waste: manufacture of biopolymer microfibers by electrospinning. *Journal of Polymers and the Environment*, 2021, vol. 29, no 1, p. 187-200.

VEGA-CASTRO, Oscar, et al. Characterization and production of a polyhydroxyalkanoate from cassava peel waste: manufacture of biopolymer microfibers by electrospinning. *Journal of Polymers and the Environment*, 2021, vol. 29, p. 187-200.

VERMA, Ankush; ANSARI, Raziya; BROADWAY, A. A. Preparation of herbal ice cream by using Aloe vera with mint flavour. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 7, no 3, p. 391-394, 2018.

WANG, Feng, et al. Effects of transglutaminase on the rheological and noodle-making characteristics of oat dough containing vital wheat gluten or egg albumin. *Journal of Cereal Science*, vol. 54, no 1, p. 53-59, 2011.

WANG, X.J., et al. Milk consumption and risk of mortality from all-cause, cardiovascular disease and cancer in older people. *Clinical Nutrition*, vol. 39, no 11, p. 3442-3451, 2020.

WARREN, Maya M.; HARTEL, Richard W. Effects of emulsifier, overrun and dasher speed on ice cream microstructure and melting properties. *Journal of food science*, 2018, vol. 83, no 3, p. 639-647.

WOOLF, Allan, et al. Avocado oil. *En Gourmet and health-promoting specialty oils*. AOCS Press, p. 73-125, 2009.

ZAFAR, T.; SIDHU J. S.; Avocado Production, Processing, and Nutrition Department of Food Science and Nutrition, College of Life Sciences, Kuwait

University, Safat, Kuwait, Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, Volume II, Second Edition, Pag 509-534, 2018.