

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de un helado tipo crema de pitahaya (*Hylocereus megalanthys*)

Área de Investigación:
Tecnología de Alimentos

Autor:
Calle Rivera, Noé Estiv

Jurado Evaluador:
Presidente: Rodríguez Zevallos, Antonio Ricardo
Secretario: Pretell Vásquez, Carla Consuelo
Vocal: Vásquez Senador, Max Martin

Asesor:
Luis Francisco Márquez Villacorta
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4070-788X>

TRUJILLO – PERÚ
2024

Fecha de sustentación: 2024/01/02

Tesis Noe Estiv Calle Rivera

ORIGINALITY REPORT

19%	19%	0%	18%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Student Paper	9%
2	repositorio.upao.edu.pe Internet Source	7%
3	revistas.unitru.edu.pe Internet Source	3%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 3%

Exclude bibliography On

INFORME DE ORIGINALIDAD

Yo, Luis Francisco Márquez Villacorta, docente del Programa de Estudio de Ingeniería en Industrias Alimentarias, de la Universidad Privada Antenor Orrego, Asesor de la tesis de investigación titulada “Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de un helado tipo crema de pitahaya (*Hylocereus megalanthys*)”, autor Noé Estiv Calle Rivera, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 19%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 24 de abril del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 24 de abril 2024


Asesor: Márquez Villacorta, Luis Francisco Autor: Noé Estiv Calle Rivera

DNI: 40312374

DNI: 43466446

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4070-788X> Firma:

Firma



La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos
PRESIDENTE



Ing. Dra. Carla Consuelo Pretell Vásquez
SECRETARIO



Ing. Ms. Max Martin Vásquez Senador
VOCAL



Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta
ASESOR

DEDICATORIA

A mi mamá Teo por todo su amor y haberme inculcado en valores y hacerme un hombre de bien para cumplir mis metas, también por motivarme constantemente a salir adelante.

A mis hermanos Rosa, Socorro y Beto por el apoyo incondicional y confianza que han depositado en mí y por los consejos sabios que me han guiado por el buen camino.

A los docentes de la escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por haberme brindado sus conocimientos científicos que han aportado en mi formación profesional.

Dedico al Ing. Dr. Fernando Rodríguez Avalos, que en paz descansa, por la dicha de haber conocido en persona por su gran entrega, sencillez, humildad y ser un apasionado por las ciencias el cual lo considero como un referente en mi camino profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por siempre guiarme con su luz y protegerme, por concederme su sabiduría para culminar una de mis metas y por mantenerme firme en la fe.

A mi familia por ser el soporte fundamental en todo momento y darme las fuerzas en las adversidades en el desarrollo de mi tesis.

Agradecer también al Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta por su dedicación, paciencia y optimismo, sobre todo por su conocimiento científico que me ha aportado durante el desarrollo de mi tesis.

A Ida Majli, mi novia por su apoyo incondicional, por sostenerme siempre de la mano en las buenas y malos momentos y por motivarme para alcanzar cada uno de mis metas, una de ellas mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	4
2.1. LECHE.....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Composición química y nutricional de la leche.....	4
2.2. TARWI.....	5
2.2.1. Generalidades.....	5
2.2.2. Variedades de tarwi.....	6
2.2.3. Composición química y nutricional del tarwi.....	6
2.2.4. Desamargado del tarwi.....	8
2.2.5. Leche de tarwi.....	10
2.3. CARBOXIMETILCELULOSA(CMC).....	10
2.3.1. Obtención de carboximetilcelulosa sódica.....	10
2.3.2. Propiedades y usos en alimentos.....	11
2.4. HELADO.....	12
2.4.1. Generalidades.....	12
2.4.2. Clasificación del helado.....	13
2.4.3. Insumos para la formulación del helado.....	14
2.5.1. PITAHAYA.....	15
2.5.1. Generalidades.....	15

2.5.2. Características del fruto de pitahaya.....	16
2.5.3. Composición química y nutricional.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	20
3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	20
3.2.1. Materia prima.....	20
3.2.2. Insumos.....	20
3.2.3. Reactivos.....	21
3.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	21
3.4. METODOLOGÍA.....	21
3.4.1. Esquema experimental para la evaluación de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la concentración de carboximetilcelulosa de un helado tipo crema de pitahaya.....	21
3.4.2. Formulaciones para la elaboración del helado tipo crema de pitahaya	22
3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de la leche de tarwi.....	23
3.4.4. Procedimiento experimental para la elaboración del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de CMC	25
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS	28
3.5.1. Acidez titulable.....	28
3.5.2. Sólidos solubles.....	28
3.5.3. Viscosidad aparente	28
3.5.4. Ovrerun.....	29
3.5.5. Fusión.....	29
3.5.6. Aceptabilidad general	30
3.6. MÉTODOS ESTADÍSTICOS	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32

4.1. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre la acidez titulable en un helado tipo crema de pitahaya	32
4.2. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre los sólidos solubles en un helado tipo crema de pitahaya	35
4.3. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre la viscosidad aparente en un helado tipo crema de pitahaya	38
4.4. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre el overrun en un helado tipo crema de pitahaya	42
4.5. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre la fusión en un helado tipo crema de pitahaya	45
4.6. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre la aceptabilidad general en un helado tipo crema de pitahaya	48
V. CONCLUSIONES	51
VI. RECOMENDACIONES	52
VII. REFERENCIAS	53
VIII. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Requisitos fisicoquímicos de la leche	5
Cuadro 2. Composición química y nutricional de la leche de tarwi	7
Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la pitahaya	16
Cuadro 4. Composición química y nutricional de la pitahaya	18
Cuadro 5. Características fisicoquímicas de las especies de <i>Hylocereus spp.</i>	19
Cuadro 6. Formulaciones para la investigación del helado tipo crema de pitahaya.	23
Cuadro 7. Prueba de Levene para la acidez titulable del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	34
Cuadro 8. Análisis de varianza para la acidez titulable del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa.....	34
Cuadro 9. Prueba de Duncan para la acidez titulable del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	35
Cuadro 10. Prueba de Levene para los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	37
Cuadro 11. Análisis de varianza para los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	37

Cuadro 12. Prueba de Duncan para los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	38
Cuadro 13. Prueba de Levene para la viscosidad aparente del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	41
Cuadro 14. Análisis de varianza para la viscosidad aparente del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	41
Cuadro 15. Prueba de Levene para el overrun del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	44
Cuadro 16. Análisis de varianza para el overrun del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	44
Cuadro 17. Prueba de Duncan para el overrun del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	45
Cuadro 18. Prueba de Levene para la fusión del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	48
Cuadro 19. Análisis de varianza para la fusión del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	48

Cuadro 20. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa	50
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura1. Diferencia estructural fundamental entre celulosa y carboximetilcelulosa (CMC).....	11
Figura 2. Esquema experimental para la evaluación de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la concentración de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	22
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de la leche de tarwi	24
Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la concentración de carboximetilcelulosa.....	26
Figura 5. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de leche vaca por leche de tarwi y la concentración de carboximetilcelulosa	31
Figura 6. Acidez titulable (% ácido láctico) en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	32
Figura 7 Sólidos solubles (°Brix) en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	36
Figura 8. Viscosidad aparente (mPa.s) en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	39

Figura 9. Overrun en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya.....	42
Figura 10. Fusión (%) en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya.....	46
Figura 11. Aceptabilidad general en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Valores de la acidez titulable (% ácido láctico) en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	61
Anexo 2. Valores de los sólidos solubles (°Brix) en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	61
Anexo 3. Valores de la viscosidad aparente (mPa.s) en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	62
Anexo 4. Valores del overrun en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de Carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	62
Anexo 5. Valores de la fusión (%) en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	63
Anexo 6. Valores de la aceptabilidad general en función de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya	64

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi (5, 10 y 15%) y la adición de carboximetilcelulosa (0.15 y 0.30%) sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de un helado tipo crema de pitahaya (*Selenicereus undatus*). Se utilizó a un arreglo bifactorial con tres repeticiones para el análisis estadístico de las variables paramétricas, determinándose a través del análisis de varianza que existió efecto significativo ($p < 0.05$) en la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre el overrun, así como, de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi en la acidez titulable y sólidos solubles; en el helado tipo crema de pitahaya. La Prueba de Friedman para la aceptabilidad general, indicó que no existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Con el apoyo de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan se determinó que la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi al 15% y la adición de 0.3% de carboximetilcelulosa presentó la mejor acidez titulable (0.372%), sólidos solubles (42.53 °Brix), viscosidad aparente (4970.7 mPa.s), overrun (81.23%), menor fusión (47.45%) y mayor aceptabilidad general con una moda de 9 puntos equivalente a una percepción de me agrada extremadamente; en helado tipo crema de pitahaya.

Palabras clave: helado, tarwi, pitahaya, carboximetilcelulosa.

ABSTRACT

The effect of replacing cow's milk with tarwi milk (5, 10 and 15%) and the addition of carboxymethylcellulose (0.15 and 0.30%) on the physicochemical characteristics and general acceptability of a pitahaya cream-type ice cream was evaluated (*Selenicereus undatus*). A bifactor arrangement with three repetitions was used for the statistical analysis of the parametric variables, determining through the analysis of variance that there was a significant effect ($p < 0.05$) in the substitution of cow's milk for tarwi milk and the addition of carboxymethylcellulose. on the overrun, as well as, of the substitution of cow's milk for tarwi milk in titratable acidity and soluble solids; in the pitahaya cream type ice cream. The Friedman Test for general acceptability indicated that there was no significant difference ($p < 0.05$) between the treatments. With the support of Duncan's multiple comparisons test, it was determined that the replacement of cow's milk with 15% tarwi milk and the addition of 0.3% of carboxymethylcellulose presented the best titratable acidity (0.372%), soluble solids (42.53 °Brix), apparent viscosity (4970.7 mPa.s), overrun (81.23%), lower melting (47.45%) and greater general acceptability with a mode of 9 points equivalent to a perception of I like it extremely; in pitahaya cream type ice cream.

Keywords: ice cream, tarwi, pitahaya, carboxymethylcellulose.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos bajo una estricta dieta centrada en proteínas y minerales propone a la industria de alimentos, desarrollar nuevos productos, con el propósito de asegurar una equilibrada alimentación para evitar enfermedades crónicas durante la vida cotidiana. Al obtener productos con dichas características, se transforman en alimentos funcionales, relacionados a un estilo de vida saludable, que ayudará en el bienestar del ser humano (Shrestha y Maskey, 2018).

El tarwi (*Lupinus spp.*) son semillas de leguminosas no genéticamente modificadas y de bajo costo, ampliamente conocidas por su alto contenido de proteínas y su interesante valor nutricional para la alimentación humana y animal. Proporcionan entre 30 y 40% de proteína y hasta 28% de fibra dietética en base seca; además, contiene ácidos grasos saludables (linoleico y linolénico), vitaminas y minerales (Magalhaes, Fernandes, Cabrita, Fonseca, Valentao y Agrade, 2017). El tarwi es una planta que crece en terrenos semisecos, de muy pocas exigencias agronómicas y el rendimiento es mayor, en comparación, a los cereales; además, es un producto nativo de la zona andina. Además, existe un creciente mercado de productos alimenticios con proteínas vegetales, que logran reunir componentes nutricionales semejantes a la leche de vaca y consumidos sin problemas digestivos (Carhuallanqui, Ccora, Vilcapoma y Casas, 2022).

La pitahaya también denominada fruta del dragón, tiene sabor agradable y aspecto exótico, además de propiedades nutricionales y funcionales, lo que la hace prometedora para el cultivo. La pitahaya es rica en antioxidantes, fuente de vitaminas y minerales, previene el cáncer, la diabetes, enfermedades cardiovasculares, respiratorias, gastrointestinales y urinarias, además, de ser sugerida como alimento dietético, ya que es rica

en fibra y baja en calorías (Magalhaes, Da Silva y Ramos, 2019). El contenido de fenoles totales en pitahaya de pulpa blanca fue de 17.11 mg AG/100 g peso fresco. La actividad antioxidante en pulpa de pitaya fue de 9.21 $\mu\text{mol Trolox/g}$ peso fresco determinado por el método ABTS, y exhibió 63.44% de actividad antioxidante por el método DPPH (Attar et al., 2022). Por otro lado, las zonas ideales para su siembra son las estribaciones exteriores de la cordillera, zonas subtropicales y pie de monte como el Amazonas. En la selva central (Chanchamayo), en la costa de Piura y en costa central (Lima, Huaral y Cañete), se han instalado a pequeña escala, iniciativas de producción de pitahaya; donde está generando nuevas oportunidades de trabajo y generación de ingresos para los agricultores y sus comunidades (INIA, 2020).

El consumo actual de helado en Perú es 1.8 L por persona; sin embargo, se proyecta llegar para el 2025 a 7 L por persona, con un crecimiento de 411% en promedio, debido al ingreso de franquicias especializadas en helados y por la innovación en mezclas lácteas para obtener nuevos productos que puedan satisfacer las necesidades exigentes de calidad y nutricional (Gestión, 2021).

La carboximetilcelulosa se obtiene a partir de celulosa natural por modificación química y se caracteriza por ser soluble en agua. Tiene la propiedad de mantener suspendidas de manera homogénea, a las partículas, evitando la sedimentación y aumentando la viscosidad del producto al que se adiciona. Este aditivo se utiliza como estabilizante porque permite obtener alimentos con un amplio intervalo de viscosidades, forma geles que son estables a bajos pHs y minimiza la sinéresis, y se considera inocuo para el consumo; además, es importante en la preparación de derivados lácteos congelados, aportando cremosidad, consistencia a la mezcla láctea y sensación agradable al paladar, manteniendo su volumen sin reducir tamaño de los cristales (Abrate, 2017).

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

- Evaluar el efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre acidez, sólidos solubles, viscosidad aparente, overrun, fusión y aceptabilidad general de un helado tipo crema de pitahaya.

- Determinar la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa, que permitan obtener la mejor acidez, sólidos solubles, viscosidad aparente y overrun, menor fusión y la mayor aceptabilidad general de un helado tipo crema de pitahaya.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. LECHE

2.1.1. Generalidades

Probablemente el primer animal que fue criado para la obtención de leche fue la cabra, aunque otros autores mencionan a la oveja como primer mamífero domesticado para dicha actividad. Con la domesticación del ganado vacuno, las cabras fueron sustituidas por las vacas como fuente principal de leche (Huayhua, 2018).

Finales del siglo XIX con el surgimiento de la pasteurización y la estandarización se logró obtener una leche de mayor calidad e inocuidad. Debido a la implementación de procesos y metodologías industriales se han logrado desarrollar nuevos productos lácteos funcionales que contribuyen a la nutrición del consumidor (Huayhua, 2018).

La leche cruda de vaca es el producto que no ha sido modificado durante el proceso de ordeño procedente de animales sanos y bien alimentados, sin calostro y consistencia anormal, pero con olor, sabor y color característico; además, no ha sido sometido a procesamiento o tratamiento alguno (Norma Técnica Peruana 202.001, 2003).

2.1.2. Composición química y nutricional de la leche

Nutricionalmente, la leche es el producto más puro y cercano a la perfección. Se caracteriza por la proteína denominada caseína; además, presenta aminoácidos esenciales como la arginina, isoleucina, leucina, lisina, valina y otros; y minerales como calcio, fósforo y riboflavina (vitamina B₁₂), contribuye significativamente a los requerimientos de vitamina A y B₁ (tiamina). Los lípidos y la lactosa contribuyen a un importante aporte energético, sabor y consistencia al producto (Agudelo, 2005;

Canchohuaman y Landera, 2010). En el Cuadro 1, se presentan los requisitos fisicoquímicos de la leche según la Norma Técnica Peruana 202.001:2003.

Cuadro 1. Requisitos fisicoquímicos de la leche

Ensayo	Requisitos
Materia grasa (g/100g)	Mínimo 3.2
Sólidos no grasos (g/100g)	Mínimo 8.2
Sólidos totales (g/100g)	Mínimo 11.4
Acidez expresada en g. de ácido láctico (g/100g)	0.14 – 0.18
Densidad a 15 °C (g/cm ³)	1.0296 – 1.0340

Fuente: NTP 202.001 (2003)

La leche entera es también una fuente de energía, oscila entre 610 y 710 kcal/L, pudiéndose tomar como promedio 650 kcal/L; mientras tanto, la leche descremada presenta 360 kcal/L. Además, las proteínas están formadas por aproximadamente 78% de caseína, 17% de proteínas del lactosuero y 5% de sustancias nitrogenadas no proteicas (Huayhua, 2018).

2.2. TARWI

2.2.1. Generalidades

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa herbácea de granos comestibles, que se desarrolla en valles templados y áreas alto andinas de Ecuador, Perú y Bolivia. Crece en las alturas entre 2800 a 3900 msnm en condiciones extremas, donde otras leguminosas de grano no producirían con éxito. Asimismo, varía en el contenido de proteínas, aceites, alcaloides, rendimiento, y tolerancia a las plagas y enfermedades. La importancia del grano de tarwi radica en su valor nutricional, su alto contenido de proteínas

(41 a 51% en base seca), aceite rico en ácidos grasos insaturados, fibra y minerales como el calcio, fósforo, hierro, zinc y es considerada como la “soya de los Andes”. Es un cultivo de gran potencial productivo e industrial, en la obtención productos para consumo humano y subproductos para la dieta animal (Ortega, Rodríguez, Arturo y Zamora-Barbano, 2017).

Entre las limitantes para el consumo directo del tarwi se encuentra la presencia de sustancias amargas denominada alcaloides, responsable del sabor amargo en los granos; por tanto, es necesario un proceso de lavado antes de su consumo (Gutiérrez, Infantes, Pascual y Zamora, 2016).

2.2.2. Variedades de tarwi

Pinto-Rodríguez (2019) indica que esta planta presenta una gran variabilidad morfológica y de adaptación ecológica en los andes, por lo cual se ha sugerido que pueden incluirse tres subespecies:

- *Lupinus mutabilis*, chocho (norte de Perú y Ecuador), de mayor ramificación, muy tardío, mayor pilosidad en hojas y tallos, algunos eco tipos se comportan como tolerantes a la antracnosis.
- *Lupinus mutabilis*, tarwi (centro y sur de Perú) de escasa ramificación, mediante tardío, algo tolerante a la antracnosis.
- *Lupinus mutabilis*, tauri (altiplano de Perú y Bolivia), de menor tamaño con un tallo principal de 1.00 - 1.40 m, desarrollo susceptible a la antracnosis.

2.2.3. Composición química y nutricional del tarwi

El chocho o tarwi es una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, hierro, zinc, y su alto valor de proteínas, lo hacen comparable a la soya y otras leguminosas. El grano es amargo debido a la presencia de alcaloides, contiene aproximadamente 42% de proteína en base seca; sin embargo, el proceso de desamargado (eliminación de alcaloides), permite concentrar aún más el contenido de ese nutriente, registrando valores de hasta 51%

en base seca. El grano tiene un elevado contenido de aceite del 18 al 22%, cuales predominan los ácidos grasos: oleico (40.40%), linoleico (37.10%) y linolénico (2.90%) (Gutiérrez y otros, 2016).

El calcio es el mineral predominante en el tarwi, con una concentración del 0.48%. Este elemento es una sustancia blanquecina que los dientes y huesos retienen y conservan para asegurar el crecimiento y mantener su solidez. El calcio se localiza principalmente en la cáscara del grano, recomendado para su consumo de forma integral sin pelar. La concentración de fósforo del grano es 0.43%, este elemento actúa como controlador de calcio; en el mantenimiento del sistema óseo, actividad del músculo cardíaco y producción de energía. El equilibrio calcio-fósforo es primordial; un exceso de fósforo provoca la formación de fosfato de calcio insolubles y no reabsorbibles, que acaban por ser eliminadas (Carhuallanqui y otros, 2022). En el Cuadro 2, se observa la composición química del grano de tarwi.

Cuadro 2. Composición química y nutricional del tarwi

Componente	Cantidad (%)
Proteínas	44.3
Grasa	16.5
Carbohidratos	22.2
Fibra	6.0
Cenizas	3.3
Humedad	7.7

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2017)

Entre los micro elementos del tarwi, se encuentra el hierro (75 mg), mineral importante para la producción de hemoglobina, transporte de oxígeno e

incremento de la resistencia de enfermedades (Carhuallanqui y otros, 2022).

2.2.4. Desamargado del tarwi

Para el consumo del tarwi, los campesinos realizaban de forma artesanal un proceso lento de cocción y lavado, obteniendo un grano desamargado con sabor agradable e inodoro. Este procedimiento se debe por la existencia de diferentes alcaloides presentes en el tarwi, tales como; esparteína, lupina y lupanina; empleados para controlar ectoparásitos (Zurita y otros, 2020).

Para aprovechar el tarwi en la alimentación humana y animal es necesario extraer las sustancias amargas o alcaloides mediante un procedimiento de reducción del contenido total de estos compuestos (Ortega y otros, 2017). Las investigaciones se han ocupado en eliminar dichas sustancias, esencialmente con un enfoque agronómico y en segundo plano con enfoque industrial. A través del primer enfoque se han desarrollado, entre otros, especies como el lupino blanco (*L. albus*). En el caso del *L. mutabilis*, el mejoramiento agrícola no ha tenido grandes repercusiones ya que esto ha provocado la pérdida de sus características de resistencia. Actualmente el lupino andino se detoxifica mediante sucesivos lavados con agua que eliminan estas sustancias hasta niveles que permiten su consumo (Ortega, 2010).

El desamargado del tarwi incluye una etapa inicial de remojo de los granos que puede llegar a durar 20 h para que este sea hidratado completamente y permita extraer los alcaloides en etapas posteriores. Luego continúa una etapa de cocción cuya duración varía entre 0.5 y 6 h, cuyo objetivo es inactivar las enzimas germinativas y deterioradoras (lipasas, lipooxigenasas) del grano, disminuir la carga microbiana superficial, reducir la pérdida de proteínas debido a su coagulación e incrementar la

lixiviación de los alcaloides mediante el aumento de la permeabilidad de la pared celular. Luego la remoción de los alcaloides puede ser llevada a cabo de manera biológica, química o acuosa. Los procesos biológicos tales como la germinación, digestión biológica y fermentación están restringidos para granos con un contenido de alcaloides menor a 1.1 g/100g, los cuales pueden llegar a consumir una considerable cantidad de energía y durar 5 días. Los tratamientos químicos son viables para granos de tarwi con un contenido de alcaloides de 4.2 g/100 g; sin embargo, las desventajas de estos procesos incluyen pérdidas de masa, incertidumbre respecto a la seguridad química del producto y un impacto ambiental negativo. El proceso acuoso para el desamargado del tarwi es el más empleado a nivel comercial para remover los alcaloides. Este tratamiento es aplicado cuando el contenido de alcaloides supera los 4.2 g /100 g. A pesar de que este proceso no es eficiente ya que tiene una duración de alrededor de 5 días, consume aproximadamente 63 kg de agua/kg de grano y genera altas pérdidas de sólidos (0.27kg / kg materia seca); es aceptado como ventajoso su uso debido a que previene el despojo de productos químicos al ambiente y cambios en las características de calidad del producto como ocurre con los otros procesos de desamargado (Carvajal- Larenas, 2013).

Según Mori y Paz (2008) el contenido de alcaloides en las semillas de lupino sin desamargar van de 0.02 a 4.45%, la FAO (1982) reporta que para que las semillas sean consumibles para el hombre, el contenido de alcaloides debe oscilar entre 0.002 a 0.02%. Si la semilla tiene un contenido de alcaloides mayor a 0.1%, es sensorialmente perceptible y, por tanto, tiene sabor amargo, que, en caso de ser consumido, puede ocasionar una intoxicación (Glorio, 1999).

El grano de tarwi grano libre de impurezas y compuestos amargos se procede a secarlo; mediante método natural que consiste en la utilización

de la energía solar hasta llegar entre 8-12% de humedad. El método artificial es por secado en bandejas mediante secador, con sistema de inyector de calor y aireación hasta llegar a 15% de humedad (Pinto-Rodríguez, 2019).

2.2.5. Leche de tarwi

Es un líquido ligeramente blanquecino que se obtiene del grano de tarwi desamargado, de la suspensión acuosa resultante del grano entero, seleccionado y limpio; seguido de la molienda y filtrado. En la elaboración se puede complementar con saborizantes para disminuir el aroma del tarwi (Gutiérrez y otros, 2016).

Entre las características sensoriales de la leche de tarwi, debe presentar consistencia homogénea y estable, libre de grumos que no afecten en su aspecto; olor característico a la leguminosa predominante; sabor ligeramente a frijol sin olores extraños y color blanquecino. Además, los granos de tarwi que no han sido efectivamente desamargado afectan sobre las propiedades nutricionales y sensoriales, principalmente en el sabor amargo y olor intenso del grano (Zurita y otros, 2020).

2.3. CARBOXIMETILCELULOSA (CMC)

2.3.1 Obtención de carboximetilcelulosa sódica

Se obtiene a partir de celulosa natural por modificación química, el cual se fabrica haciendo reaccionar en un tanque con agitación la celulosa de fuentes vegetales con hidróxido de sodio y ácido monocloracético. El derivado obtenido se neutraliza y se seca, y el exceso de sales se elimina mediante una extracción con alcohol-agua. Teóricamente es posible lograr que los tres OH de la glucosa reaccionen con NaOH para alcanzar un máximo grado de sustitución; sin embargo, los productos comerciales con una sustitución de 0.4-1.2% son los que más se emplean debido a su alta solubilidad (Badui, 2006).

La carboximetilcelulosa (CMC) es un derivado aniónico y soluble en agua de la celulosa, un polisacárido lineal de la anhidroglucosa. Las unidades repetidas están conectadas por enlaces β -1,4-glucosídicos. A nivel molecular, la principal diferencia entre la CMC y la celulosa son sólo algunos grupos carboximetilo aniónicos (es decir, $-\text{CH}_2\text{COOH}$) en la estructura de la CMC que reemplazan los átomos de hidrógeno de algunos grupos hidroxilo presentes en la infraestructura de la prístina celulosa (Rahman y otros, 2021).

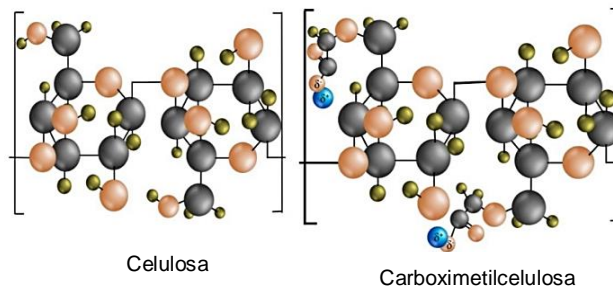


Figura 1. Diferencia estructural fundamental entre celulosa y carboximetilcelulosa (CMC)

Fuente: Rahman y otros (2021)

2.3.2. Propiedades y usos en alimentos

Gracias al proceso de síntesis sencillo y económico, la abundancia de materias primas, las propiedades superficiales, la resistencia mecánica, la diferente formabilidad, la hidrofiliidad ajustable, la viscosidad, las propiedades reológicas y muchos otros aspectos contrastantes; el CMC y materiales híbridos basados en CMC han encontrado diversas aplicaciones en la industria. El CMC se utiliza como agentes auxiliar espesante, estabilizador de emulsión, estabilizador adhesivo y aglutinante de humedad en numerosos productos alimenticios y sus envases biodegradables debido a sus propiedades inodora, insípida, no calórica y fisiológicamente inerte (Rahman y otros, 2021).

El uso de los derivados de la celulosa se da sobre el control de la cristalización de la lactosa para la fabricación de helados, en la elaboración de productos congelados, en aderezos para conferir “cuerpo” e incrementar la viscosidad, en mezclas con otras gomas para evitar la sinéresis, en alimentos dietéticos (no se metaboliza) y otros (Badui, 2006).

Entre las propiedades físicas del CMC en la elaboración de helados; genera una consistencia estable en la mezcla láctea y reduce la precipitación de la caseína, la cantidad necesaria oscila entre 0.1 a 0.3% sobre la mezcla total del helado; además, proporciona consistencia y masticabilidad. Finalmente, ayuda en combinación con otros aditivos alimentarios en el aumento del volumen por el batido de la mezcla láctea debido a que el CMC reacciona con las proteínas, formando una resistencia al derretimiento (Singhal y otros, 2017).

2.4. HELADO

2.4.1. Generalidades

Es un producto obtenido del congelamiento de una fusión base de subproductos de la leche, azúcares, agua; además, de yemas de huevo, estabilizantes (CMC, agar agar, goma xantan) y saborizantes; previamente pasteurizada y en constante movimiento para la incorporación de aire, y obtener una mezcla homogénea y consistencia (INDECOPI, 2006).

La influencia de los ingredientes en la formulación es compleja; siendo el agua y aire los de mayor cantidad en el helado. El aire se incorpora entre la mezcla de agua-grasa integrada por intermedio del agua líquida, en cristales de hielo y glóbulos de grasa. La fase creada entre el agua y el aire es constante durante la maduración debido a la película de material no congelado; y la fase de la grasa debido a la capa emulsificante de la misma (Palma-Santana y otros, 2020).

Para elaboración de helados se incorpora frutas y derivados que son ampliamente utilizados para dar el sabor característico en el helado, según la fruta utilizada. Las frutas frescas más utilizadas son: fresa, frambuesa, durazno y plátano; donde se le adiciona el 10 a 25% en las mezclas, se puede agregar troceadas o como pulpa de fruta. Como muchas variedades de frutas no están disponibles durante todo el año, porque es por temporada su cosecha, pero se suele utilizar y con muchas ventajas las frutas congeladas, también se utiliza zumos y jugo de fruta para la elaboración de helados (Di Bartolo, 2005).

2.4.2. Clasificación del helado

Según la Norma Técnica Peruana 202.057 de leches y productos lácteos: helados (INDECOPI, 2006 – Revisada 2018). Los helados se clasifican de acuerdo al tipo de derivado lácteo base para el helado:

Helados tipo crema. Principal componente es la nata o crema de leche, por tanto, el contenido en grasa es mayor, en comparación, del resto de helados. La nata se caracteriza por su alto contenido de grasa (18 - 55%) (Palma-Santana y otros, 2020). Asimismo, indican la composición básica:

- Azúcares. Cantidad mínima del 13%. Pudiendo considerar entre sacarosa o azúcar común, demás, azúcares como glucosa, lactosa, etc.
- Grasa de leche. Cantidad mínimo desde 8 - 9%.
- Proteína láctea. Cantidad mínima de 2.5%.
- Extracto seco total. Los hidratos de carbono, proteínas, vitaminas, grasas y minerales.) a excepción del agua, debería ser como mínimo el 29%.
- Espesantes, estabilizantes y emulsionantes. Cantidad máxima 1%.

Helados de leche. Se obtiene a partir de la leche entera con su contenido íntegro de grasa.

Helados de leche desnatada. La mezcla final del helado contiene 0.30% de materia grasa de origen lácteo y mínimo 6% de extracto seco magro lácteo. Helados de frutas. Se considera a partir del 20% de fruta sobre la formulación del helado, a excepción del helado de limón, que es a partir del 10%.

Sorbetes. Elaborados a partir de la fruta, azúcar y agua, seguidamente para aportar mejores características se añade colorantes, saborizantes, estabilizante y leche descremada en polvo.

2.4.3. Insumos para la formulación del helado

- Leche. Se puede emplear desde la leche entera en sus varias presentaciones, yogurt, suero o proteínas de suero. Normalmente, se usa leche en polvo desnatada por caracterizarse como producto homogéneo y mayor tiempo de duración (Atallah y Hassan, 2017). Además, el contenido proteico actúa como emulsionante en la mezcla base, y durante la congelación como agente tensioactivo (Abrate, 2017).
- Agua. Es el ingrediente donde el resto de los ingredientes se disuelven o dispersan, y es el responsable de aportar el cuerpo al helado (Abrate, 2017).
- Grasa. Cumplen la función de limitar el tamaño de los cristales de hielo, aportan cuerpo al helado, facilitan hasta cierta cantidad de incorporación de aire, evitan ligeramente el derretimiento y aportan el efecto de fundirse en la boca (Atallah y Hassan, 2017).
- Azúcares. Contribuyen al dulzor y determinan el punto de congelación. A mayor contenido de azúcares, será necesario menor temperatura para su congelación; mientras que, con poca azúcar será demasiado duro y no se fundirá fácilmente en la boca. Además, los azúcares incrementan la viscosidad de la mezcla, mejorando la textura y cuerpo final del helado.

- Estabilizantes. Se encargan de mejorar la textura, consistencia y aumentar el tiempo de vida útil debido a su actuar sobre el agua de la mezcla, regulando el crecimiento de los cristales de hielo durante la maduración y almacenamiento (Ibáñez y Maceda, 2020). Los estabilizantes empleados son la carragenina, agar agar, pectina, CMC y goma xantana (Rudi y Fitri, 2018).
- Aire. Es determinante para el rendimiento del producto final. Para obtener un helado con buenas características físicas, las incorporaciones de aire deben ser de considerable tamaño (100 μm) para obtener un producto de calidad; asimismo, se logrará potenciar el aroma. A mayor contenido en sólidos del helado, se podrá incorporar mayor cantidad de aire; y los helados con pulpa de fruta y frutos secos necesitan menor batido para incorporar aire (Abrate, 2017).

2.5. PITAHAYA

2.5.1. Generalidades

Denominado comúnmente “fruta del dragón”, es una fruta exótica extendiéndose por todo el mundo. Se caracteriza por sus parámetros físicos, químicos y nutricionales, sus compuestos bioactivos y sensoriales; convirtiéndose en un alimento funcional para el consumo humano (Altuna, Silva y Álvarez, 2018).

La pitahaya (*Hylocereus spp.*) es originaria de México y cultivada en países tropicales y subtropicales. Fue adaptado por las culturas pre-colombinas, empleados para su consumo diario y de forma medicinal. La denominación del nombre significa fruta escamosa debido a la fisiología de la planta y fruto (Lobo, Tanizaki y de Soto, 2016).

Montesinos, Ruiz y Rodríguez (2015) indican que la pitahaya amarilla es una epífita facultativa que se desarrolló en el piedemonte andino amazónico

en Perú, Ecuador y Colombia; por tanto, desarrollo un comportamiento trepador y obteniendo un tallo con facilidad de emitir raíces secundarias. Dicha especie ha sufrido cambios por la selección humana desde el aspecto en forma, color y sobre los parámetros sensoriales, obteniendo una variedad de pitahaya para la comercialización.

2.5.2. Características del fruto de pitahaya

La pitahaya pertenece a la familia Cactaceae y centrado en dos variedades separados: *Hylocereus* y *Selenicereus*. Las variedades cultivadas comercialmente son del *Hylocereus* que centra alrededor de 16 especies diferentes (Montesinos y otros, 2015). En el Cuadro 3, se presenta la clasificación taxonómica de la pitahaya.

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la pitahaya

Nombre científico	<i>Hylocereus</i> spp.
Reino	Plantae
División	Magnoliophitae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllale
Familia	Cactaceae-cactácea
Genero	Hylocereus
Especie	H. extensus (Salm- Dyck ex De Candolle)
	H. setaceus (Salm-Dyck ex De Candolle)
	H. tricae (Hunt)
	H. minutiflorus Br. and R
	H. megalanthus (Schum. ex Vaupel)
	H. stenopterus (Weber) Br. and R.
	H. calcaratus (Weber) Br. and R.

H. undatus (Haw.) Br. and R.
H. escuintlensis (Kimn.)
H. ocamponis (Salm-Dyck) Br. and R.
H. guatemalensis (Eich.) Br. and R.
H. purpusii
H. costaricensis (Weber) Br. and R.
H. trigonus (Haw.) Safford
H. triangularis (L.) Br. and R.
H. monacanthus

Fuente: Montesinos y otros (2015).

La forma característica es elipsoidal con un diámetro entre 10 a 12 cm, dependiendo la especie; es un fruto exótico debido al sabor de la pulpa característico de agridulce. En la superficie presenta formaciones sobresaliente denominadas bractéolas de consistencia cerosa y carnosa. Tiene una abundante pulpa y es jugosa, y se encuentra mezclado por pequeñas semillas dispersas en toda la fruta, con diámetro 3 mm, color negro oscuro y forma ovalada (Corzo-Ríos, Bautista, Gómez y Gómez, 2016).

La pulpa de pitahaya es firme y espumosa, con una coloración blanquecina (variedad amarilla) y pulpa de color rojiza (variedad roja), representa alrededor de 60 a 80%, con peso entre 200 a 570 g (Montesinos y otros, 2015).

2.5.3. Composición química y nutricional de la pitahaya

En el Cuadro 4, se presenta la composición química y nutricional en 100 g de pulpa de dos especies de pitahaya.

Cuadro 4. Composición química y nutricional de la pitahaya

Componente	<i>Hylocereus undatus</i> (pulpa blanca y piel roja)	<i>Hylocereus megalanthys</i> (pulpa blanca y piel amarilla)
Humedad (%)	89.0	85.3
Proteína (g)	0.5	0.4
Grasa (g)	0.1	0.1
Carbohidratos (g)	11.6	13.6
Fibra dietética (g)	3.3	3.3
Vitamina C (mg)	25.0	20.0
Calcio (mg)	6.20	10.0
Hierro (mg)	0.40	0.30
Fosforo (mg)	19.10	16.0
Tiamina (mg)	0.01	0.03
Riboflavina (mg)	0.03	0.04
Niacina (mg)	0.20	0.20

Fuente: Mercado-Silva (2018).

Presenta contenido de vitamina C entre 20 a 25 mg, la cual actúa sobre la formación de colágeno, además, ayuda en la mejora de las defensas para evitar las infecciones, facilita la asimilación del hierro de los alimentos y poder antioxidante (Corzo-Ríos y otros, 2016).

En la especie *Hylocereus megalanthys* (pitahaya amarilla), sus semillas contienen ácidos linoleicos grasos poliinsaturados. Estos fueron; ácido esteárico (4.29%), ácido palmítico (11.52%), ácido vaccénico (3.08%), ácido oleico (11.09%), y ácido linoleico (69.98%) (Altuna y otros, 2018). En el Cuadro 5, se muestran las características de tres de especies de *Hylocereus spp.*

Cuadro 5. Características fisicoquímicas de especies de *Hylocereus spp.*

Componente		<i>Hylocereus undatus</i> (pulpa blanca y piel roja)	<i>Hylocereus megalanthys</i> (pulpa blanca y piel amarilla)	<i>Hylocereus monacanthus</i> (pulpa y piel roja)
Peso (g)		406.7 – 556.8	260 – 395	277.2 – 335.2
Sólidos	solubles	16 - 18	20.8	15.3 – 17.8
(°Brix)				
Ph		5.72	4.86	3.63 – 4.48

Fuente: Magalhaes y otros (2019); Ruiz y Rodríguez (2020).

La pitayaha amarilla tiene un alto contenido de agua y carbohidratos, se le atribuye propiedades medicinales importantes, su valor energético es elevado (superior al de la zanahoria y la lechuga), la vitamina A es reducida, las vitaminas B₁, B₂ y C están casi ausentes, tienen baja cantidad de potasio, la presencia de fósforo es casi nula y su contenido de hierro es más elevado que en la mayoría de las verduras (Monsalve y Sandra, 2002).

La pulpa contiene captina, utilizado como tónico cardíaco, mientras que sus semillas contienen un aceite de suave y seguro efecto laxante, también se reporta el consumo de las flores como legumbre y recientemente el uso de brotes de tallos como verdura para la elaboración de guisos. La pulpa puede someterse a congelamiento, concentración, deshidratación, fermentación, procesamiento térmico y conservación química (Rodríguez y otros, 2005).

Esta fruta se consume como fruta fresca natural y procesada; en zumos, cócteles, con yogur, helados, dulces, mermeladas, jaleas, gelatinas y bebidas refrescantes, en algunos países se emplea como colorante (López, 1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Programa de Estudio de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1. Material de investigación

- Granos de Tarwi seco, adquirido del Mercado Zonal Palermo de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Pitahaya amarilla, adquirida en el Mercado La Hermelinda, Trujillo, región La Libertad.

3.2.2. Insumos

- Leche fresca de vaca, adquirida del Mercado Zonal Palermo de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Crema de leche marca Gloria, adquirida en Linros Interinsumos S.R.L. de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Huevos frescos, adquirido de la Avícola Doña Clarita de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Azúcar blanca marca Laredo, adquirido del Mercado Zonal Palermo de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Emulgool, adquirido en Linros Interinsumos S.R.L. de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Sorbato de potasio, adquirido en Linros Interinsumos S.R.L. de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- CMC, adquirido en Linros Interinsumos S.R.L. de la ciudad de Trujillo, región La Libertad, Perú.

3.2.3. Reactivos

Hidróxido de sodio 0.1 N

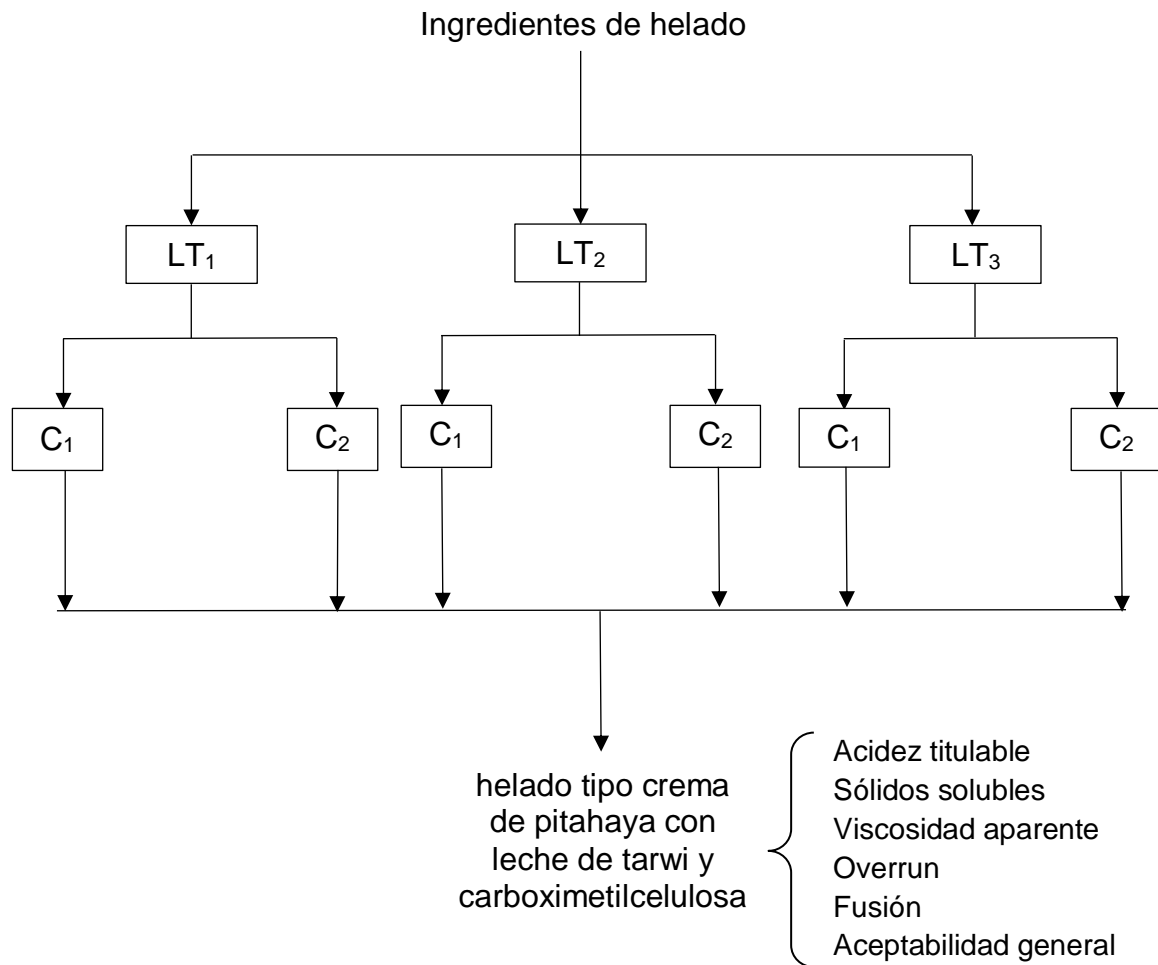
3.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Balanza analítica. Marca A&D Company Limited. Modelo GR-200. Capacidad 0 - 200 g, sensibilidad aprox. 0.0001 g.
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 50 a 200 °C. Precisión ± 0.01 °C.
- pH metro. Marca Mettler Toledo. Rango de 0 a 14.
- Cocina eléctrica. Marca JP Selecta. Modelo 100442. Con 6 potencias de calefacción (0-1500 watts).
- Viscosímetro digital. Marca Brookfield. Modelo RVDV-III+. Spindle SC-27.
- Congeladora. Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango de -8 °C a -24 °C. Precisión +2 °C.
- Cocina industrial, 2 hornillas a gas. Marca Surge.
- pH metro. Marca Mettler Toledo. Rango de 0 a 14.
- Batidora manual. Marca Imaco, de 3 velocidades.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Esquema experimental para la evaluación de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa de un helado tipo crema de pitahaya

En la Figura 1, se muestra el esquema experimental. Las variables independientes fueron: las sustituciones de leche de vaca por leche de tarwi (5, 10 y 15%) y la adición de CMC (0.15 y 0.30%); las variables dependientes fueron: la acidez titulable, los sólidos solubles, la viscosidad aparente, el overrun, la fusión y la aceptabilidad general.



Leyenda:

LT₁: sustitución de leche de vaca por leche de tarwi al 5%

LT₂: sustitución de leche de vaca por leche de tarwi al 10%

LT₃: sustitución de leche de vaca por leche de tarwi al 15%

C₁: adición de CMC al 0.15%

C₂: adición de CMC al 0.30%

Figura 2. Esquema experimental para la evaluación de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa de un helado tipo crema de pitahaya

3.4.2. Formulaciones para la elaboración de helado tipo crema de pitahaya

En el Cuadro 6, se presentan las formulaciones para la elaboración del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por

leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa (Hassan, 2019; Abrate, 2017).

Cuadro 6. Formulaciones para la investigación de helado tipo crema de pitahaya

Ingredientes	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Leche entera (%)	45.0	45.0	40.0	40.0	35.0	35.0
Leche de Tarwi (%)	5.0	5.0	10.0	10.0	15.0	15.0
Pulpa de pitahaya (%)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Crema de leche (%)	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
Leche descremada en polvo (%)	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Azúcar blanca (%)	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
Emulgool (%)	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Subtotal	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
CMC (%)	0.15	0.30	0.15	0.30	0.15	0.30
Total	100.15	100.30	100.15	100.30	100.15	100.30

3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de la leche de tarwi

En la Figura 3, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de la leche de tarwi. A continuación, se presenta la descripción de cada operación de la elaboración de la leche de tarwi (Zurita y otros, 2020).

Recepción. Se recibieron los granos de tarwi y se evaluó la apariencia característica para su procesamiento.

Limpieza y selección. El tarwi estuvo limpio sin piedras, pajillas, hierbas o metales, además, se eliminaron los granos que denotaron algún daño microbiológico.

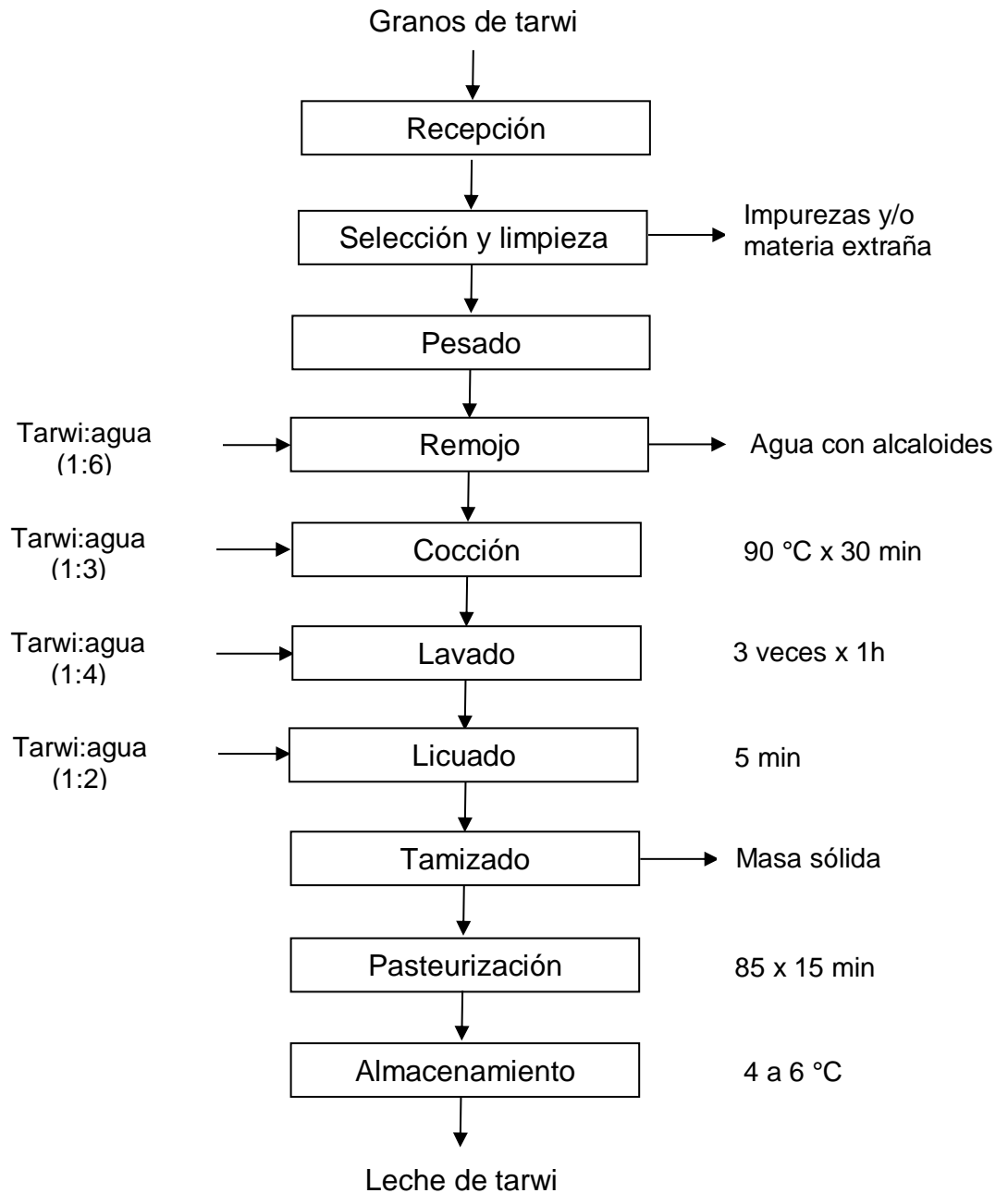


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de la leche de tarwi

Pesado. Se pesaron los granos para la determinación de rendimientos.

Remojo. El grano seleccionado se remojo en proporción 1:6 (tarwi:agua) por un tiempo de 12 h, y posteriormente, se eliminó el agua.

Cocción. Se realizó en dos partes; el tarwi remojado se calentó en agua proporción 1:3 (tarwi:agua) hasta 90 °C y se mantuvo durante 30 min, luego se retiró el agua. En la segunda parte, se repitió el mismo proceso, considerando la textura del grano.

Lavado. Después de la cocción, el grano cocido se enfrió con agua potable, hasta obtener granos de tarwi fríos, después se retiró el agua. Seguidamente, los granos se sometieron a lavado y remojo en relación tarwi:agua (1:4), se cambió el agua 3 veces por 1 hora, agitándose manualmente al momento de la adición y manteniendo el agua en contacto con el grano. Se verificó sensorialmente la eliminación del sabor amargo del grano.

Licuada. El grano desamargado se licuó en una relación 1:2 (tarwi:agua de mesa) durante 5 min.

Tamizado. Consistió en extraer la leche, luego del licuado de los granos de tarwi. Se ayudó con un colador para separar el extracto acuoso de la masa sólida del tarwi.

Pasteurización. La leche de tarwi se depositó en una olla y calentó a 85 °C durante 15 min.

Almacenamiento. La leche de tarwi pasteurizada se llenó en botellas (vidrio), se enfrió hasta temperatura ambiente y almacenó luego en refrigeración entre 4 a 6 °C.

3.4.4. Procedimiento experimental para la elaboración del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de CMC

En la Figura 4, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa. A continuación, se describe cada proceso del diagrama de flujo (Zurita y otros, 2020; Abrate, 2017).

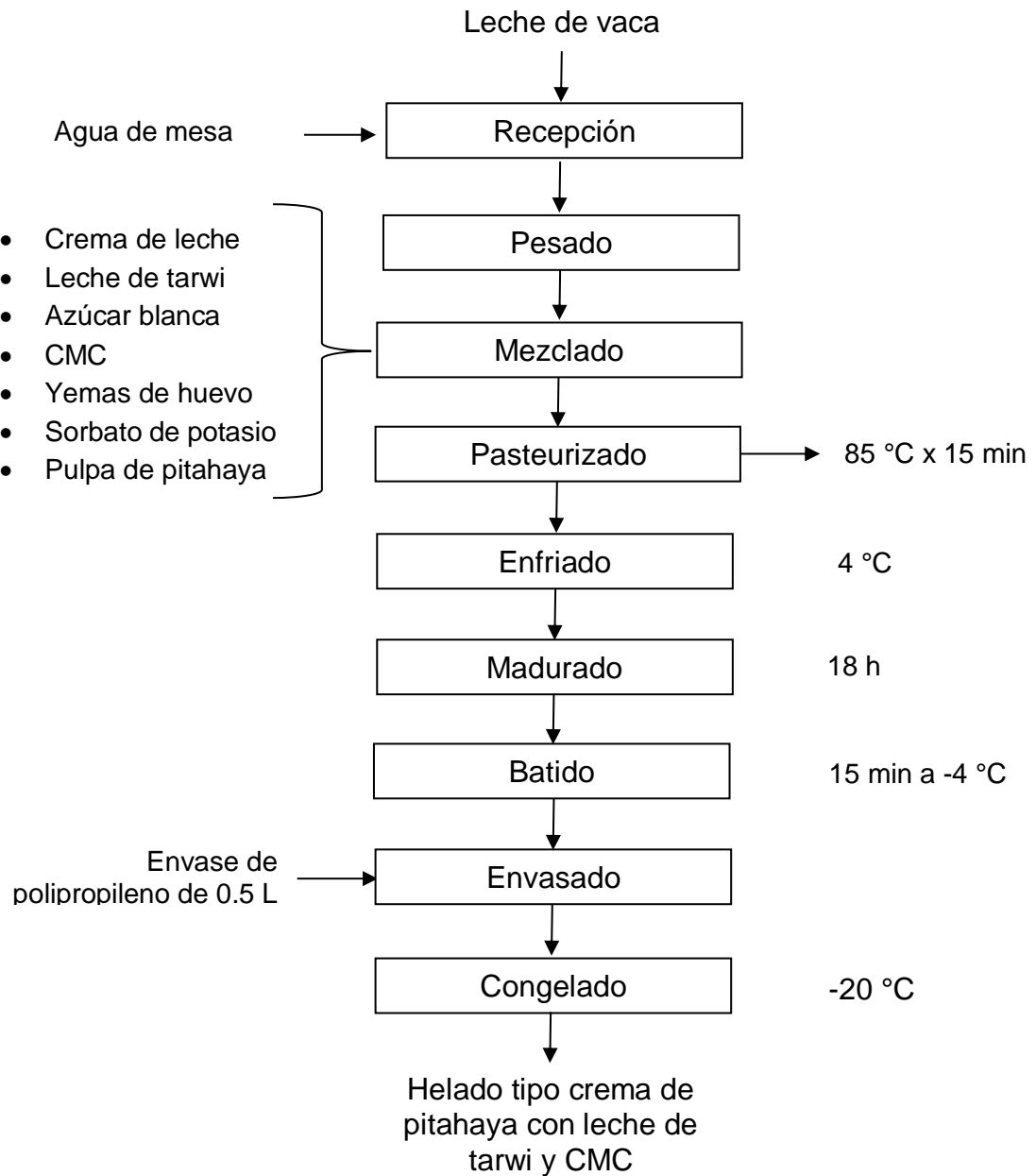


Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de CMC

Recepción. Se recibieron los ingredientes e insumos, y se verificó la información necesaria como; la apariencia, composición y fecha de vencimiento para la elaboración de las muestras.

Pesado. Se pesaron los ingredientes según cada tratamiento establecido en la investigación, presentado en el Cuadro 6. Se prepararon 2.0 kg de mezcla por cada tratamiento de investigación.

Mezclado. Inicio calentando la leche entera conjuntamente con la leche de tarwi a 45 °C; luego, se añadió la crema de leche; posteriormente a 65 °C, se añadió el azúcar blanca, la leche descremada en polvo, el CMC y la pulpa de pitahaya. Se realizó en constante agitación (batidora manual) por 15 min y finalmente, cuando se observó una mezcla homogénea, sin grumos.

Pasteurizado. Se realizó a 85 °C por 15 min con el propósito de disminuir la carga microbiana y enzimas, que puedan alterar el producto final.

Enfriado. Se enfrió la mezcla a 4 °C.

Madurado. La mezcla láctea se llevó a 4 °C durante 18 h, con el propósito de equilibrar los componentes de cada ingrediente; asimismo, la apariencia final del helado.

Batido. La mezcla láctea fue colocada en un recipiente (bandeja) de acero inoxidable a -4 °C (se puso sobre otro recipiente con hielo), y se procedió a batir (batidora manual) por 20 min con el propósito de agregar aire y obtener el desarrollo normal de cristales de hielo.

Envasado. Se utilizaron depósitos con tapa, de capacidad de 0.5 L.

Congelado. Se llevó a una cámara de congelación (-20 °C) con mínimo de 24 h, hasta verificar la formación de los cristales de hielo y una apariencia sólida del helado.

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1. Acidez titulable

La acidez titulable se expresó en ácido láctico. Se colocó 10 mL del helado tipo crema en un vaso precipitado y se añadió 5 gotas de fenolftaleína como indicador. Finalmente, se tituló con solución de NaOH 0.1 N. Se obtuvo el

gasto de titulación para luego reemplazar en la siguiente fórmula (AOAC, 1997).

$$:\% \text{ acidez} = \frac{N \times V \times \text{peso Eq}}{w}$$

Donde:

V = volumen de NaOH usado para la titulación.

N = normalidad del NaOH.

Peso Eq = peso equivalente del ácido láctico

w = Cantidad de la muestra

3.5.2. Sólidos solubles

Se dejaron las muestras de helado a temperatura ambiente hasta obtener una mezcla láctea líquida y se procedió a medir los sólidos solubles empleando un refractómetro de mano, Marca Atago de 0 – 70%, calibrado a 20 °C. Los resultados fueron reportados en °Brix (Palma-Santana y otros, 2020).

3.5.3. Viscosidad aparente

Las diferentes formulaciones de helado tipo crema se agitaron levemente para eliminar el aire de las mezclas y enfriado a 4 °C. Las muestras fueron puestas en el Reómetro digital Brookfield Modelo DV-III, equipado con el husillo o spindle N° 27, a una velocidad de 80 rpm y un volumen de muestra de 500 g a 20 ± 1 °C. El reómetro fue controlado termostáticamente por un circulador de agua (Marca, Selecta). La medida de viscosidad se reportó en mPa.s (Nuerberg y otros 2012; Gaspar, 2017).

3.5.4. Overrun

El overrun consistió en cuantificar la incorporación de aire al helado o también denominado índice de aireación del helado. La determinación se realizó evaluando del volumen inicial de la mezcla y del volumen final del

producto congelado. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) (Gaspar, 2017; NTP 202.057, 2018). Se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Overrun} = \frac{V_f - V_i}{V_i} \times 100$$

Dónde:

V_i : volumen inicial de mezcla

V_f : volumen final del helado (20 °C)

3.5.5. Fusión

Se pesaron 250 g de muestra de helado tipo crema en almacenamiento a -18 °C; y se colocó en un tamiz de aperturas cuadradas de 2.5 mm de ancho, suspendido sobre una bandeja sin consideración de su peso, a 20 °C. En una balanza se tuvo una bandeja en la cual se recopiló el helado derretido. Finalmente, se tomó el peso del helado en la bandeja receptora durante: 0, 5, 10, 30, 40 y 50 min (Gaspar, 2017). Se consideró un tiempo de 25 min en el rango de consumo del helado para el análisis y comparación de todos los resultados de los tratamientos (Rudi y Fitri, 2015).

El factor de fusión se expresará:

$$F (\%) = \frac{P_{ib}}{P_{ih}} \times \frac{P_{fh}}{P_{fb}} \times 100$$

Donde:

P_{ib} : peso de la bandeja receptora

P_{ih} : peso inicial del helado

P_{fb} : peso final bandeja receptora

P_{fh} : peso final del helado

3.5.6. Aceptabilidad general

Para el análisis sensorial del helado se utilizó una prueba de aceptabilidad general mediante escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde el extremo inferior corresponde a “me disgusta muchísimo” con 1 punto y el extremo superior a “me gusta muchísimo” con 9 puntos. Se empleó un panel no entrenado conformado por 30 personas de ambos sexos entre 20 y 40 años (Ramírez, 2012).

Prueba de aceptabilidad general del helado tipo crema			
Nombre:			
Fecha:			
Instrucciones: Pruebe el helado tipo crema de pitahaya, que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (x) en el casillero correspondiente de acuerdo con el nivel de agrado o desagrado que le produzca.			
	Muestra		
Escala	148	389	223
Me agrada extremadamente	----	----	----
Me agrada mucho	----	----	----
Me agrada bastante	----	----	----
Me agrada ligeramente	----	----	----
Ni me agrada ni me desagrada	----	----	----
Me desagrada ligeramente	----	----	----
Me desagrada bastante	----	----	----
Me desagrada mucho	----	----	----
Me desagrada extremadamente	----	----	----
Comentarios:			

Fuente: Cordero-Bueso (2017).

Figura 5. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa.

Se evaluaron 6 formulaciones divididas en dos sesiones, donde las muestras de helado fueron presentadas en cono de galleta puestas aleatoriamente y codificadas con 3 dígitos, acompañado con su tarjeta de evaluación y su vaso de agua.

3.6. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

La evaluación estadística corresponde a un arreglo bifactorial (03 sustituciones de leche de vaca por leche de tarwi y 02 adiciones de CMC) con tres repeticiones. Las variables paramétricas fueron la acidez titulable, sólidos solubles, viscosidad aparente, overrun, fusión, y la variable no paramétrica fue la aceptabilidad general. Se aplicó la Prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas, luego, el análisis de varianza para evaluar el efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi, y la adición de CMC y, finalmente, la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para determinar el mejor tratamiento. Los datos de la evaluación sensorial para la aceptabilidad general del helado tipo crema fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon. Todos los análisis se realizaron a un nivel de confianza del 95% y los datos se procesaron con el paquete estadístico SPSS versión 22 (Statistical Package for The Social Sciences).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre la acidez titulable en un helado tipo crema de pitahaya

En la Figura 6, se muestra la acidez titulable en un helado tipo crema de pitahaya, reportándose valores desde 0.3510 hasta 0.3720%. Se evidenció que conforme aumentó la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi aumentó la acidez (% ácido láctico) y con la adición de carboximetilcelulosa aumentó ligeramente esta variable. Los datos de esta variable se encuentran en el Anexo 1.

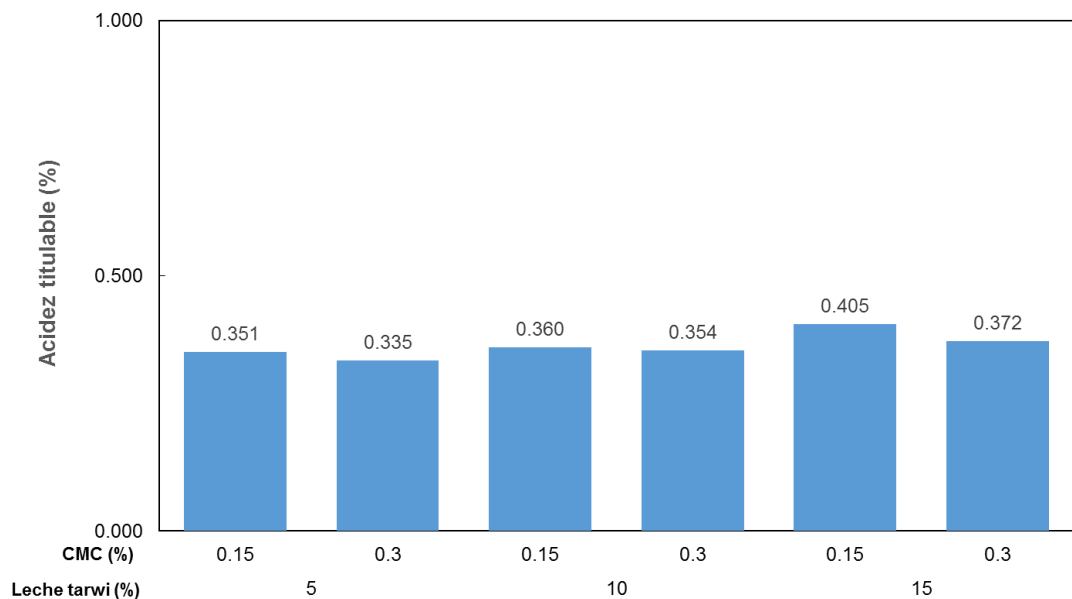


Figura 6. Acidez titulable en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Aboufazli y otros (2014) determinaron en helados donde se sustituyó la leche de vaca por leche de soja (0, 25, 50 y 75%) un incremento de la

acidez titulable desde 0.158 – 0.162%. Umelo y otros (2014) elaboró helados con sustitución de leche de vaca por leche de avellana (0, 40, 50 y 60%), donde la acidez titulable aumentó de 0.141 – 0.146%. Ahsan y otros (2015) elaboraron helados a base de leche de soya con adición de goma guar (0.3, 0.4, 0.5 y 0.6%) donde la acidez disminuyó de 0.94 – 0.75%. Los resultados antes mencionados indican tendencia similar a esta investigación. Esto se podría explicar debido a que la leche de tarwi presenta una acidez del 0.60%, la cual es mayor que la leche entera de vaca con valores entre 0.14 y 0.18% (Elsamani, 2016).

Existe una interacción sobre las características ácidas o alcalinas entre los tipos de leche del helado; dando como resultado un balance ácido-alcalino, modificando la acidez en el producto final (Chacón-Villalobos, Pineda-Castro y Jiménez-Goebel, 2016; Madrid, Madrid y Esteire, 2016). La carboximetilcelulosa es mejor hidrocoloide que la goma arábica y la carragenina en la elaboración de helados. Además, permitió obtener un helado con extracto de limón con adecuadas características físicas y sensoriales (Manurung y otros, 2021).

La acidez tiene influencia directa en la percepción del sabor de los productos lácteos. Está influenciado por los cambios bioquímicos y de composición durante el período de almacenamiento (Ahsan y otros, 2015). El helado con un contenido de acidez titulable muy baja podría favorecer el crecimiento de bacterias proteolíticas y lipolíticas implicadas en el deterioro del producto no congelado adecuadamente (Umelo y otros, 2014).

En el Cuadro 7, se presenta la prueba de Levene aplicada a la acidez del helado tipo crema de pitahaya, la cual determino la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

Cuadro 7. Prueba de Levene para la acidez del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Variable	Estadístico de Levene	p
Acidez	2.903	0.061

En el Cuadro 8, se presenta el análisis de varianza para la acidez del helado tipo crema de pitahaya, demostrando que sólo la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi presentaron efecto significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 8. Análisis de varianza de la acidez del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Leche tarwi: A	2	0.007	0.004	11.651	0.002
CMC: B	1	0.001	0.001	2.135	0.170
A*B	2	0.000	0.000	0.606	0.562
Error	12	0.003	0.000		
Total	17	0.011			

En el Cuadro 9, se presenta la prueba de Duncan aplicada a la acidez del helado tipo crema de pitahaya. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 1, se encuentran los helados 15% de leche de tarwi con 0.15 y 0.30% CMC, considerados como mejores tratamientos con de acidez 0.405 y 0.372% de acidez; que brindarían una mayor estabilidad al producto y adecuada sensación de sabor.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para la acidez del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Leche de tarwi (%)	CMC (%)	Subgrupos		
		1	2	3
15	0.15	0.405		
15	0.30	0.372	0.372	
10	0.30		0.354	0.354
10	0.15		0.360	0.360
5	0.15		0.351	0.351
5	0.30			0.335

4.2. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre los sólidos solubles en un helado tipo crema de pitahaya

En la Figura 7, se muestra los sólidos solubles en un helado tipo crema de pitahaya, reportándose valores desde 41.80 hasta 45.23 °Brix; denotándose la tendencia decreciente principalmente por el aumento de las sustituciones de leche de vaca por leche de tarwi, así como, un ligero incremento con la adición de carboximetilcelulosa. Los datos de los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya se encuentran en el Anexo 2.

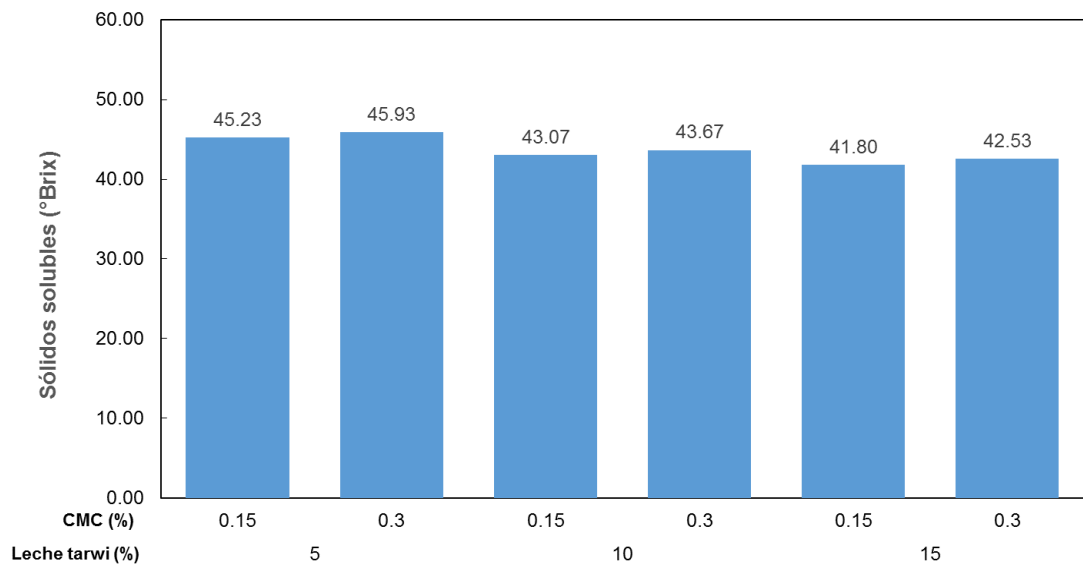


Figura 7. Sólidos solubles (°Brix) en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Palma-Santana y otros (2020) sustituyeron leche de vaca por leche de soya al 20, 40, 60 y 80% obteniendo una tendencia decreciente de 31.67 hasta 29.67 °Brix en el helado. Ahsan y otros (2015) evaluaron la adición de goma guar (0.3, 0.4, 0.5 y 0.6%) en la elaboración de un helado con leche de soya reportando tendencia creciente de 32.17 a 32.63% en sólidos totales.

Los sólidos solubles en los alimentos dependen de la formulación, la cantidad de azúcar (sacarosa) presente en el producto, el cual brinda el sabor y cuerpo al helado. El valor se puede regular agregando azúcar al producto. Por lo mencionado, es importante conocer su contenido de dulzor ya que este influye directamente en las características sensoriales (Palma-Santana y otros, 2020).

La cantidad insuficiente de solutos en el helado crea una textura pobre y un cuerpo débil. Los sólidos totales del helado juegan un papel importante en la consistencia. Puede producir una textura deficiente si los sólidos

presentes están en exceso, mientras que un contenido bajo puede provocar una textura gruesa y una formación de cristales de hielo (Asres y otros, 2022).

En el Cuadro 10, se presenta la prueba de Levene aplicada a los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya, donde se determinó la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

Cuadro 10. Prueba de Levene para los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Variable	Estadístico de Levene	p
Sólidos solubles	2.646	0.078

En el Cuadro 11, se presenta el análisis de varianza para los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya, demostrando que sólo la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi presentó efecto significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 11. Análisis de varianza de los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Leche tarwi: A	2	36.054	18.027	38.041	0.000
CMC: B	1	0.405	0.405	0.855	0.373
A*B	2	0.203	0.102	0.215	0.810
Error	12	5.687	0.474		
Total	17	42.349			

En el Cuadro 12, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 3, encontramos a los helados con 10% de leche de tarwi y 0.15% de CMC con 43.07 °Brix, además, de los productos con 15% de leche de tarwi con 0.15 y 0.30% de CMC; presentando valores de 42.10 y 42.23 °Brix; respectivamente; eligiéndose estos como los mejores tratamientos por ser los menos dulces, lo cual causaría saturación de sabor.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para los sólidos solubles del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Leche de tarwi (%)	CMC (%)	Subgrupos		
		1	2	3
5	0.30	45.93		
5	0.15	45.23		
10	0.30		43.67	
10	0.15		43.07	43.07
15	0.30			42.23
15	0.15			42.10

4.3. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre la viscosidad aparente en un helado tipo crema de pitahaya

En la Figura 7, se muestra la viscosidad aparente en helado tipo crema de pitahaya, reportándose valores desde 2088.0 hasta 4970.67 mPa.s,

evidenciando una tendencia que a mayor adición de carboximetilcelulosa y sustitución de leche de vaca por leche de tarwi, aumentó esta variable. Los datos de la viscosidad aparente del helado tipo crema de pitahaya se encuentran en el Anexo 3.

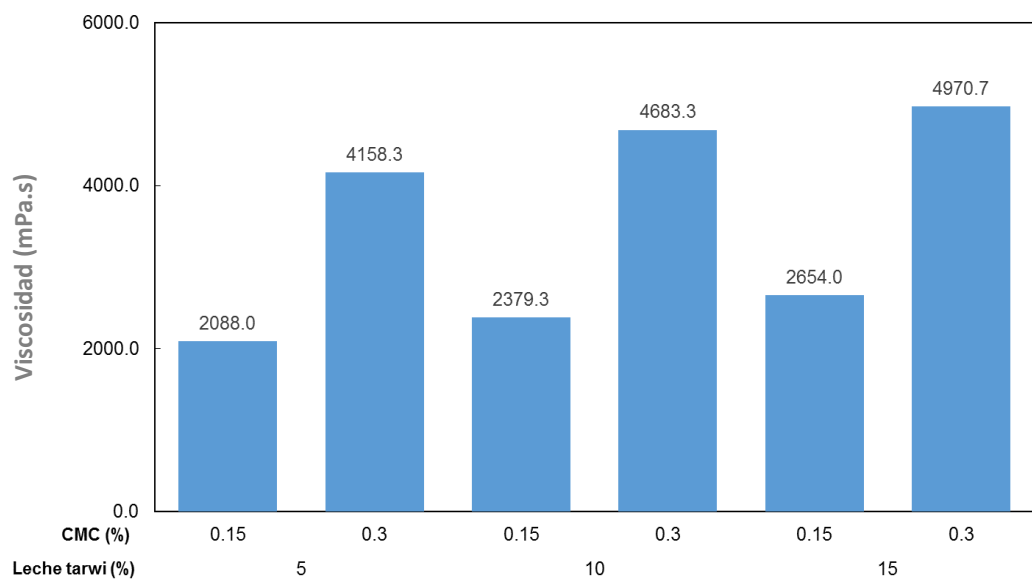


Figura 8. Viscosidad aparente (mPa.s) en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Ahanian y otros (2014) estudiaron la sustitución de leche de soya por leche descremada (25, 50, 75 y 100%) en la elaboración de helados suaves, presentando valores de viscosidad aparente de 4588.33 hasta 6098.37 mPa.s. Atallah y Barakat (2017) evaluaron la sustitución de leche de soya por leche descremada (25, 50, 75 y 100%) en la elaboración de helados suaves con adición de cocoa, reportando valores de viscosidad aparente de 4158.12 hasta 5989.11 mPa.s. Ahsan y otros (2015) evaluaron la adición de goma guar (0.3, 0.4, 0.5 y 0.6%) en la elaboración de un helado con leche de soya reportando valores de 3273 hasta 4460 mPa.s, en la viscosidad aparente. En esta investigación se denotan resultados con tendencias similares.

La viscosidad se convierte en una característica esencial del helado ya que determina la textura deseable del producto final. La baja viscosidad del producto podría deberse al alto contenido de agua en los ingredientes (Romulo y Meindrawan, 2021). Asres y otros (2022) indican que la leche de tarwi presenta 14.57% de sólidos totales, en comparación, con la leche entera de vaca con 12.77%.

La viscosidad de la mezcla de helado que contiene leche de soya aumentó debido al mayor contenido de proteína y su capacidad para interactuar y unirse con el agua. Además, las proteínas de soya y otras leguminosas tienen una mayor capacidad de retención de agua; esta capacidad es una de las características funcionales más importantes de estos ingredientes no lácteos (Atallah y Barakat, 2017). Las proteínas de soya forman una red estable como una estructura de gel que crea una mayor resistencia al flujo (Aboulfazli y otros, 2014).

Los estabilizadores como la carboximetilcelulosa, goma guar y carragenina (también conocidos aglutinantes y espesantes) se caracterizan por tener polisacáridos de cadena larga que pueden unir agua, proteínas y grasas. La adición de un estabilizador a la matriz de hielo podría aumentar la viscosidad, también evita la separación de las mezclas de helado y le da una textura suave. El aumento de la viscosidad contribuye a limitar el crecimiento de cristales de hielo durante la recristalización del helado. Esta limitación se debe a que hay menos aire atrapado y hace que el tamaño del aire sea más pequeño (Romulo y Meindrawan, 2021).

En el Cuadro 13, se presenta la prueba de Levene aplicada a la viscosidad aparente del helado tipo crema de pitahaya. La prueba de Levene determino la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

Cuadro 13. Prueba de Levene para la viscosidad aparente del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Variable	Estadístico de Levene	p
Viscosidad aparente	0.219	0.947

En el Cuadro 14, se presenta el análisis de varianza para la viscosidad aparente del helado tipo crema de pitahaya, denotándose que ni la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y tampoco la adición de carboximetilcelulosa presentaron efecto significativo ($p > 0.05$). Por tanto, no fue factible realizar la prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

Cuadro 14. Análisis de varianza de la viscosidad aparente del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Leche tarwi: A	2	1441023.444	720511.722	0.430	0.660
CMC: B	1	2900034.772	2900034.772	1.732	0.213
A*B	2	30750.778	15375.389	0.009	0.991
Error	12	20095344.000	1674612.000		
Total	17	24467152.994			

4.4. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre el overrun en un helado tipo crema de pitahaya

En la Figura 9, se muestra el overrun en helado tipo crema de pitahaya, reportándose valores desde 81.57 hasta 143.86%, denotándose que a mayor sustitución de leche de vaca por leche de tarwi, hubo un aumento de esta variable y a mayor adición de carboximetilcelulosa, una disminución. Los datos del overrun del helado tipo crema de pitahaya se encuentran en el Anexo 4.

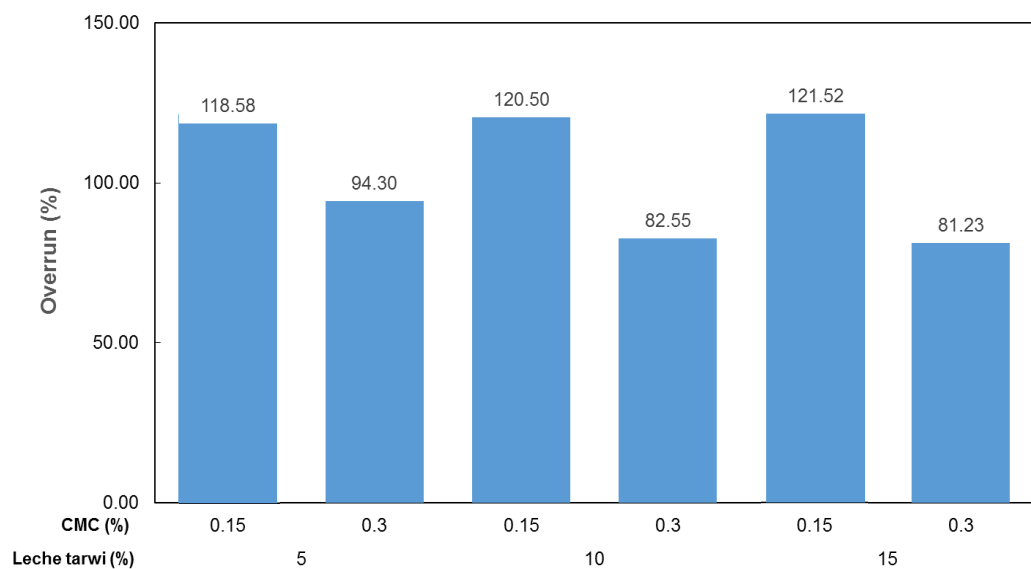


Figura 9. Overrun (%) en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Asres y otros (2022) sustituyeron leche de vaca por leche de tarwi (0, 25, 50, 75 y 100%) reportaron una ligera tendencia creciente de 83.01 a 84.05% en el overrun del helado. Atallah y Barakat (2017) evaluaron la sustitución de leche de soya por leche descremada (25, 50, 75 y 100%) en la elaboración de helados suaves con adición de cocoa, reportando valores de overrun de 88.74 hasta 89.52%. Manurung y otros (2021) elaboraron helado tipo crema con extracto de limón, adicionando carboximetilcelulosa (0.5, 0.75, 1.0, 1.25 y 1.5%), observándose una tendencia decreciente en

el overrun con valores de 38.51 hasta 25.18%. En esta investigación de denotan resultados con tendencias similares.

El overrun es el índice de aireación o cantidad de aire agregado a la mezcla en porcentaje sobre la misma en volumen. La introducción de aire al sistema provoca que se obtenga un producto trifásico (sólido, líquido y gas). Este aire no interviene de manera importante en la transferencia de calor del producto, pero si en una distribución del tamaño de cristales (Madrid y otros, 2016).

Los helados con sustitución de leche entera de vaca por leche de soya, al aumentar el contenido de proteínas que en leguminosas presenta una buena capacidad de emulsificación (Abdullah y otros, 2003; Atallah y Barakat, 2017).

La viscosidad influye en el overrun del helado, un producto más viscoso podría disminuir el overrun, donde se dificulta la incorporación de la celda de aire debido a la hidratación de los ingredientes (Romulo y Meindrawan, 2021). La disminución del overrun fue provocado por el aumento de sólidos totales, lo que hace que el helado se vuelva más consistente. Como resultado, el espacio entre las partículas se vuelve más estrecho, inhibiendo así el desarrollo de la masa de helado. Así mismo, el aumento de la concentración de carboximetilcelulosa afectó la unión del aire libre de modo que la masa de helado es más viscosa, disminuyendo el overrun (Manurung y otros, 2021).

En el Cuadro 15, se presenta la prueba de Levene aplicada al overrun del helado tipo crema de pitahaya. La prueba de Levene determino la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

Cuadro 15. Prueba de Levene para el overrun del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Variable	Estadístico de Levene	p
Overrun	0.976	0.471

En el Cuadro 16, se presenta el análisis de varianza para el overrun del helado tipo crema de pitahaya, demostrando que la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa presentaron efecto significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 16. Análisis de varianza del overrun del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Leche tarwi: A	2	1436.107	718.053	68.599	0.000
CMC: B	1	7339.469	7339.469	701.172	0.000
A*B	2	120.682	60.341	5.765	0.018
Error	12	125.609	10.467		
Total	17	9021.867			

En el Cuadro 17, se presenta la prueba de Duncan aplicada al overrun del helado tipo crema de pitahaya. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 1, se presenta el tratamiento de 15% de leche de tarwi y 0.3% de CMC que obtuvo 81.23% de overrun, eligiéndose como mejor tratamiento debido a que Asres y otros (2022) indica que el rango normal de un helado tipo crema se encuentra entre 60 y 90%.

Cuadro 17. Prueba de Duncan para el overrun del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Leche de tarwi (%)	CMC (%)	Subgrupos				
		1	2	3	4	5
15	0.30	81.23				
10	0.30		82.55			
5	0.30		94.30			
5	0.15			118.58		
10	0.15				120.50	
15	0.15					121.52

4.5. Efecto de sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre la fusión en un helado tipo crema de pitahaya

En la Figura 10, se muestra la fusión en helado tipo crema de pitahaya, reportándose valores decrecientes desde 85.26 hasta 47.45%, con la mayor sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa. Los datos de la fusión del helado tipo crema de pitahaya se encuentran en el Anexo 5.

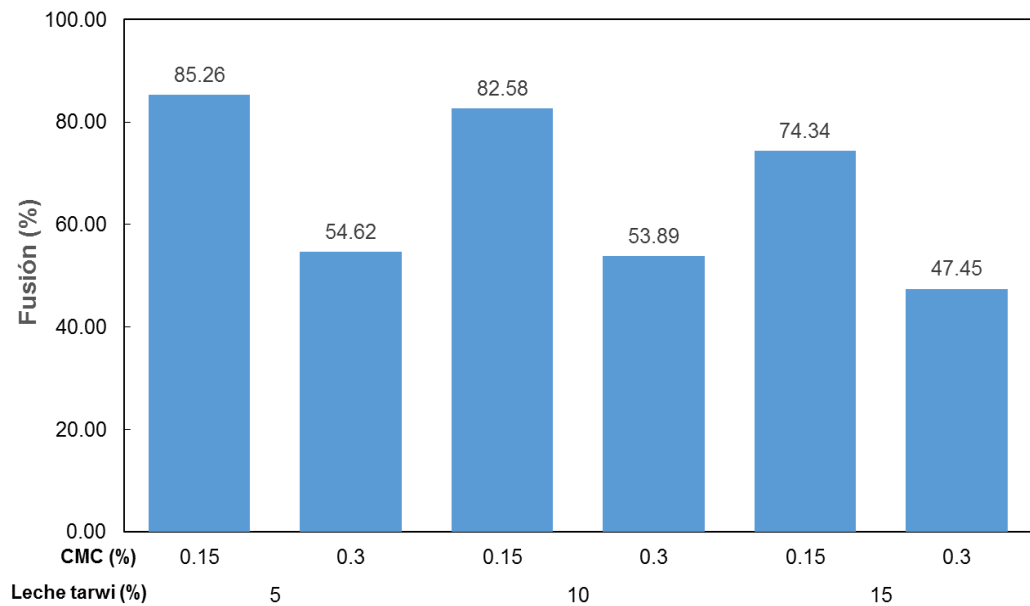


Figura 10. Fusión (%) en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Asres y otros (2022) sustituyeron leche de vaca por leche de tarwi (0, 25, 50, 75 y 100%) reportaron una ligera tendencia decreciente de 84.40 a 83.21% en la fusión del helado. Atallah y Barakat (2017) evaluaron la sustitución de leche de soja por leche descremada (25, 50, 75 y 100%) en la elaboración de helados suaves con adición de cocoa, reportando valores de fusión de 15.32 hasta 13.56%. Ahsan y otros (2015) evaluaron la adición de goma guar (0.3, 0.4, 0.5 y 0.6%) en la elaboración de un helado con leche de soja reportando valores decrecientes de fusión entre 14.17 hasta 10.56%. En esta investigación se denotan resultados con tendencias similares.

La fusión disminuyó a medida que aumentó la cantidad de leche de tarwi en la producción de helado. Este resultado indica que la resistencia al derretimiento en el producto mejora debido a la presencia de fibras

vegetales, que podrían dar como resultado un postre más consistente, más agradable y que tardará más en derretirse (Asres y otros, 2022).

La estructura del helado determina la velocidad de fusión del producto. Cuando el helado se derrite, el calor del aire ambiente que rodea el producto se transferirá al helado para derretir los cristales de hielo. El derretimiento comenzará desde la parte exterior del producto. El agua del hielo derretido se difunde hacia la fase viscosa no congelada, entonces eso fluye a través de los elementos estructurales (Aboufazli, 2014).

Existe una excelente asociación entre la velocidad de fusión y el overrun. El overrun contribuye a una velocidad de fusión más lenta debido a su efecto aislante. La producción de helado utilizando sucedáneos de la leche que tienen diferentes propiedades de sus componentes sólidos y grasas. Estas diferencias podrían afectar la desestabilización de la grasa que recubre y sostiene las células de aire y también las cadenas de glóbulos de grasa que forman una red de grasa en el helado (Aboufazli, 2014).

La carboximetilcelulosa se utiliza en productos lácteos y helados, como emulsionante. En helado, se utiliza como estabilizador para obtener un producto de calidad. Este hidrocoloide en concentraciones apropiadas genera una viscosidad media, mejora la textura y proporciona una sensación cremosa en la boca al eliminar el crecimiento excesivo de cristales en el helado tipo crema (Romulo y Meindrawan, 2021).

En el Cuadro 18, se presenta la prueba de Levene aplicada a la fusión del helado tipo crema de pitahaya. La prueba de Levene determino la existencia de homogeneidad de varianza ($p \geq 0.05$).

Cuadro 18. Prueba de Levene para la fusión del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Variable	Estadístico de Levene	p
Fusión	0.356	0.869

En el Cuadro 19, se presenta el análisis de varianza para la fusión del helado tipo crema de pitahaya, demostrando que la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa, no presentaron efecto significativo ($p < 0.05$).

Cuadro 19. Análisis de varianza de la fusión del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Leche tarwi: A	2	277.227	138.614	0.452	0.647
CMC: B	1	592.368	592.368	1.930	0.190
A*B	2	50.634	25.317	0.082	0.921
Error	12	3683.346	306.946		
Total	17	4603.575			

4.6. Efecto de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre la aceptabilidad general en un helado tipo crema de pitahaya

En la Figura 11, se muestran la moda de la aceptabilidad general en helado tipo crema de pitahaya. Se observa mayor preferencia a la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi al 15% y la adición de carboximetilcelulosa de 0.3%, con la mayor moda de 9 puntos “me agrada extremadamente”.

Los datos de la aceptabilidad general del helado tipo crema de pitahaya se encuentran en el Anexo 6. Los panelistas comentaron que la concentración de leche de tarwi y CMC le confirió una textura suave y untuosa, así como, mejor sabor al helado tipo crema.

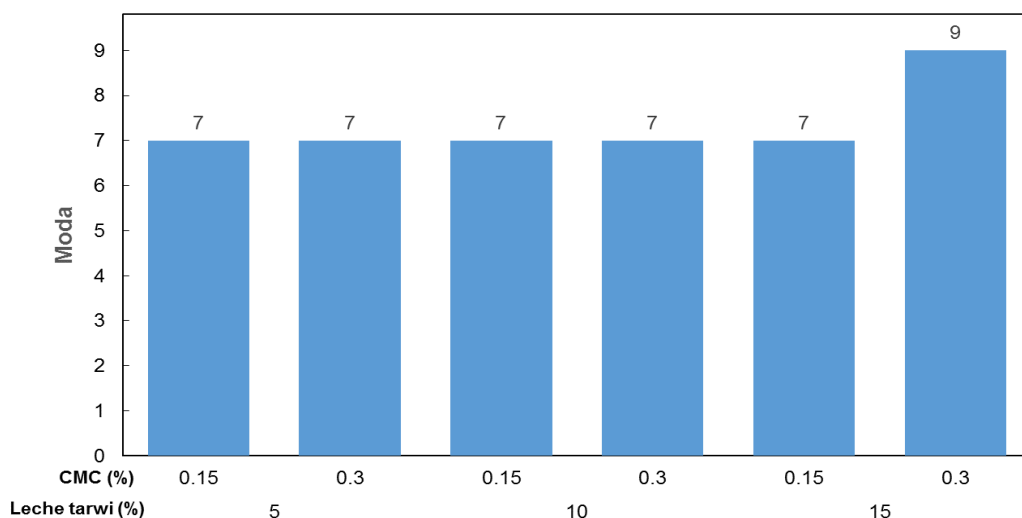


Figura 11. Aceptabilidad general (moda) en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

En el Cuadro 20, se presenta la prueba de Friedman de la aceptabilidad general del helado tipo crema de pitahaya, indicando que no existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos. El tratamiento que presentó mayor aceptación (sustitución de leche de vaca por leche de tarwi al 15% y la adición de carboximetilcelulosa de 0.3%) con un promedio con 7.74 y moda de 9 puntos, fue estadísticamente igual a los demás.

Asres y otros (2022) evaluaron las características sensoriales de helado tipo crema empleando una escala hedónica de 7 puntos, reportando mayor aceptabilidad general con 6.10 puntos en el producto sustitución de 25% de leche de tarwi por leche entera fresca.

Cuadro 20. Prueba de Friedman de la aceptabilidad general del helado tipo crema de pitahaya con la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa

Leche de tarwi	CMC	Rango promedio	Promedio	Moda
5	0.15	3.45	7.36	7
5	0.30	3.50	7.38	7
10	0.15	3.25	7.22	7
10	0.30	3.19	7.26	7
15	0.15	3.52	7.40	7
15	0.30	4.09	7.74	9
Chi ²			8.527	
p			0.129	

Manurug y otros (2021) obtuvieron la mayor aceptabilidad general en helado con extracto de limón que contenía 0.5% de carboximetilcelulosa con un valor de 4.21 puntos en una escala hedónica de 5 puntos. Ahsan y otros (2015) reportaron que el helado con leche de soya y adición de goma guar al 0.4%, presentó la mayor aceptabilidad general con 7.54 puntos en una escala hedónica de 9 puntos.

Los cristales de hielo, las células de aire, los glóbulos de grasa, las proteínas líquidas no congeladas y la estructura del gel contribuyen a la apariencia y características de aceptación del helado. El sabor y la textura en el helado son factores importantes en el momento de la degustación, es por ello que cuando el helado no presenta grumos de grasa ni cristales de hielo, se obtiene la mayor aceptabilidad (Gallegos y otros, 2020; Asres y otros, 2022).

V. CONCLUSIONES

- Se determinó que existió efecto significativo en la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi y la adición de carboximetilcelulosa sobre el overrun, así como, de la sustitución de leche de vaca por leche de tarwi en la acidez titulable y sólidos solubles; de un helado tipo crema de pitahaya.
- La sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi al 15% y la adición de 0.3% de carboximetilcelulosa presentó la mejor acidez titulable (0.372%), sólidos solubles (42.53 °Brix), viscosidad aparente (4970.7 mPa.s), overrun (81.23%), menor fusión (47.45%) y mayor aceptabilidad general con una moda de 9 puntos equivalente a una percepción de me agrada extremadamente; en helado tipo crema de pitahaya.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar nuevas variables dependientes como sólidos totales, contenido de proteínas, contenido de grasa y compuestos fenólicos para evaluar el efecto de la adición de leche de tarwi sobre estas importantes características adicionales del helado tipo crema de pitahaya.

Estudiar la sustitución parcial de la leche de vaca por leches vegetales (coco, almendras, avena y otros) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en helado tipo crema de pitahaya amarilla y roja.

VII. REFERENCIAS

- Abdullah, M., Rehman, S., Zubair, H., Saeed, H. M., Kousar, S., & Shahid, M. (2003). Effect of skim milk in soymilk blend on the quality of ice cream. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(5), 305-311.
- Abrate, F. (2017). Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas. Tesis para obtener el Título Profesional de Magister en Tecnología de Alimentos. Universidad Católica de Córdoba.
- Aboufazole, F.; Salihin; A y Misran M. (2014). Effect of Vegetable Milks on the Physical and Rheological Properties of Ice Cream. Institute of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia.
- Agudela, D. (2005). Composición Nutricional de la Leche de Ganado Vacuno. Revista La Salle de Investigación. Antioquia – Colombia.
- Altuna, J., Silva, M. y Álvarez, M. 2018. Yellow pitahaya (*Hylocereys megalanthus*) fatty acids composition from ecuadorian amazonia. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11: 218-221.
- Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Segunda edición. Edit. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Ahanian B.; Pourahmad R. and Mirahmadi F. (2014). Effect of substituting soy milk instead of skim milk on physicochemical and sensory properties of sesame ice cream. Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
- AOAC International. 1997. Official Methods of Analysis. Washington, DC., USA: Editorial Agricultural Chemical Association.
- Ahsan, S., Zahoor, T., Hussain, M., Khalid, N., Khaliq, A., & Umar, M. (2015). Preparation and quality characterization of soy milk based non-dairy ice cream. *International Journal of Food and Allied Sciences*, 1(1), 25-31.
- Asres, A., Woldemariam, H. y Gemechu, F. 2022. Physicochemical and sensory properties of ice cream prepared using sweet lupin and soymilk as

alternatives to cow milk. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 278-287.

Attar, Ş. H., Gündeşli, M. A., Urün, I., Kafkas, S., Kafkas, N. E., Ercisli, S and Adamkova, A. (2022). Nutritional analysis of red-purple and white-fleshed pitaya (*Hylocereus*) species. *Molecules*, 27(3), 808.

Atallah, A. y Hassan, B. 2017. Preparation of non-dairy soft ice milk with soymilk. *Advances in Dairy Research*, 5: 172-181.

Badui D. (2006). *Química de los Alimentos (4ta)*. México Pearson Educación.

Di Bartolo, E. (2005). *Guía Para la Elaboración de Helados*. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos – ARGENTINA.

Cabrera, L. 2019. Evaluación de estabilizantes en la elaboración de bebidas a partir de lactosuero dulce y dos ecotipos de tarwi. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de Juliaca. Perú.

Castañeda, B., Manrique, R., Gamarra, F., Muñoz, A., Ramos, F, Lizaraso, F. y Martínez, J. 2008. Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* sweet (chocho o tarwi). *Acta Médica Peruana*, 25(4): 210-215.

Carhuallanqui, S., Ccora, A., Vilcapoma, L. y Casas, J. 2022. Caracterización del tarwi y diseño de un prototipo de desamargado para la reducción de alcaloides. *Journal of Agri-Food Science*, 3: 53-60.

Canchahuaman, H y Ladera, J (2010). Caracterización Físicoquímico y Sensorial del Yogurt con Adición de Goma de Tara (*Caesalpinia spinosa*), Como Estabilizante a Diferentes Concentraciones. Universidad Nacional del Centro del Peru.

Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2017). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*.

Chacón-Villalobos, A., Pineda-Castro, M. y Jiménez-Goebel, C. 2016. Características físicoquímicas y sensoriales de helados de leche caprina y

bovina con grasa vegetal. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 27 (1), 19-36.

Cordero-Bueso, G. Análisis sensorial de los alimentos. 2017. Primera Edición. Madrid, España: AMV Ediciones.

Corzo-Ríos, L., Bautista, M., Gómez y Gómez, Y. 2016. Frutas de cactáceas: Compuestos bioactivos y sus propiedades nutraceuticas. *Propiedades Funcionales de Hoy. OmniaScience*, 1: 35-66.

Enrique One y Montalvo, Adán Cabal Prieto y Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera (2022). La pitahaya (*Hylocereus spp.*) como Alimento Funcional: Fuente de Nutrientes y Fotoquímicos. Tecnológico Nacional de México/Campus Calkiní, Campeche, México,

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi: *Lupinus mutabilis Sweet*. Número 36 de FAO. Plant production and protection papers. 236 pp.

Gallegos, R., Chávez, B. y Vallejo, J. 2020. Análisis químico, microbiológico y sensorial de helados de mora (*Rubus glaucus Benth*) a base de leche de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*). *Ciencia Digital*, 4(3), 391-403.

Gaspar, K. 2017. Efecto de la sustitución parcial de la crema de leche por oleína de palma (*Elaeis guineensis*) y grasa de almendra de mango (*Mangifera indica L.*), sobre la viscosidad aparente, overrun, tiempo de derretimiento y aceptabilidad general en helado de vainilla. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Gestión. (2021). Consumo de helado crece 1.8 litros al año. Lima, Perú: Diario Gestión. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/empresas/peruanos-consumen-18-litros-de-helado-al-ano-noticia/>

Glorio, P. 1990. Evaluación de la calidad de un producto deshidratado a base de papa (*Solanum tuberosum L.*) lupino (*Lupinus mutabilis Sweet*) y huevo. Tesis Mg. Sc. Industrias Alimentarias

- Gutiérrez, A., Infantes, M., Pascual, G. y Zamora, J. 2016. Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Agroindustrial Science*, 6(1): 145-149. Recuperado de: <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.17>
- Hassan, A. 2019. Using of soymilk for ice cream production. Tesis para obtener el Grado de Magister en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Sudan University of Science and Technology.
- Huayhua, E. 2018. Determinación de la carga microbiológica y análisis bromatológicos de la leche comercializada en piso en los mercados de la ciudad de Cajamarca. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ibáñez; R. y Maceda, J.(2020). Efecto del nitrógeno líquido y estabilizantes en los parámetros del proceso de elaboración de helado artesanal de fresa. Universidad San Ignacio de Loyola. Facultad de Ingeniería. Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial. Lima – Peru.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA.2020. Guía técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región Amazonas. .
- INDECOPI (2003). Norma Técnica Peruana 202.001:2003 – Leche y Productos Lácteos. Leche Cruda.
- INDECOPI. (2006 – Revisada el 2018). Norma Técnica Peruana 202.057. Leche y productos lácteos: Helados, requisitos. 2da Edición. Lima, Perú.
- Lobo, R., Tanizaki, G. y de Soto, J. 2016. Pitahaya. Register of new fruit and nut cultivars list 48. *HortScience*, 51: 641-643.
- López, M. 2019. Obtención de sucedáneo de yogurt saborizado a partir de *Lupinus mutabilis* y lactosa. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Privada de Tacna. Perú.
- López, L. (1999). “Alimentos: la pitahaya variedad de usos”. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) – México

- Carbajal – Irenas F.; Nout M.; Van Boekel M.; Koziol M. y Linnemann A. (2013). Modelling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* sweet. Food Science and Technology.
- Madrid, A., Madrid, J. y Esteire. 2016. Fabricación de helados. Primera Edición. Madrid, España: AMV Ediciones.
- Magalhaes, D., da Silva, D. y Ramos, J. 2019. Changes in the physical and physico-chemical characteristics of red-pulp dragon fruit during its development. Scientia Horticulturae, 253: 180-186.
- Magalhaes, S., Fernandes, F., Cabrita, A., Fonseca, A., Valentao, P. y Andrade, P. 2017. Alkaloids in the valorizations of European *Lupinus* spp. Industrial Crops and Products, 95: 286-295.
- Manurung, A., Ayu, D. y Johan, V. 2021. Addition of carboxymethyl Cellulose concentration on lemongrass extract ice cream. Conference Series: Earth and Environmental Science. Disponible en: doi:10.1088/1755-1315/757/1/012063
- Mercado-Silva, E.M. 2018. Pitaya-*Hylocereus undatus* (Haw). Exotic Fruits 339-349.
- Mirchouli, A., Mazaheri, M., Mortazavi, S. y Seyed, M. 2020. A comparison of physicochemical and sensory characteristics of ice cream made from cows' milk and soymilk with ice cream madre from their mix poder. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 9(1): 73-84.
- Montesinos, J., Ruiz, G. y Rodríguez, L. 2015. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. Cultivos Tropicales, 36: 67-76.
- Monsalve, B.; Sandra P. (2002). "El néctar de pitahaya como una alternativa en la reducción de pérdidas postcosecha de esta fruta". Universidad de la Salle – Bogotá.

Mori, L.; Paz, R. 2008. Eliminación de alcaloides en el tarwi (*Lupinus mutabilis*) mediante lavado con agua a diferentes pH. *Rev. CC. Biol.* 6: 48-53.

Norma técnica peruana. (202.092.2008). Leche y Productos Lácteos. Yogurt. Requisitos. Cuarta Edición.

Nuernberg, P., Burin, V., Bordignon-Luiz, M. 2012. Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. *Food science and technology.* 48. 224-230.

Ortega, D., Rodríguez, A., Arturo, D. y Zamora-Burbano, A. 2017. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los andes de Colombia. *Acta Agronómica.* 59(1): 111-118.

Palma-Santana, S., Espinoza, J., Flores, L. y Reyna, K. 2020. Elaboración de helado con diferentes concentraciones de leche de soya (*Glycine max*). *Revista Espamciencia,* 11(2): 120-130.

Pinto-Rodríguez, M. 2019. Adaptabilidad de tres cultivares de tarwi con diferentes enmiendas orgánicas bajo condiciones de zona quechua. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería Agrónoma. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Prisa, D. (2022). Pitahaya a New Superfood: Cultivation Methods and Medicinal Properties of the Fruit. *Indian Journal of Natural Sciences.* 12(70): 37731-37739

Posada, D., Sepúlveda, J. y Restrepo, D. 2012. Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad en mezclas para helado duro. *Vitae,* 19(2): 166-177.

Rodríguez, D.; Gutiérrez M.; Miranda, D. (2005). "Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*)" *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* vol.58 nro.2 Medellín – Colombia.

Ramírez-Navas, J., Rengifo-Velásquez, C. y Rubiano-Vargas, A. 2015. Parámetros de calidad en helados. *Revista Reciteia,* 15(1), 79-94.

- Ramírez-Navas, J. (2012). Análisis Sensorial: Pruebas Orientadas al Consumidor. *Revista Reciteia* 12(1):83-102.
- Rahman, M. S., Hasan, M. S., Nitai, A. S., Nam, S., Karmakar, A. K., Ahsan, M. S. & Ahmed, M. B. (2021). Recent developments of carboxymethyl cellulose. *Polymers*, 13(8), 1345.
- Ortega, D., Rodríguez, A., Arturo, D. y Zamora-Burbano, A. 2017. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los andes de Colombia. *Acta Agronómica*. 59(1): 111-118.
- Ortega, D.; Rodríguez A.; David A. y Zamora-Burbano, A. (2010) Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación GIPAB, Universidad del Valle, Cali-Colombia.
- Romulo, A. y Meindrawan, B. 2021. Effect of Dairy and Non-Dairy Ingredients on the Physical Characteristic of Ice Cream. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 794, No. 1, p. 012145). IOP Publishing.
- Rudi, J. y Fitri, N. 2018. CMC addition effect on characteristics of ice cream madre from pedad fruit and Young coconut juices. *Jurnal Technoly and Industri Hasil Pertanian*, 24(1): 51-60.
- Sepúlveda, J., Flórez, L. y Peña, C. 2002. Utilización de lactosuero de queso fresco en la elaboración de una bebida fermentada con adición de pulpa maracuyá (*passiflora edulis*) variedad púrpura y carbóximetil celulosa (cmc), enriquecida con vitaminas A y D. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 55(2), 1633-1674.
- Shrestha, M. y Maskey, B. 2018. Effects of soymilk and milk solid not fat on soy ice cream quality. *Himalayan Journal of Science and Technology*, 2: 41-47.
- Singhal, S., Baker, R. y Baker, S. 2017. A Comparison of the Nutritional Value of Cow's Milk and Nondairy Beverages. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64 (5): 799–805. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001380>.

Tonny, C., Maigoda, F. y Darwis, G. 2017. Red dragon fruit powder as a basic ingredient for functional foods rich in bioactive compounds, nutritional substances and antioxidants. *Pakistan Journal of Nutrition*, 16: 714-718.

Umelo M.; Uzoukwu A; Odimegwu, E; Agunwah, I; Njoku, N. y Alagbaoso, S. (2014). Proximate, physicochemical and sensory evaluation of ice cream from blends of cow milk and tigernut (*Cyperus esculentus*) milk. Department of Food Science and Tech., Federal University of Technology, Owerri, Imo State-Nigeria.

Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453

Zurita, R., Herrera, B. y Robalino, J. 2020. Análisis químico, microbiológico y sensorial de helados de mora a base de leche de chocho. *Ciencia Digital*, 4(1): 391-403.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Valores de Acidez titulable en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Leche de tarwi (%)	5	5	10	10	15	15
CMC (%)	0.15	0.3	0.15	0.3	0.15	0.3
1	0.369	0.324	0.3600	0.342	0.432	0.369
2	0.342	0.338	0.3600	0.351	0.396	0.378
3	0.342	0.342	0,360	0.369	0.387	0.369
Promedio	0.3510	0.3347	0.3600	0.354	0.405	0.3720

Anexo 2. Valores de Solidos solubles en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Leche de tarwi (%)	5	5	10	10	15	15
CMC (%)	0.15	0.3	0.15	0.3	0.15	0.3
1	45.80	46.00	43.40	45.00	41.80	43.00
2	45.00	45.80	43.00	43.00	41.90	42.80
3	44.90	46.00	42.80	43.00	41.70	41.80
Promedio	45.23	45.93	43.07	43.67	41.80	42.53

Anexo 3. Valores de viscosidad aparente en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Leche de tarwi (%)	5	5	10	10	15	15
CMC (%)	0.15	0.3	0.15	0.3	0.15	0.3
1	2263	4225	2351	4725	2737	5012
2	2438	4175	2250	4637	2775	5075
3	1563	4075	2537	4688	2450	4825
Promedio	2088.0	4158.33	2379.33	4683.33	2654.0	4970.67

Anexo 4. Valores de overrun en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Leche de tarwi (%)	5	5	10	10	15	15
CMC (%)	0.15	0.3	0.15	0.3	0.15	0.3
1	118.6	94.55	120.10	82.55	121.55	81.1
2	118.33	94.12	120.40	82.77	121.32	80.9
3	118.80	94.22	121.00	82.33	121.70	81.7
Promedio	118.58	94.30	120.50	82.55	118.52	81.23

Anexo 5. Valores de fusión en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Leche de tarwi (%)	5	5	10	10	15	15
CMC (%)	0.15	0.3	0.15	0.3	0.15	0.3
1	87.09	56.10	88.12	62.13	79.42	48.71
2	86.75	65.09	84.20	54.25	76.18	50.09
3	81.93	42.67	75.43	45.28	67.41	43.55
Promedio	85.26	54.62	82.58	53.89	74.34	47.45

Anexo 6. Valores de aceptabilidad general en función de la sustitución de la leche de vaca por leche de tarwi y adición de carboximetilcelulosa en un helado tipo crema de pitahaya

Leche de tarwi (%)	5	5	10	10	15	15
CMC (%)	0.15	0.30	0.15	0.30	0.15	0.30
Panelistas						
1	7	7	6	6	8	8
2	7	8	6	6	7	7
3	8	6	7	7	7	9
4	7	8	8	6	7	7
5	8	6	6	8	7	9
6	7	7	6	9	7	7
7	7	8	6	7	6	7
8	8	7	7	7	9	8
9	8	8	7	7	9	9
10	8	6	7	7	9	9
11	6	9	7	7	8	6
12	8	7	7	6	6	8
13	7	7	8	7	8	8
14	7	7	7	7	8	6
15	8	7	9	5	7	7
16	7	8	8	7	7	6
17	8	6	7	8	7	7
18	8	7	7	6	6	6
19	7	8	8	7	9	9
20	8	6	7	6	6	8
21	7	7	8	8	7	9
22	7	6	8	7	7	8
23	7	7	7	7	8	6
24	7	8	8	7	6	7
25	7	8	7	9	8	9
26	5	7	6	7	7	9
27	7	7	8	9	6	9
28	7	7	9	8	8	9
29	8	8	6	8	7	8
30	8	6	8	7	9	9
31	7	8	8	8	9	9
32	6	9	6	8	8	8

33	7	7	8	7	7	8
34	8	7	7	7	9	9
35	6	9	8	8	6	6
36	7	8	8	7	7	9
37	8	7	7	8	9	6
38	7	7	8	6	7	7
39	8	8	7	7	9	7
40	7	9	8	6	7	8
41	9	7	7	7	7	6
42	9	9	7	8	8	8
43	8	7	7	8	6	7
44	7	9	6	7	7	8
45	8	8	7	7	9	6
46	7	7	5	8	7	9
47	6	7	7	8	6	8
48	8	6	8	9	8	7
49	9	8	9	9	6	9
50	7	8	7	7	7	8
Promedio	7.36	7.38	7.22	7.26	7.4	7.74
Rango promedio	3.63	4.29	3.54	4.02	3.75	4.08
Mediana	7	7	7	7	7	8
Moda	7	7	7	7	7	9