



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“EVALUACIÓN DE YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO
DE TUNA *Opuntia ficus-indica* COMO ESPESANTE NATURAL.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: NORMA ISABEL BELATA LÓPEZ

DIRECTOR: ING. JESÚS RAMÓN LÓPEZ SALAZAR. Msc

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Norma Isabel Belata López

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Norma Isabel Belata López, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 23 de agosto de 2023






Norma Isabel Belata López

0605085752

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Trabajo experimental “**EVALUACIÓN DE YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica* COMO ESPESANTE NATURAL.**”, realizado por la señorita: **NORMA ISABEL BELATA LÓPEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Byron Leoncio Diaz Monroy, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-08-23
Ing. Jesús Ramón López Salazar MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-23
Bqf. Carmen Alicia Zavala Toscano. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-23

DEDICATORIA

A mis queridos padres, hermanos, compañeros y amigos que me han brindado su apoyo incondicional para salir adelante en mis estudios, enfrentando todas las adversidades que se me presentaron en el trascurso del camino.

Norma

AGRADECIMIENTO

A mis padres por sus enseñanzas y valores, que me formaron, fortalecieron y permitiéndome ser una persona con buenos principios; Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Carrera de Agroindustria por formarme profesionalmente, a mi Director de Tesis Ing. Jesús Ramón López Salazar MSc. y Asesora Bqf. Carmen Alicia Zavala Toscano por las constantes orientaciones

Norma

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	2
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II	4
2. ANTECEDENTES	4
3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
3.1 Yogurt	5
3.1.1 <i>Definición de yogurt</i>	5
3.1.2 <i>Calidad del yogurt</i>	5
3.1.3 <i>Factores que afectan la calidad del yogurt</i>	5
3.1.4 <i>Características organolépticas del yogurt</i>	7
3.2 Tuna	8
3.2.2 <i>Morfología de la tuna</i>	9
3.2.3 <i>Tipos de Tuna y Variedades</i>	12
3.2.4 <i>Producción de tuna en Ecuador</i>	12

3.2.5	<i>La tuna en la alimentación humana</i>	13
3.2.6	<i>Especies de Opuntia</i>	13
3.2.7	<i>Mucílago de tuna</i>	14
3.3	Aditivos	15
3.3.1	<i>Aditivos en productos lácteos</i>	15
CAPÍTULO III		17
4.	MARCO METODOLOGICO	17
4.1	Localización y duración del experimento	17
4.2	Unidades experimentales	17
4.3	Materiales, equipos y reactivos	17
4.3.1	<i>Materiales</i>	17
4.3.2	<i>Equipos</i>	18
4.3.3	<i>Reactivos</i>	19
4.4	Tratamiento y diseño experimental	20
4.4.1	<i>Diseño experimental</i>	20
4.5	Mediciones experimentales	20
4.5.1	<i>Análisis fitoquímico del mucílago de tuna</i>	20
4.5.2	<i>Análisis físico químico del yogurt elaborado con mucílago de tuna</i>	21
4.5.3	<i>Análisis reológico del yogurt elaborado con mucílago de tuna</i>	21
4.5.4	<i>Análisis sensorial del yogurt elaborado con mucílago de tuna</i>	21
4.5.5	<i>Análisis económico del yogurt elaborado con mucílago de tuna</i>	21
4.6	Análisis estadístico y pruebas de significancia	22
4.6.1	<i>Técnicas estadísticas</i>	22
4.7	Procedimiento experimental	22
4.7.1	<i>Proceso de obtención del mucílago de los cladodios de tuna Opuntia ficus- indica</i>	23
4.7.2	<i>Proceso del yogurt elaborado con mucílago de tuna Opuntia ficus- indica</i>	24
4.7.3	<i>Análisis fitoquímico</i>	25
4.7.4	<i>Análisis fisicoquímico del yogurt</i>	26
4.7.5	<i>Análisis reológicos del yogurt</i>	27

4.7.6	<i>Análisis microbiológicos</i>	28
4.7.7	<i>Análisis sensorial</i>	28
4.7.8	<i>Beneficio costo</i>	29
 CAPITULO VI.....		30
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
5.1	Caracterización del mucílago de tuna <i>Opuntia ficus-indica</i>	30
5.2	Características fisicoquímicas	31
5.2.1	<i>pH</i>	31
5.2.2	<i>Acidez titulable</i>	32
5.2.3	<i>Densidad g/ml</i>	33
5.3	Características Reológicas	34
5.3.1	<i>Viscosidad</i>	34
5.3.2	<i>Sinéresis %</i>	35
5.4	Características sensoriales	36
5.4.1	<i>Olor</i>	37
5.4.2	<i>Color</i>	38
5.4.3	<i>Sabor</i>	38
5.4.4	<i>Textura</i>	39
5.4.5	<i>Aceptabilidad</i>	40
5.5	Resultados microbiológicos	41
5.6	Análisis económico del yogurt con mucílago de tuna <i>Opuntia ficus indica</i>	41
5.6.1	<i>Costo de producción</i>	41
5.6.2	<i>Costo/Beneficio</i>	41
 CAPITULO V.....		43
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
5.1	Conclusiones	43
5.2	Recomendaciones	44

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Características organolépticas de diferentes.....	8
Tabla 2-2: Taxonomía de la tuna <i>Opuntia ficus-indica</i>	9
Tabla 2-3: Composición Química de 100 g de nopal fresco.....	14
Tabla 2-4: Clasificación de hidrocoloides según su origen.....	16
Tabla 3-1: Esquema del experimento.	20
Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.....	22
Tabla 3-3: Formulaciones para la elaboración de yogur con diferentes niveles de mucílago de tuna <i>Opuntia ficus- indica</i>	25
Tabla 3-4: Ensayos de tamizaje fitoquímico para la identificas la presencia de metabolitos ..	26
Tabla 3 5: Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación	28
Tabla 3-6: Parámetros de aceptabilidad del yogurt con mucílago de tuna <i>Opuntia ficus -indica</i>	29
Tabla 4-1: Caracterización fitoquímica del extracto acuoso de mucílago de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	30
Tabla 4-2: Características fisicoquímicas del yogurt elaborado con mucílago de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>).	31
Tabla 4-3: Características reológicas del yogurt elaborado con mucílago de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>).	34
Tabla 4-4: Valoración de las características organolépticas del yogurt elaborado con los diferentes nieles de mucílago de tuna.....	36
Tabla 4-5: Resultados de los análisis microbiológicos en el yogurt con mucílago de tuna	41
Tabla 4-6: Costo/Beneficio del yogurt con la adición de diferentes niveles de tuna.	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Características morfológicas de los órganos del género <i>Opuntia ficus-indica</i>	9
Ilustración 2-2:	Cladodio de Nopalea (a) cladodio primario; b) cladodio secundario; c) cladodio terciario y d) cladodio cuaternario)......	10
Ilustración 3-1:	Flujograma del proceso de obtención de mucílago de tuna.....	23
Ilustración 3-2:	Flujograma del proceso del yogurt elaborado con mucílago de tuna.....	24
Ilustración 4-1:	pH del yogurt elaborado con mucílago de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)....	32
Ilustración 4-2:	Acidez titulable del yogurt elaborado con mucílago de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>).	33
Ilustración 4-3:	Densidad del yogurt elaborado con mucílago de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>).	34
Ilustración 4-4:	Viscosidad del yogurt elaborado con mucílago de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	35
Ilustración 4-5:	Porcentaje de sinéresis del yogurt elaborado con mucílago de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>).	36
Ilustración 4-7:	Valoración del atributo olor del yogurt elaborado con mucílago de tuna..	37
Ilustración 4-8:	Valoración del atributo color del yogurt elaborado con mucílago de tuna	38
Ilustración 4-9:	Valoración del atributo sabor del yogurt elaborado con mucílago de tuna	39
Ilustración 4-10:	Valoración del atributo textura del yogurt elaborado con mucílago de tuna	40
Ilustración 4-11:	Valoración del a aceptabilidad del yogurt elaborado con mucílago de tuna	40

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA DEL MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia ficus indica*)
- ANEXO B:** RESULTADOS DEL ANÁLISIS FISCOQUÍMICO Y REOLÓGICO DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA
- ANEXO C:** RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE YOGURT CON MUCÍLAGO DE TUNA
- ANEXO D:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA
- ANEXO E:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA
- ANEXO F:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA
- ANEXO G :** OBTENCIÓN MUCÍLAGO
- ANEXO H:** ELABORACIÓN DEL YOGURT DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica*
- ANEXO I:** ANÁLISIS FITOQUÍMICOS DEL MUCÍLAGO DE TUNA, FISCOQUÍMICOS Y REOLÓGICOS DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica*
- ANEXO J:** ANÁLISIS SENSORIAL DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica*
- ANEXO K:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica*

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está sujeto a evaluar yogurt elaborado con mucílago de tuna *opuntia ficus-indica* como espesante natural, donde se realizó la caracterización de mucílago de tuna mediante tamizaje fitoquímico para identificar metabolitos presentes y utilizarla en la formulación de yogurt, para lo cual se utilizaron distintos niveles de mucílago de tuna (2%, 4% y 6 %) y un tratamiento control, con cuatro repeticiones por cada uno y un tamaño de la unidad experimental de dos litros por repetición, los análisis fisicoquímicos y reológicos se realizaron en base a las Normas Inen 273 y 235, donde los resultados fueron sometidos a un Diseño completamente Azar, análisis de varianza y separación de medias por la prueba de Duncan ($P < 0.05$), para el análisis sensorial se aplicó una prueba afectiva a escala hedónica, utilizando 30 evaluadores no entrenados, el grado de aceptabilidad se determinó mediante la evaluación de Kruskal-Wallis, el análisis económico se lo determino mediante el indicador beneficio/costo. Los resultados que se obtuvieron en cuanto a los parámetros fitoquímicos En la identificación cualitativa de los metabolitos presentes en el extracto acuoso de mucílago, se logró determinar metabolitos primarios y secundarios, en la características fisicoquímicas y reológicas las variables pH, acidez no presentaron cambios significativos, Mientras que la densidad viscosidad y sinéresis presentaron cambios notorios, En las características sensoriales del yogurt, en los atributos olor, color, sabor, no se determina cambios por la adición de diferentes concentraciones mucílago. en cuanto a su textura se presentan diferencias significativas de acuerdo con la percepción de los evaluadores, siendo de mayor agrado para los evaluadores, el tratamiento con 4%, Los análisis microbiológicos reportaron ausencia de E. coli, Coliformes totales, Mohos y levaduras.

Palabras clave: <MUCÍLAGO>, <TUNA (*opuntia ficus-indica*)>, <CLADODIOS>, <ESPESANTE>, <YOGURT>.



21-11-2023

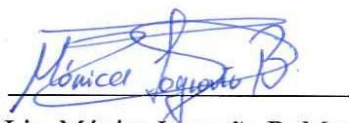
1893-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the physicochemical and rheological characteristics of yoghurt produced with *Opuntia ficus-indica* mucilage as a natural thickening agent. The study involved the characterization of *Opuntia* mucilage through phytochemical screening and identify the presence of metabolites to be used in in yogurt formulation. This mucilage was subsequently employed in yoghurt formulation, with varying concentrations of *Opuntia* mucilage (2%, 4%, and 6%) a control treatment. There were four repetitions for each treatment, and the experimental unit size considered two liters per repetition. Physicochemical and rheological analyses followed the guidelines of INEN 273 and 235 Ecuadorian Regulations. The sensory analysis involved an affective test on a hedonic scale with 30 untrained evaluators. Acceptability was determined using the Kruskal-Wallis's evaluation. It was possible to determine primary metabolites (mucilage's, reducing sugars); as for secondary metabolites, the presence of triterpenes, saponins, phenolic compounds (tannins) were determined. In terms of physicochemical and rheological characteristics, the pH values ranged from 4.05 to 4.09, titratable acidity showed no significant differences, while density varied from 1.02 to 1.07, and viscosity ranged from 0.86 to 2.07. The percentage of syneresis ranged from 22.38% in the treatment with 6% mucilage to 42.88% in the control treatment. Regarding yoghurt's sensory characteristics, specifically odor, color, and taste, no discernible changes were observed with varying concentrations of mucilage. However, textural differences are evident and significant based on evaluators' perceptions, with the 4% treatment proving to be the most favorable. Microbiological analyses reported the absence of *E. coli*, total coliforms, molds, and yeasts in the yoghurt.

Keywords: <MUCILAGE>, <OPUNTIA FICUS-INDICA (TUNA)>, <CLADODES>, <THICKENING AGENT>, <YOGURT>.

1893-DBRA-UPT-2023



Lic. Mónica Logroño B. Mgs

060274953-3

INTRODUCCIÓN

El yogur, un alimento de alta densidad nutricional, fuente de minerales, vitaminas y proteínas de alta calidad, calcio, y bacterias benéficas (Cárdenas et al. 2013). Forma parte de la alimentación equilibrada de gran parte de las personas, existiendo diferentes tipos de yogures clasificándose por su contenido nutricional, por su proceso de elaboración, sabor, textura, su consistencia y tratamiento de incubación, por lo que durante los últimos años ha sido objeto de estudio por los posibles beneficios atribuibles a su consumo (Hernández,2004) citado por (Negrete y Rivera 2021).

El contenido de proteínas naturales del yogur, el cultivo de bacterias vivas, el bajo contenido de azúcar y con menos aditivos, lo convierten en una opción natural para los consumidores con conciencia de la salud (Tetra Laval Group 2021). Otros atributos a considerar en encuentra la textura un atributo organoléptico de gran importancia, determinante en la aceptación por parte del consumidor, que suele percibirse en términos de la viscosidad, y cuya medición es muy significativo sobre todo en productos que se supone deben tener una cierta consistencia en relación con su aspecto o palatabilidad (Negrete y Rivera 2021).

Para los fabricantes lácteos, las preocupaciones del consumidor son extremadamente importante, para cumplir con los criterios por parte del consumidor buscando alternativas en plantas no tradicionales sean reemplazantes de los insumos tradicionalmente utilizados

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) forma parte de paisajes naturales y de sistemas agrícolas en muchas regiones del mundo. Típicamente existen tres sistemas principales de producción: comunidades de cactus silvestres, huertas familiares, plantaciones comerciales intensivas. De valiosos y atractivos compuestos funcionales que pueden ser extraídos y utilizados para formular y enriquecer nuevos alimentos, para formar parte de la cada vez más cotizada gama de aditivos naturales

Entre una de las alternativas naturales se encuentran los mucílagos de la tuna o nopal un recurso que tiene un alto potencial agro tecnológico, tanto como cultivo alimenticio, como elemento base para productos derivados, que se utilizan en la industria alimenticia (humana y animal), la farmacología, la medicina, y la industria agropecuaria, por mencionar algunos(Torres Ponce et al. 2015).

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Hoy en día existe una tendencia de consumo responsable en la que los consumidores buscan cada vez más opciones naturales, además de agradables a la vista y al paladar en su mayoría libres de aditivos artificiales. Tomando un enfoque en el uso de aditivos naturales proviene de productos presentes en la naturaleza, que entre sus funcionalidades se encuentran como espesantes, gelificantes y estabilizantes agrupándose bajo la denominación de hidrocoloides, presentando como característica común que todos son de origen natural, vegetal o animal, algunos tienen propiedades funcionales, estos aditivos naturales se identifican como modificadores, reforzadores de la textura de un buen número de alimentos.

En la elaboración de yogurt, las gomas, mucílagos, extensores lácteos entre otros, han sido estudiados con la finalidad de establecer efectos sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y atributos sensoriales, que se consideran importantes para la aceptación del consumidor (Sánchez Moreno 2018).

1.2 Justificación

El interés de esta investigación fue evaluar los efectos sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y atributos sensoriales, en yogurt con la adición mucílago de tuna *Opuntia ficus – indica*, especialmente los cladodios que se encuentra en mayor concentración, específicamente en el parénquima (almacén de agua), además de utilizar materia prima para la formulación de productos en base de compuestos orgánicos que no causen daños al consumidor (Vargas Rodríguez et al. 2016), que sean inocuos y de bajo costo.

Por medio del presente estudio se brindará información que servirá como una nueva base de datos para futuras investigaciones, contribuyendo a la aplicación de espesantes naturales para industria alimentaria y contribuir a la pequeña y mediana empresas que se dedican a la elaboración de productos lácteos, incentivando el uso de hidrocoloides naturales, en combinaciones y dosis adecuada, para obtener la textura que se desee en el producto final, dándole así valor agregado al satisfacer no sólo las necesidades alimenticias y nutricionales del consumidor

final, sino también los gustos específicos de su paladar e incluso las extravagancias del consumidor más exigente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes niveles del mucílago de tuna *Opuntia ficus-indica* como espesante en la elaboración de yogurt.

1.3.2 Objetivos específicos

- Extraer y caracterizar el mucílago de tuna *Opuntia ficus-indica* mediante análisis fitoquímicos a nivel de laboratorio a través de tamizaje fitoquímico.
- Utilizar diferentes niveles mucílago de tuna *Opuntia ficus-indica* (2%, 4%, 6%) en la elaboración de yogurt.
- Determinar las características sensoriales, fisicoquímicas y reológicas del yogurt como consecuencia del aditamento del mucílago de tuna.
- Establecer los costos de producción y rentabilidad de los tratamientos en estudio a través del indicador costo/beneficio

CAPÍTULO II

2. ANTECEDENTES

(Bonilla Rivera et al. 2018), Determino estructuralmente los flavonoides encontrados en el extracto etanólico de cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. “Tuna Verde”, al igual que sus componentes mediante un tamizaje fitoquímico mostrando presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y glicósidos, A través de cromatografía en capa fina aislo compuestos fenólicos tipo flavonoides

(Reyes Buendía et al. 2020), Evaluó sopa de elote (*Zea mays*) tipo crema con mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) como espesante, sus características físicas y aceptación sensorial manifestado que, al adicionar el mucílago, iguala a las características físicas, como pH, color, y viscosidad de la sopa espesada con almidón comercial.

(Rodríguez Henaó 2017), Evaluó el mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica*) como agente estabilizante en un néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*), reportando que la separación de las fases sólido-líquido entre las muestras disminuye a medida que fue aumentando la concentración de mucílago. Incremento de viscosidad de 800 cps hasta 1457cps. Calificando el mejor en los atributos de textura y sabor, pero el menor en el atributo de olor.

(Doumenz Torres 2017), Estudio el aprovechamiento de las cáscaras y mucílago de tuna en la elaboración de yogurt griego con fibra soluble. reportando como mayor puntaje y, mayor aceptación, la muestra con 10% de concentración de cáscara de tuna. Presentado diferencias en todas sus cualidades, aspecto, textura y estructura, color, olor y sabor.

(Ore Travezaño y Yobana Zadyt 2009), Evaluó las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de yogurt natural batido, con mucílago de linaza (*Linun usitatissinu*), se evidencio disminución de la sinéresis del yogurt con una concentración del 2% de mucílago, incremento de la en la viscosidad hasta 492,706 cP.

(Ribes et al. 2021), Evalúa mucílago de semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) como sustituto de grasa en yogures y los efectos sobre sus propiedades nutricionales, tecnológicas y sensoriales reportando reducción del grado de sinéresis durante el almacenamiento, mejora la consistencia, estructura de red, firmeza, viscosidad y resistencia al estrés, La evaluación sensorial manifiestan

que en los yogures no modificó la acidez, cremosidad. A demás mejoramiento el valor nutricional al aumentar su contenido en fibra.

3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Yogurt

3.1.1 Definición de yogurt

Considerado un producto coagulado obtenido por la fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivado lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus salivaris subsp. Thermophilus*, pueden estar acompañada de otras bacterias benéficas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto (NTE INEN 2395, 2011).

3.1.2 Calidad del yogurt

La calidad tanto de la leche y el yogurt se puntualiza en la suma de sus características nutritiva, sensoriales, tecnológica, físico química como el pH, acidez titulable, viscosidad, densidad, entre otros (Villegas y Santos, 2010 citado por (Campos Salas et al. 2019) Los cuales deben estar controlados durante el proceso de elaboración y del producto final abarcando.

El control fundamental de la leche parámetro como temperatura, acidez titulable, contenido de grasa y proteína, viscosidad y pH.

En el proceso de elaboración de yogurt se centra en controlar la temperatura en las etapas de fermentación, incubación y enfriamiento. Además, la duración de estos.

En cuanto al producto final (yogurt) debe adjudicarse el control de patógenos, análisis fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos totales, grasa), parámetros de textura (firmeza, consistencia, viscosidad) y evaluación sensorial en los cuales los atributos usualmente empleado son apariencia (sinéresis color), textura (palatabilidad, textura bucal), aroma, olor (Feijó 2018)

3.1.3 Factores que afectan la calidad del yogurt

El tipo de leche, aditivos lácteos, homogenización, tratamiento térmico, cultivo láctico, el almacenamiento inciden en las características físicas, químicas, sensoriales, considerados aspectos

importantes para la calidad de las leches fermentadas(Feijó 2018). Fundamentales en la aceptación por parte de consumidores.

3.1.3.1 Defectos en la elaboración de yogurt

El yogurt un producto que hoy en día se realizan reformulaciones para satisfacer las demandas de los consumidores, se han enfocado en eliminar ingredientes tales como artificiales, conservantes químicos, almidones modificados. Además de evitar errores que os lleven a obtener productos con bajos estándares de calidad, esto ya que el proceso contempla la incubación de bacterias vivas para a transformación de la materia prima, al igual que los ingredientes, instrumentos, equipos y el personal deben cumplir con los estándares de higiene y calidad. Que ocasionan cambios las características sensoriales, sensación cremosa en la boca, buena apariencia, mínima sinéresis(Maruyama, Lim y Streletskaya 2021)

3.1.3.1.1 Sinéresis

Entre los problemas que se presenta en los yogures es la formación de sinéresis considerado un defecto básico de estos, manifestándose mediante la expulsión de agua hacia el exterior del gel, Ocurriendo comúnmente durante el almacenamiento(Basiri et al. 2018). Este debe presentar un % de sinéresis inferior al 42%, debido que a mayores porcentajes la acidez se eleva, algunas de las técnicas implementadas para controlar este defecto son la adición de solutos y la homogenización (IBALUT I IBARRA 2021).

3.1.3.1.1.1 Causas

- Muy bajo contenido de proteína/ extracto seco
- Muy bajo contenido de grasa
- Insuficiente tratamiento térmicos/ homogenización de la leche
- Incubación a temperaturas demasiado altas
- Destrucción del coagulo durante la acidificación
- Presencia de enzimas contaminantes
- Oxígeno en la leche
- El pH en uy alto (menor de 4,6) en el momento de agitar/ bombear
- Desequilibrio del balance salino de la leche (Sánchez Avelar 2020)

3.1.3.1.2 Viscosidad baja

La textura un atributo organoléptico que se percibe en términos de la viscosidad, cuya medición es importante en productos que deben proporcionar una cierta consistencia en relación con su aspecto o palatabilidad (Rodríguez 2016).

En la elaboración de yogures batidos la formación del gel ácido es interrumpido por el efecto de la agitación, generando una textura suave y viscosa. Presentan un gel de textura pobre con tendencia a la sinéresis o desuerado, con la cantidad natural de sólidos de la leche, el gel formado es extremadamente débil y frágil e impropio para su uso comercial (Feijó 2018).

3.1.3.1.2.1 Causas

- Escaso contenido de proteína en la leche
- Insuficiente tratamiento térmico/ homogenización de la leche
- Tratamiento mecánico demasiado vigoroso en línea de proceso
- Destrucción de coágulo durante la acidificación.
- Acidificación insuficiente por escaso crecimiento de las bacterias.
- Temperaturas de incubación baja (Sánchez Avelar 2020).

3.1.3.1.2.2 Gel irregular

- Bajo contenido de grasa
- Incubación de temperaturas demasiado altas
- Mala precipitación sales/desnaturalización proteína
- temperatura de inoculación muy alta
- porcentaje de inoculación muy bajo (Sánchez, 2009) citado en (Torres Cubas 2017)

3.1.4 Características organolépticas del yogurt

Las propiedades físicas, como la viscosidad y la consistencia en el yogurt establecen la valoración sensorial en la boca, el aroma, el sabor tradicional tienen que caracterizar al yogurt, estos atributos de calidad determinan la aceptación o rechazo por parte de los consumidores (Ancieta Dextre 2021).

Tabla 2-1:Características organolépticas de diferentes

Atributo	Yogurt natural	Yogurt saborizado	Yogurt Saborizado (aflanado)
Superficie	Suave como porcelana, sin separación de suero	Suave como porcelana, sin separación de suero	Apariencia homogénea, sin separación de suero
Color	Natural de la leche	Color correspondiente al sabor adicionado	Del correspondiente saborizante
Condiciones De frescura	Apariencia fresca	Apariencia fresca	Apariencia fresca
Olor	Característico de leche acidificada	Típico del saborizante adicionado acidificado	Típico del saborizante adicionado acidificado
Sabor	Típico, característico, agradable, de ligero a medianamente ácido	Típico, del saborizante agregado, agradable, de ligero a medianamente ácido	Típico del saborizante, agradable, de ligero a medianamente ácido
Consistencia	Casi cortable, sin separación de suero	Firme, sin separación de suero	Cremoso, viscoso, no pastoso

Fuente: (MADURO 2013)

Realizado por: Belata N.,2023

3.2 Tuna

Las tunas conocidas también como chumberas o nopales son plantas arbustivas, rastreras o erectas que pueden alcanzar alturas de 3,5 a 5m, presentan tallos suculentos y articulados o cladodios llamados también pecas con forma de raqueta ovoide o alongadas alcanzando longitudes de 60 a 70 cm, en los que se presentan las yemas o aréolas, tienen la capacidad de desarrollar nuevo cladodios, flores y raíces (Sáenz y Berger 2006)

Los con el tiempo los tallos se tornan leñosos, agrietados, de color grisáceo, las flores son sésiles, hermafroditas y solitarias, se desarrollan en el borde superior de las pecas, los frutos conocidos como falsa baya de forma ovoide, redonda, elípticos, oblongos con los extremos aplanados, cóncavos o convexos y tamaño variable (Sáenz y Berger 2006).

3.2.1.1 Taxonomía

Tabla 2-2: Taxonomía de la tuna *Opuntia ficus-indica*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntieae
Género	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i>
N.Común	Tuna (Perú y Bolivia) Nopal (México)

Fuente: (Torres,2019) citado por (BENITES 2019)

Realizado por: Belata N.,2023

3.2.2 Morfología de la tuna

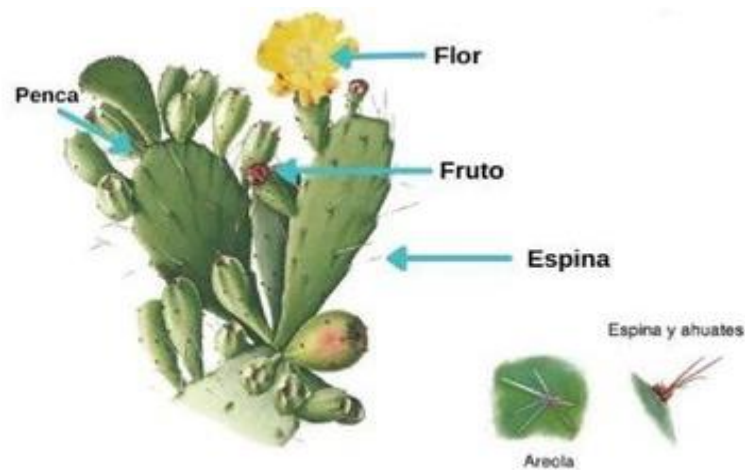


Ilustración 2-1: Características morfológicas de los órganos del género *Opuntia ficus-indica*

Fuente: (Espino Rodríguez, Edgar et al. 2012)

3.2.2.1 Raíz

Son semejantes a las de otras dicotiledóneas, derivan de la radícula, en ocasiones puede estimularse el desarrollo de raíz a partir de tallo por su forma, son raíces típicas o pivotantes con

ejes primarios que sirven para fijar a la planta. Gruesas, de tamaño y ancho variables; su tamaño es proporcional al tamaño del tallo o de la parte aérea. Por su duración, ausencia de pelos absorbentes mientras el medio edáfico (suelo) se encuentre con escasa humedad. En cambio, cuando existe agua disponible en el suelo, se estimula el desarrollo de estos pelos y la velocidad de absorción de agua y nutrientes se torna sorprendentemente alta.

3.2.2.2 Tallo

Se compone de un tronco cilíndrico y de ramas aplanadas y discoides (cladodios o pencas), posee cutícula gruesa y está adaptado para almacenar agua en sus tejidos. Cada uno de sus artículos recibe el nombre particular de penca; su aspecto es comprimido, tiene forma de raqueta y botánicamente reciben el nombre de cladodios, son de color verde y tienen función fotosintética, ya que presentan abundante parénquima clorofílico.

3.2.2.3 Cladodio

son articulados aplanados y con tejidos carnosos; en el centro de la penca se encuentra una red bilateral del tejido celulósico que con el transcurso del tiempo se endurece, dándole a ésta una constitución rígida; la forma y el grosor de las pencas es variable, así como su color, el mismo que varía del verde claro hasta el gris o ceniza, según la edad de la planta (Guzmán Loayza y Chávez 2007) esto se pueden diferenciar por orden de crecimiento (primario, secundario, terciario y cuaternario)

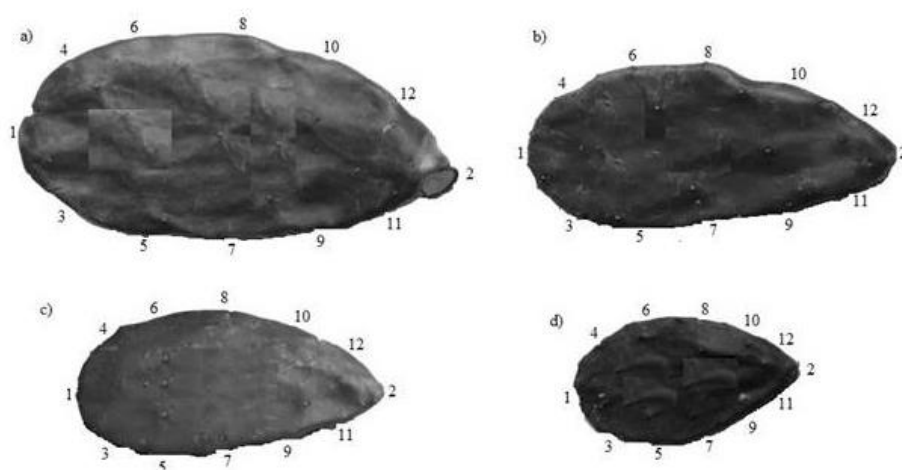


Ilustración 2-2:Cladodio de Nopalea (a) cladodio primario; b) cladodio secundario; c) cladodio terciario y d) cladodio cuaternario).

Fuente:(Lucena et al. 2019)

3.2.2.3.1.1 *Areolas.*

Las areolas son ovaladas y se ubican a 2mm de bajo de la superficie de la epidermis. Bajo condiciones ambientales apropiadas, los cladodios nuevos, las flores o las raíces emergen del tejido meristemático de las areolas. En *O. ficus-indica*, las areolas se distribuyen en una orientación helicoidal, y desarrollan espinas, Cuando el cladodio es joven, las areolas se forman en la base de los podarios (cladodio) (Espino Rodríguez, Edgar et al. 2012).

3.2.2.3.1.2 *Espinas y gloquidias.*

La presencia de espinas es una característica particular de las se distingue dos tipos de espinas; espinas y espinas pilosas (gloquidias). son reconocidas como equivalentes a hojas y las diferencias entre ellas son cuantitativas(Espino Rodríguez, Edgar et al. 2012).

3.2.2.4 *Flor*

La flor de la planta se produce en las areolas, localizadas en la parte superior de las pencas. Cada areola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración, y a que algunas pueden brotar al primer año y en otras al segundo o al tercero. Sus pétalos poseen colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa, salmón, etc., según la especie de nopal(Espino Rodríguez, Edgar et al. 2012).

3.2.2.5 *Fruto*

Es una baya unilocular polisperma, carnosa, de forma ovoide a esféricas; sus dimensiones y coloraciones pueden variar según la especie, encontrándose frutos de 4a 12 cm o más de longitud, de color amarillo canario, amarillo limón, anaranjado, rojo, guinda, rojo-morado, verde tierno, blanco verdoso, etc. Semillas lenticulares, con testa clara y arillo ancho, embrión curvo, cotiledones grandes y perisperma bien desarrollado(Espino Rodríguez, Edgar et al. 2012).

3.2.2.5.1 *La cáscara.*

Corresponde a la parte no comestible del fruto, por lo que, a menor peso de esta, mayor será la calidad del fruto. Durante la primera semana después de floración es mayor el crecimiento de la cáscara que el del tejido que origina la pulpa, situación que luego se revierte y el lóculo empieza a expandirse, especialmente los últimos 30 días de desarrollo del fruto

La cascara se origina en el receptáculo y presenta la misma morfología del cladodio:

- Epidermis con hojas efímeras y areolas perfectas, con gloquidias más o menos permanentes en los cladodios.
- Hipodermis esbelta y córtex voluminoso.
- Abundantes células mucilaginosas, pero no cristales (Agroquímicos Arca S.A 2021).

3.2.2.5.2 La pulpa

Se origina de células capilares de la epidermis dorsal de la envoltura funicular y el funículo. La envoltura funicular contribuye con 90 de la parte comestible y el funículo con el 10. se compone mayoritariamente de agua en un 83 % (Espino Rodríguez, Edgar et al. 2012).

3.2.3 *Tipos de Tuna y Variedades*

La familia cactácea endémica de América, sus géneros, *Opuntia* y *Nopalea* son especies que denominamos nopales. Siendo el género *Opuntia* el de mayor relevancia, y a diferencia de los demás géneros, existe una amplia gama de variedades con diferencias en morfología del hito, tamaño, color, tiempo de maduración y calidad

Entre las principales variedades de tuna son reconocidas, por el color de su cáscara, pulpa, a la tendencia o ausencia de espinas, y por su respuesta en producción y adaptación medio ambiente y prácticas agronómicas. En las que se puede distinguir

- La tuna blanca con espinas es dulce y jugosa resultando en la variedad de mayor aceptación.
- La tuna amarilla con espinas es muy dulce, pero es la mejor para la producción de cochinilla.
- La tuna colorada con espinas es grande, delicada y arenosa, tiene menor aceptación.
- La tuna morada de espinas pequeñas es delicada y de doble propósito, no tiene mucha aceptación (Urquiza Zuñiga y Valdivia Salas 2015)

3.2.4 *Producción de tuna en Ecuador*

En Ecuador se cultivan cuatro variedades de tuna: la tuna amarilla sin espina, la amarilla con espina, la blanca y la silvestre, principalmente en las provincias de Imbabura, Loja, Santa Elena y Tungurahua, con una extensión aproximada de 180 hectáreas (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2018). Hoy en día hoy los podemos encontrar en otras provincias como Cotopaxi, Chimborazo

(Oñate 2017), en este último. En el cantón Guano, alrededor de 600 agricultores se dedican al cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica*), que es, entre las cactáceas, la de mayor importancia agronómica (Parada-Rivera et al. 2021, p. 41)

3.2.5 La tuna en la alimentación humana

Los nopales son si no constituyen un alimento completo; su composición química presenta un alto contenido de agua, entre 90 - 95%, dependiendo del estado de crecimiento del cladodio y del estado de hidratación de la planta. Su contenido en proteínas (7-18% de materia seca) y de lípidos (1.3- 3%) común en vegetales frescos. El contenido de nutrientes y la proporción de estos, se modifica con la edad del cladodio, con una disminución de lípidos y en la fibra soluble. Entre los principales minerales en su composición, encontramos el calcio y el potasio, magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de fierro, aluminio, y magnesio entre algunos otros. El nopal contiene igualmente, en varias proporciones, diferentes glúcidos o carbohidratos y componentes nitrogenados. Su contenido de fibra cruda está en 12-18% de materia seca, lo que la convierte en una buena fuente de fibra dietética (Torres Ponce et al. 2015, p. 35-36).

3.2.6 Especies de Opuntia.

Existe casi 300 especies del género Opuntia. Sin embargo, solo existe 10 o 12 especies utilizadas por el hombre. Algunas especies son utilizadas para producción de fruta, por su calidad; es el caso de *Opuntia ficus-indica*, *O. Hyptiacantha*, *O. Megacantha* y *O. Streptacantha*. Algunos de ellos producen frutas de diversos colores, que atraen a los consumidores. Un gran número de especies se puede utilizar para producir forraje, entre ellas, *O. robusta*. Las características de las distintas especies de nopales son variables, diferenciándose en la forma de los cladodios, en la presencia o ausencia de espinas, en el tamaño y color de los frutos (Sáenz et al., 2016) citado por (JIMÉNEZ FERNÁNDEZ 2014)

3.2.6.1 Composición química

La cantidad de mucílago y la composición química dependen de la especie de nopal. Unos de los factores que más influyen en la cantidad de mucílago es la madurez de cladodio, se ha demostrado que la madurez idónea es de 2 años (Vargas et al., 2016)

Tabla 2-3: Composición Química de 100 g de nopal fresco

Parámetro	Contenido
Porción Comestible	78,00
Energía (kcal)	27,00
Proteínas (g)	1,70
Grasas (g)	0,30
Carbohidratos (g)	5,60
Calcio (mg)	93,00
Hierro (mg)	1,60
Tiamina (mg)	0,03
Riboflavina (mg)	0,06
Niacina (mg)	0,03
Ascórbico (mg)	8,00

Fuente: (Mella,1989)citado por (BENITES 2019)

Realizado por: Belata N.,2023

3.2.7 *Mucílago de tuna*

La planta del nopal posee hojas carnosas llamadas cladodios, que contienen el mucílago, son macromoléculas osídicas que se disuelven más o menos en contacto con el agua para formar disoluciones coloidales o geles(Vargas Mamani, Vera Vargas y Suppé Tejada 2019). En la actualidad se maneja otros términos como hidrocoloides o polisacáridos vegetales (con residuos de arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa como azúcares neutros) (Vargas Rodríguez et al. 2016).

El mucílago proveniente de la tuna *Opuntia* es una sustancia gomosa, espesa y proporciona la capacidad natural de retener agua. Al entrar en contacto con el agua, el mucílago se hincha, presentando propiedades tensioactivas similares a diversas gomas naturales, dándole una habilidad para precipitar partículas y iones de soluciones acuosas. Este compuesto está presente en los cladodios, la piel y pulpa de la fruta, aunque en proporciones diferentes, Con rendimientos de 0,5 por ciento en la cáscara y 1,2 por ciento en los cladodios (Silva 2017)

Estos hidrocoloides pueden ser interesantes porque se pueden extraer de las pencas maduras dándoles mayor utilidad o de pencas provenientes de la poda de plantas cultivadas. Estos hidrocoloides podrían integrar una gran gama de agentes espesantes de ampliamente utilizados en la industria de alimentos y farmacéutica. (Silva 2017).

3.2.7.1 Aplicación del mucílago tuna sector alimentario

Las características y propiedades químicas de la tuna determinan un amplio grado de posibilidades de transformación, permitiendo el desarrollo de alternativas de procesamiento, viene a solucionar algunas de las limitaciones actuales, dando como resultado el aprovechamiento integral, la reducción del riesgo de pérdida por la estacionalidad del producto y la incorporación de valor agregado (Risueño Vásquez 2013)

El mucílago de los cladodios ha sido estudiado como ingrediente para agregar a los alimentos, debido a sus compuestos bioactivos, es por esto que se integra en formulaciones de alimentos humanos o animales (Beyá Marshall et al. 2022). Teniendo como ventaja en que, al no ser metabolizados por el organismo humano, no aporta energía; conjuntamente, no interfieren en su sabor y aroma característico, pero puede influir en su textura y apariencia y por sobre todo en su aceptabilidad (Dugarte, Molina y García 2020). De esta manera sustituir ciertos compuestos sintéticos y sobre todo que sean saludables, ecológicos, sostenibles y rentables

Entre algunos de sus aplicaciones encontramos el desarrollado de aditivos como gomas que cumplen funciones espesantes, estabilizantes y pigmentos naturales para el reemplazo de colorantes artificiales(Código Alimentario Argentino 2015)

3.3 Aditivos

Según el (CODEX ALIMENTARIO 1995) hace referencia a cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características.

3.3.1 Aditivos en productos lácteos

En los productos lácteos con el fin de mejorar aspectos sensoriales, conservación, estabilidad se utilizan algunos aditivos. Tales como estabilizantes, espesantes, gelificantes, emulsionantes, reguladores de acidez, conservantes y colorantes, sin tener efectos en la salud del consumidos (Téllez et al. 2022)

3.3.1.1 *Espesante*

Son macromoléculas capaces de modificar la viscosidad de los líquidos y hacer más estables algunos alimentos sólidos (Ashbaugh Enguídanos et al. 2022). Estos aditivos tienen como propósito es dar una característica de gel o espesar al producto lácteo ya sea cremas ácidas, queso fundido y yogures (Téllez et al. 2022).

También conocidos como hidrocoloides, de peso molecular elevado, de extracción natural en mayor parte, de carácter altamente hidrófilo, es decir, absorbe o retiene gran cantidad de agua en el almidón dando lugar a un aumento de la viscosidad del producto (espinoza,2010; Venegas,2009) citado por (VIERA 2022)

3.3.1.1.1 Tipos de espesantes

Tabla 2 4. Clasificación de hidrocoloides según su origen

Origen	Fuente	Hidrocoloide
Botánico	Arboles	Celulosa
	Gomas exudadas de plantas	Goma arábica, Kara ya, tragacanto
	Plantas	Almidón, pectinas y celulosas
	Semillas	Goma gura, garrofin, tara y tamarindo
	Tubérculos	Goma Konjac
Algas	Algas rojas	Agar y carragenanos
	Algas marrones	Alginatos
Microorganismos		Goma xantan, Dextrono, gellan y celulosa
Animal		Gelatina, caseinato, quitosano, proteína de suero

Fuente: (Dugarte, Molina y García 2020)

Realizado por: Belata N.,2023

CAPÍTULO III

4. MARCO METODOLOGICO

4.1 Localización y duración del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en:

Los Laboratorios de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela superior politécnica de Chimborazo, ubicada en la panamericana sur km 1 ^{1/2}

La Planta de lácteos Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH, ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, comunidad Tunshi San Nicolas, Vía Licto, a 7 km. De Riobamba.

La misma que tuvo una duración de 60 días de duración en el cual se elaboró el yogurt con la adición del mucílago de tuna *Opuntia ficus-indica* como espesante natural.

4.2 Unidades experimentales

En la presente investigación se empleó 3 diferentes concentraciones de mucílago de tuna *Opuntia ficus- indica* (2%, 4%, 6%), añadido al yogurt frente a un testigo con 4 repeticiones respectivamente. Para lo cual se utilizó 16 unidades experimentales. Con un tamaño de la unidad experimental de 2 litros por repetición.

4.3 Materiales, equipos y reactivos

4.3.1 *Materiales*

- Mandil
- Cofia
- Guantes
- Botas
- Mascarillas
- Cuchillos

- Bandejas de aluminio desechable
- Tabla de cortar
- Baldes de 10 L
- Garras de 1L
- Tele de filtrar
- Colador
- Botellas plásticas de 1L y 250 ml
- Cuchara de plástico y madera
- Cooler
- Tubos de ensayo
- Tubos de centrifuga
- Gradilla
- Vasos de precipitación
- Probetas
- Pipetas
- Pera de caucho para pipetas
- Papel filtro
- Embudo
- Frascos ámbar
- Cajas Petri
- Puntas desechables de 1 ml
- Pipeta repartidora
- Mecheros bunsen
- Picnómetro
- Balones aforados
- Termómetro
- Papel aluminio
- Papel industrial

4.3.2 Equipos

- Estufa
- Molino
- Balanza analítica
- Yogurtera

- Refrigerado
- Centrifuga
- Baño maría
- Autoclave
- Agitador vortex
- Cuenta colonias
- pH metro
- viscosímetro

4.3.3 *Reactivos*

- Mucílago de tuna
- Azúcar
- Sorbato de potasio
- YF-1811-Fermento yogurt
- Alcohol al 96%
- Alcohol al 70%
- Agua destilada
- Agar MacConkey
- Agar EMB
- Agar Potato y dextrosa
- Sudan III
- Solución Mayer
- Fehling A
- Fehling B
- Cloruro Férrico III
- Hidróxido de sodio
- Reactivo de Ninhidrina
- Cloroformo
- Ácido clorhídrico
- Alcohol amílico
- Fenolftaleína
- Cintas de magnesio.

4.4 Tratamiento y diseño experimental

Se empleo 3 diferentes niveles de mucílago de tuna *Opuntia ficus- indica* (2%, 4%, 6%) añadido al yogurt frente a un testigo con 4 repeticiones respectivamente con un total de 16 unidades experimentales, Como se detalla en esquema del experimento que se reporta en la tabla 2-1.

Tabla 3 1: Esquema del experimento.

Tratamientos mucílago tuna (%)	Código	Repetición	T.U.E (L)	Rep. /T.
0%	T0M	4	2	8
2%	T1M	4	2	8
4%	T2M	4	2	8
6%	T3M	4	2	8
4		16		32

TUE: Tamaño de la unidad experimental

Realizador por: Belata, N.,2023

4.4.1 Diseño experimental

Las unidades experimentales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar (DCA) y que su análisis se utilizó el siguiente modelo lineal matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}: Variable de estudio

μ: Media general

τ_i: Efecto tratamiento

ξ_{ij}: Efecto del error experimental

4.5 Mediciones experimentales

4.5.1 Análisis fitoquímico del mucílago de tuna

- Compuestos grasos
- Alcaloides
- Triterpenos

- Resinas
- Azúcares reductores
- Saponinas
- Compuestos fenólicos
- Aminoácidos libres / aminos
- Quinonas / benzoquinonas
- Flavonoides
- Antocianinas
- Mucílagos
- Principios amargos

4.5.2 Análisis físico químico del yogurt elaborado con mucílago de tuna

- pH
- Acidez titulable (%)
- Densidad (g/ml)

4.5.3 Análisis reológico del yogurt elaborado con mucílago de tuna

- Viscosidad (cps)
- Sinéresis (%)

4.5.4 Análisis sensorial del yogurt elaborado con mucílago de tuna

- Aceptabilidad, puntos
- Textura, puntos
- Color, puntos
- Olor, puntos
- Sabor, puntos

4.5.5 Análisis económico del yogurt elaborado con mucílago de tuna

- Costo/benéfico

4.6 Análisis estadístico y pruebas de significancia

4.6.1 Técnicas estadísticas

Los resultados experimentales fueron analizados mediante:

- Análisis de varianza (ADEVA).
- Prueba de Duncan para la separación de medias con una significancia de $P < 0.05$
- Análisis de correlación y regresión
- Prueba de Rating Test para las variables no paramétricos (organoléptico)

Esquema del ADEVA

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	15
Tratamiento	3
Error experimental	12

Elaborado por: Belata N.;2023

4.7 Procedimiento experimental

Descripción del proceso

Recolección: La recolección de cladodios se realizó en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Selección cladodios: Mediante un muestreo se seleccionó los mejores ejemplares para ser procesados, siendo su principal característica, exento de manchas, en medidas aproximadas de 30 a 60 cm de largo x 20 a 40 cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor (Madera 2020), específicamente cladodios secundarios, que corresponden a una continuación de los brotes de los tallos primarios.

Lavado de cladodios: Se lavo los cladodios con abundante agua para eliminar la presencia de materias extrañas, utilizando pinzas y guantes para evitar la penetración de espinas.

Descortezado de los cladodios: Con la ayuda de una pinza y un cuchillo se procedió a quitar la membrana protectora fibrosa de la *Opuntia ficus- indica* los cortes se realizarán en cuadros aproximados de 2 cm para posteriormente llevarlos a la estufa y finalmente deshidratarlo

Pesado: Se peso en una balanza la pulpa obtenida para registrar la cantidad obtenida

Deshidratado: Los cortes de tuna pelada fueron colocados en bandejas de aluminio desechables y trasladadas a la estufa donde se controla tiempos 48 h y temperaturas de secado 65°C

Triturado de hojuelas deshidratadas: una vez deshidratado la pulpa procedes a pulverizar con la ayuda de un triturador finalmente se determinará el peso del proceso de secado

Almacenamiento del mucílago polvo: el mucílago en polvo obtenido se almacena las fundas ziploc, correctamente cerrados

4.7.1 Proceso de obtención del mucílago de los cladodios de tuna *Opuntia ficus- indica*

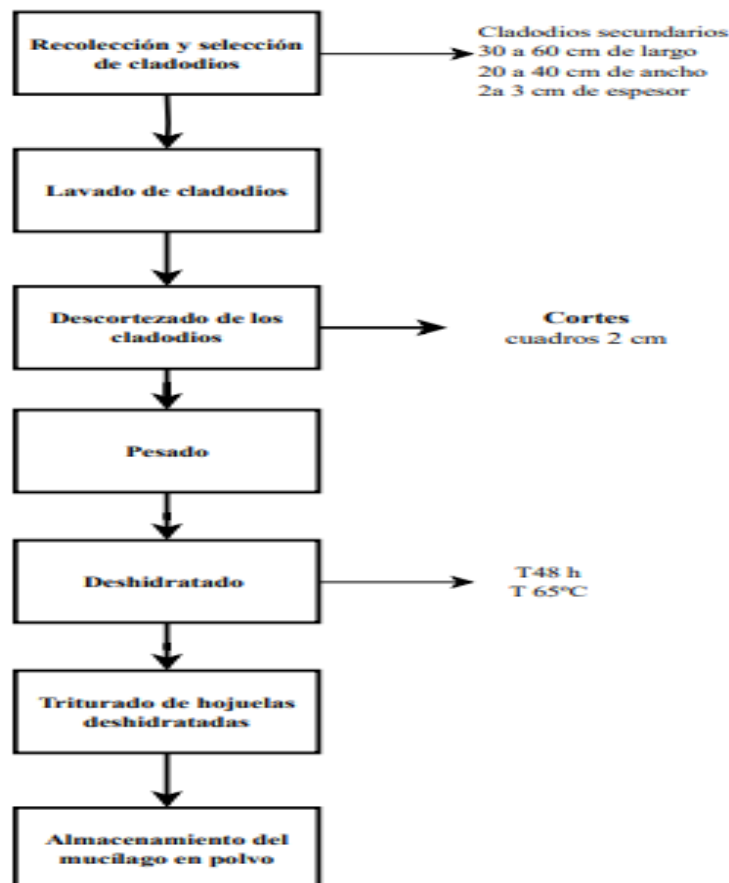


Ilustración 3-1:Flujograma del proceso de obtención de mucílago de tuna

FUENTE:(Velasco 2007)

Elaborado por: Belata N,2023

4.7.2 Proceso del yogurt elaborado con mucílago de tuna *Opuntia ficus-indica*

La materia prima utilizada para la elaboración del yogurt fue del centro experimental Tunshi, donde se manejó 32 litros de leche.

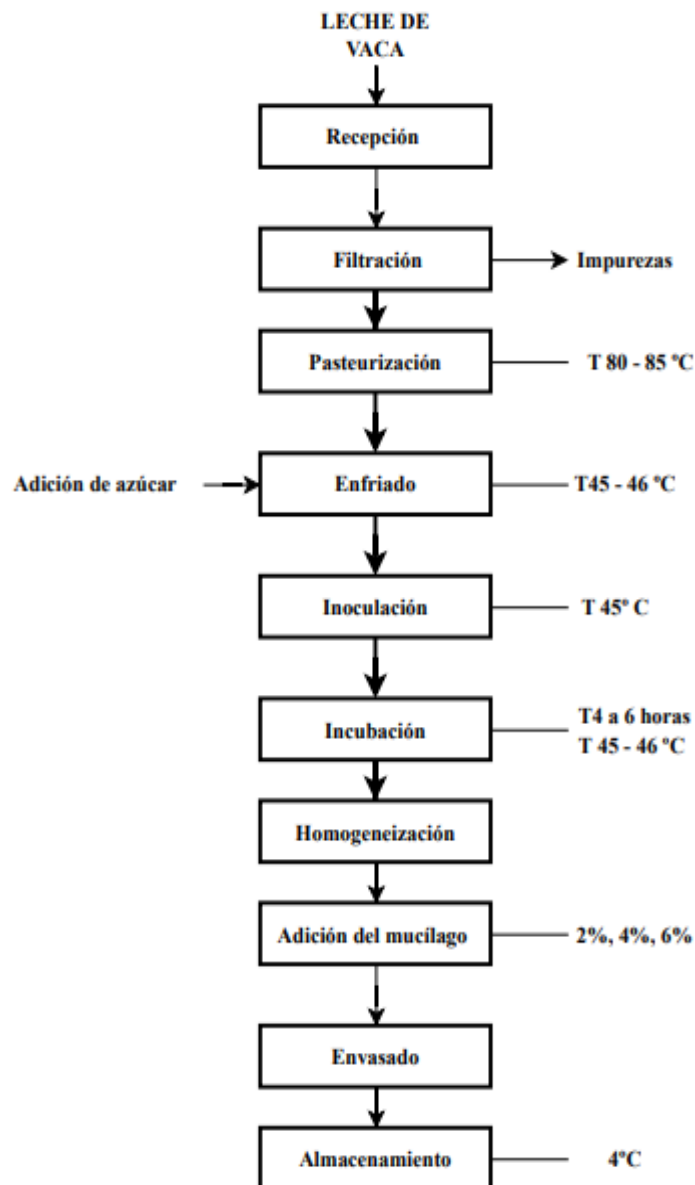


Ilustración 3-2: Flujograma del proceso del yogurt elaborado con mucílago de tuna

Elaborado por: Belata N, 2023

Descripción del proceso

Para la elaboración de yogurt con la utilización del mucílago de tuna en polvo como espesante natural se siguió el siguiente proceso indicado por (JÁCOME 2010) con ciertas modificaciones:

- Receptar leche fresca de buena calidad.
- Pasteurizar la leche (de 80 a 85 °C con un período de retención de 10 minutos)
- La inoculación se realizó luego del tratamiento térmico, bajando la temperatura a 45 - 46 °C en este momento se adiciona el fermento lácteo.
- La incubación se realizó durante 4 a 6 horas manteniendo la temperatura entre 45 - 46 °C a partir de este tiempo, podemos iniciar el enfriamiento del yogurt.
- Homogenizar mediante una agitación suave y bajar la temperatura a 20 °C.
- Adicionar el mucílago de tuna *Opuntia ficus -indica* (2%, 4%, 6%)
- Envasar para posteriormente refrigerar a 4 °C

Formulación para el yogurt

Para el proceso de elaboración de yogurt se utilizó la formulación establecida en la siguiente tabla:

Tabla 3-3: Formulaciones para la elaboración de yogurt con diferentes niveles de mucílago de tuna *Opuntia ficus- indica*

Materia prima	Niveles de mucílago de tuna, %			
	T0	T1 (2%)	T2 (4%)	T3(6%)
Leche cruda de vaca (L)	8	8	8	8
Mucílago de tuna (espesante) (g)	0	1,65	3,30	4,95
Azúcar (g)	906	906	906	906
Cultivo láctico (g)	0,16	0,16	0,16	0,16
Sorbato de potasio (g)	4	4	4	4

Elaborado por: Belata N,2023

Metodología de evaluación

Los resultados de los análisis fitoquímicos, fisicoquímicos, sensoriales, microbiológicos y económicos se determinó de acuerdo con los siguientes parámetros:

4.7.3 Análisis fitoquímico

Los ensayos de tamizaje fitoquímico para la identificas la presencia de metabolitos presentes en el mucílago de tuna se siguió el proceso establecido por (Fernando, y otros, 2020)

Tabla 3-4: Ensayos de tamizaje fitoquímico para la identificación de la presencia de metabolitos

Metabolito	Ensayo
Compuestos grasos	Sudan III
Alcaloides	Dragendorff
Triterpenos	Lieberman. B
Resinas	Resinas
Azúcares reductores	Fehling
Saponinas	Espuma
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico (III)
Aminoácidos libres / aminos	Nihidrina
Quinonas / benzoquinonas	Bortranger
Flavonoides	Shinoda
Antocianinas	Antocianidinas
Mucílagos	Mucílagos
Principios amargos	Principios amargos

Realizado por: Belata N., 2023

4.7.4 Análisis fisicoquímico del yogurt

4.7.4.1 Determinación de pH

Para la medición del pH se empleó un pH-metro digital debidamente calibrado con una solución buffer, se tomaron 10 ml de muestra posteriormente se introduce el electrodo para la toma de lectura el pH, se lava con agua destilada y debidamente secado se procede a realizar el mismo proceso con todas las repeticiones.

4.7.4.2 Determinación de acidez titulable %

Para la determinación de la acidez, se tomaron 10 ml de muestra, se llena en el acidómetro de hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 0,1 N, se agrega 3 gotas de indicador fenolftaleína, se titula gota a gota hasta que cambie de coloración, y registrar el volumen consumido de NaOH, para por medio de la aplicación de la formulación determinar el % de acidez en relación con el ácido láctico

$$\% \text{ de ácido titulable} = \frac{vB \cdot 0,1N \cdot \text{miliequivalente}}{\text{muestra}} * 100$$

VB: Volumen del butirómetro consumido

N: Normalidad del hidróxido de sodio

Meqq: miliequivalente de ácido láctico

V: volumen de la muestra

Importante: el miliequivalente del ácido láctico es 0,009

4.7.4.3 *Determinación densidad g/ml*

El procedimiento para realizar la determinación de la densidad relativa fue conforme a la Norma técnica ecuatoriana (INEN 273, 1990).

Método del picnómetro

1. Pesarse el picnómetro de vidrio previamente seco y limpio en una balanza analítica.
2. Pesarse el picnómetro con agua destilada en su interior.
3. Pesarse el picnómetro con la muestra de yogurt en su interior, este proceso se realiza para cada repetición

Cálculo:

$$\rho = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1}$$

Donde:

ρ : Densidad relativa de la muestra

P3: Peso del picnómetro con la muestra (g)

P2: Peso del picnómetro con agua (g)

P1: Peso del picnómetro vacío (g)

4.7.5 *Análisis reológicos del yogurt*

4.7.5.1 *Viscosidad*

Con un viscosímetro se mide la viscosidad a todos los tratamientos con sus repeticiones a una temperatura ambiente (22°C), se toma 100 ml de muestra con aguja N° 60, velocidad de corte de 60 rpm, los resultados se expresaron en centipoise (cP)

4.7.5.2 Sinéresis

Se toma 10 ml de muestra de yogurt en un tubo de ensayo y luego se centrifugó a 3000 rpm/10 min, posteriormente se midió el suero liberado, los resultados se expresaron en porcentaje volumétrico, en mililitros de suero por mililitros de yogurt mediante la siguiente ecuación (Zambrano, 2008)

4.7.6 Análisis microbiológicos

Para obtener los indicadores microbiológicos se tomó muestras de los respectivos tratamientos y repeticiones, se trasladó al laboratorio de Microbiología de los Alimentos, de Facultad de Ciencias Pecuarias, cuyo análisis se realizaron en base a los requisitos establecidos es la Norma INEN 2395:2011

Tabla 3 5: Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Coliformes totales, UFC/g	5	10	100	2	NTE INEN 1529-7
Recuento de <i>E. coli</i> , UFC/g	5	<1	-	0	NTE INEN 1529-8
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	5	200	500	2	NTE INEN 1529-10

Fuente: INEN,2011

4.7.7 Análisis sensorial

Las pruebas sensoriales se efectuó en base a encuestas realizadas a 30 estudiantes de la carrera de Agroindustria de la Facultad de Ciencias Pecuarias de 8^{vo} semestre, evaluando la aceptabilidad y las características organolépticas del producto terminado, donde los catadores degustaron el yogurt con mucílago de tuna como espesante natural. Bajo los siguientes parámetros:

Tabla 3-6: Parámetros de aceptabilidad del yogurt con mucílago de tuna *Opuntia ficus -indica*

PARÁMETROS	PUNTOS
Sabor	5
Olor	5
Color	5
Textura	5
Aceptabilidad	5
Total	25

Realizado por: Belata N.,2023

4.7.8 Beneficio costo

Para el análisis beneficio/costo se tomó en consideración los egresos por tratamientos, de igual manera los ingresos producidos en de yogurt con mucílago de tuna como espesante natural.

CAPITULO VI

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización del mucílago de tuna *Opuntia ficus-indica*

En la tabla 4-1, se reportan los resultados de la caracterización fitoquímica del extracto acuoso de mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*) clasificándolos en metabolitos primarios y secundarios; además identificando su presencia (+) y ausencia (-).

Tabla 4-5-1: Caracterización fitoquímica del extracto acuoso de mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*)

	Resultado
Metabolitos primarios	
Mucílagos	+
Azúcares reductores	+
Compuestos grasos	-
Aminoácidos libres / aminas	-
Metabolitos secundarios	
Triterpenos	+
Saponinas	+
Compuestos fenólicos	+
Alcaloides	-
Resinas	-
Quinonas / benzoquinonas	-
Flavonoides	-
Antocianinas	-
Principios amargos	-

Presencia (+) ; Ausencia (-)

Realizado por: Belata, N.,2023

En el presente trabajo se determinó la presencia de metabolitos primarios (mucílagos, azúcares reductores); en cuanto a metabolitos secundarios se encontró presencia de (triterpenos, saponinas, compuestos fenólicos (taninos)). En comparación con los resultados de (Bonilla Rivera et al. 2018). evidencio en su composición química metabolitos mencionados, a más de la presencia de flavonoides, antraquinonas, estos hallazgos proporcionan coincidencia con los encontrados en la investigación.

Estos metabolitos, en pequeñas concentraciones, mejoran la digestibilidad de los nutrientes, la estabilidad inmunológica, así como la exclusión competitiva de microorganismos y la salud

intestinal (Aroche et al, 2018) citado en (Iser et al. 2020). Mencionando entre sus propiedades beneficiosas como el efecto antioxidantes, eliminadores de radicales libres en el caso de los flavonoides, Los triterpenos se encuentra principalmente como constituyente de los aceites de semillas de la tuna, aunque puede aislarse secundariamente de otros tejidos, en los cladodios constituye como fuente de pigmentación junto con la betalaínas(Carpena et al. 2023).

Los azúcares reductores constituyen potentes bactericidas contra cepas de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Escalona et al. 2016). Las saponinas que son glicósidos que poseen efectos antimicrobianos e hipocolesterolémico (Navarro del Hierro et al. 2018)

En cuanto al mucílago considerado un biopolímero funcional, encontrándose en mayoría en los cladodios, ha ganado amplio manejo con fines industriales, tal es el caso del sector alimentario, por actuar como espesante, agente gelificante, estabilizador y encapsulante (Gheribi y Khwaldia 2019).

5.2 Características fisicoquímicas

En la tabla 4-2 se muestra los resultados fisicoquímicos del yogurt elaborado con diferentes niveles de mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Tabla 4-5-2: Características fisicoquímicas del yogurt elaborado con mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Variables	Niveles de mucílago de tuna				EE	Prob
	0%	2%	4%	6%		
pH	4,05a	4,07a	4,08a	4,09a	0,01	0,0647
Acidez titulable %	1,05a	1,05a	1,04a	1,03a	0,02	0,7942
Densidad g/ml	1,02a	1,05b	1,06b	1,06b	2,30E-03	<0,000,1

Prob.> 0.05: No existen diferencias significativas.

Prob. < 0.05: Existen diferencias significativas.

Prob. <0.01: Existen diferencias altamente significativas.

Realizado por: Belata, N.,2023

5.2.1 pH

Los valores obtenidos en la medición de pH no presentan diferencias estadísticas ($p > 0.05$), reportando para el yogurt control un pH de 4,05; mientras que para el yogurt con 6% de mucílago de tuna un pH de 4,09 valores que estadísticamente son iguales numéricamente evidencia que el grado de afección es mínima al adicionar los diferentes niveles mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*). El incremento mínimo del pH, se debe probablemente a que la tuna, puede clasificarse

dentro del grupo de alimentos alcalinos o alimentos base; que al ser mezclados con otros productos tienden a elevar el pH debido a su aporte de Ca^{+2} , y las moléculas con carga negativas, que unen al Ca^{+2} a los otros componentes del yogurt y al ser mezclado (Nobel,1986) citado por (Rodríguez Henao 2017), el pH tiende a elevarse a medida que la concentración de mucílago de tuna aumenta.

Estos valores que cumplen con lo establecido en la Norma Mexicana (NMX-F-444- 1983) para leches enteras fermentadas, permitiendo valores mínimo de 4,0 y máximo de 4,5 de pH. Mientras que en el estudio realizado por (Cevallos y Lopez 2007) reporta valores de pH de 3,95 a 4,10; (Montesdeoca Párraga et al. 2020) obtiene valores de pH de 4,07 a 4,15, mientras que (Doumenz Torres 2017) muestra un incremento de pH hasta 4,49. Demostrando que los valores de pH se encuentran en los rangos citados por los autores.

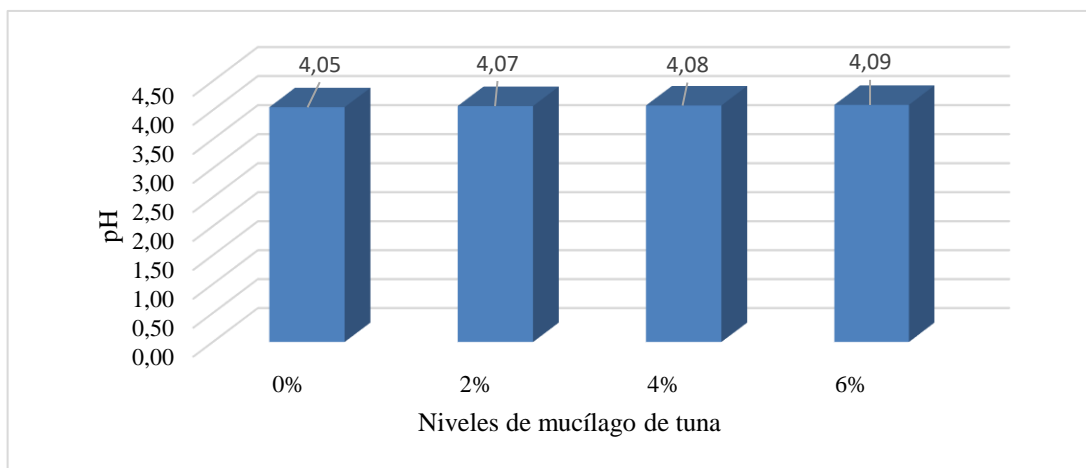


Ilustración 4-1: pH del yogurt elaborado con mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Realizado por: Belata, N.,2023

5.2.2 Acidez titulable

Los valores del porcentaje de acidez obtenidos no presentan diferencias estadísticas ($p > 0.05$), por efectos de los niveles de mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*), reportando para el yogurt control valor de 1,05 % ; en cambio para el yogurt con 6% de mucílago de tuna refleja un valor de 1,03%, valores que estadísticamente son iguales, resultados que se debe a que el pH con relación al porcentaje de acidez es inversamente proporcional de acuerdo a la concentración utilizada, a medida que aumenta el pH se observa el descenso mínimo en la acidez por las concentraciones de mucílago utilizadas en la elaboración del yogurt (Rodríguez Henao 2017), esto posiblemente se deba a que el mucílago siendo una sustancia gomosa tiene las propiedades de bloquear el exceso de acidez (Ore Travezaño y Yobana Zadyt 2009)

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma INEN 2395, donde el porcentaje de acidez en yogures, expresados en ácido láctico, debe encontrarse entre 0,6 a 1,5%. Al comparar con los resultados obtenidos por (Cevallos y López 2007) reporta valores de 2,27% a 1.20% de acidez, mientras que (Karaca 2013, p. 4), adquiere valores de 0,81% a 1,08% de acidez, siendo valores similares a los de la presente investigación.

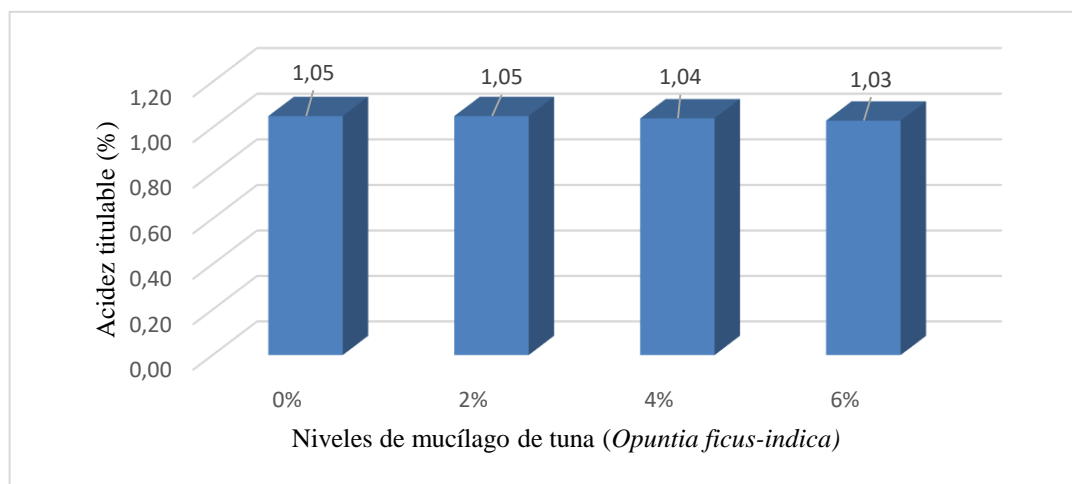


Ilustración 4-2: Acidez titulable del yogurt elaborado con mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Realizado por: Belata. N, 2023

5.2.3 Densidad g/ml

La densidad del yogurt muestran diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) por efecto de los diferentes niveles de mucílago de tuna utilizados, por cuanto al emplearse el 6% de mucílago de tuna la densidad fue de 1,07 g/ml, por otra parte el yogurt control que presentó una densidad de 1,02 g/ml, por lo que mediante el análisis de regresión se estableció una tendencia cubica (Ilustración 4-3), que determina que cuando se incremente los niveles de empleo de mucílago de tuna, la densidad del yogurt también tiende a incrementarse pero no de una manera proporcional; por lo que se puede deber a que los mucílagos tienden a modificar la característica estructural original del gel tanto física o químicamente (Sánchez Moreno 2018).

Comparando con los estudios de (SALTOS, y otros, 2019) quienes reportan densidades 1.055 - 1.076 g/ml; mientras que (Morón, 2017) manifiesta que la densidad en productos lácteos oscila entre 1,028 a 1,034 g/ml, comprobando que el yogurt motivo de nuestro estudio se encuentra dentro del rango establecidos por los otros autores.

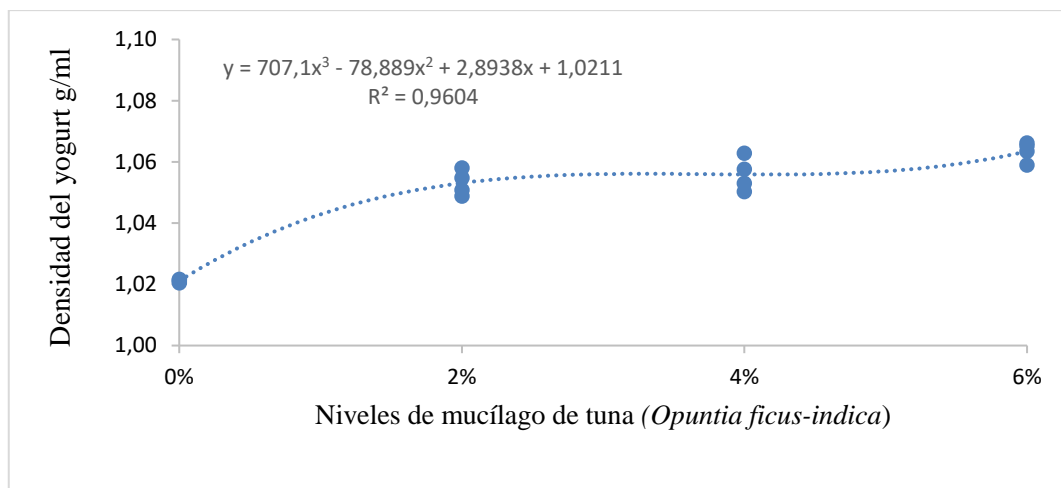


Ilustración 4-3: Densidad del yogurt elaborado con mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Realizado por: Belata. N,2023

5.3 Características Reológicas

En la tabla 3-4, se muestra los resultados de las características reológicas del yogurt elaborado con diferentes niveles de mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Tabla 4-5-3: Características reológicas del yogurt elaborado con mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Variables	Niveles de mucílago de tuna				EE	Prob
	0%	2%	4%	6%		
Viscosidad Pascales	0,86a	0,92b	1,01c	2,07d	0,02	<0,000,1
Sinéresis %	42,8c	31,63b	23,75a	22,38a	1,31	<0,000,1

Prob.> 0.05: No existen diferencias significativas.

Prob. < 0.05: Existen diferencias significativas.

Prob. <0.01: Existen diferencias altamente significativas.

Realizado por: Belata, N.,2023

5.3.1 Viscosidad

La viscosidad del yogurt presenta diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) por efecto de los diferentes niveles de mucílago de tuna utilizados, reportando valores de 0,86 Pa.s (pascal segundo) para el yogurt control y un valor de 2,07 Pa.s (pascal segundo) para el yogurt con 6% , por lo que mediante el análisis de regresión se estableció una tendencia cubica (ilustración 4-4), que determina que cuando se incremente los niveles de empleo de mucílago de tuna, la viscosidad del yogurt también tiende a incrementarse pero no de una manera proporcional, este efecto se debe a que el mucílago cuando entra en contacto con el agua produce un gel mucilaginoso

transparente con excelente capacidad de retención de agua y buenas viscosidades, incluso a bajas concentraciones (Ribes et al. 2021). Actuando como un espesante que forma complejos puentes de hidrogeno con las proteínas del yogurt (Ruiz y Ramírez, 2009) citado por (Vargas y Galvis 2015)

En el estudio realizado por (Rodríguez Henao 2017, p. 59) obtuvieron valores de 1457 cP (1,457 Pa.s). Mientras que (Ore Travezaño y Yobana Zadyt 2009) adquirieron valores de 492, 70 cP (0,4927 Pa.s), por otro lado (Ribes et al. 2021) obtiene valores de 0,147 Pa.s. Resultados que se encuentra por debajo de la presente investigación, probablemente a la utilización en diferentes los mucílago s utilizados y sus concentraciones. Con esto se evidencia que la interacción entre los polisacáridos y las proteínas lácteas conducen a una red altamente estructurada que mejoras las características de los yogures en términos de mayor consistencia, firmeza (Foster y Wolf, 2011) citado por (Ribes et al. 2021).

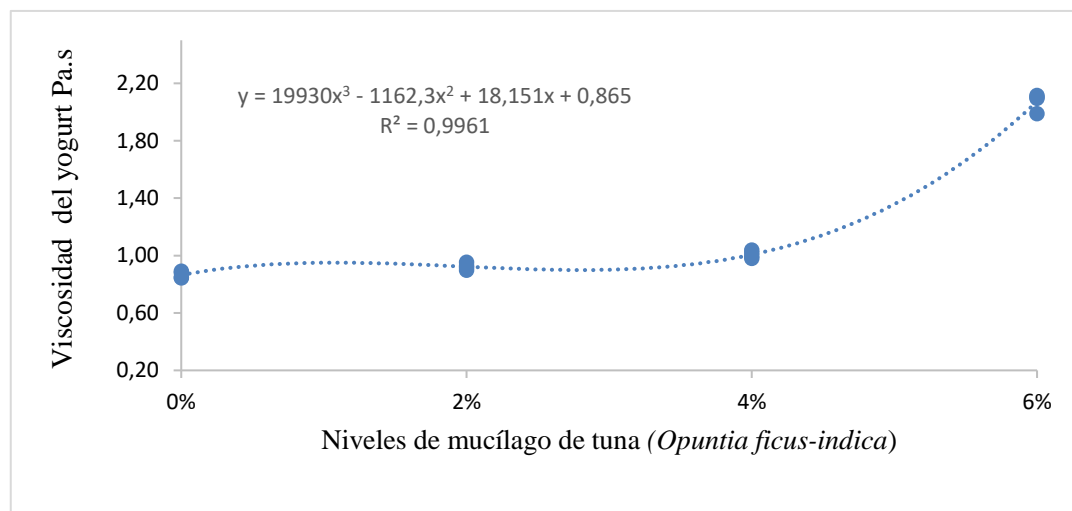


Ilustración 4-4: viscosidad del yogurt elaborado con mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*)

Realizado por: Belata, Norma, 2023

5.3.2 Sinéresis %

El porcentaje de sinéresis del yogurt muestran diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) por efecto de los diferentes niveles de mucílago de tuna utilizados, registrado disminución en los porcentajes de suero liberado en el yogurt, reflejando valores de 22,38 hasta 42,88 %, que corresponden al yogurt con 6% de mucílago y yogurt control, por lo que mediante el análisis de regresión se estableció una tendencia cuadrática (ilustración 3-5), que determina que cuando se incremente los niveles de empleo de mucílago de tuna, la sinéresis en el yogurt tiende a disminuir pero no de una manera proporcional.

Al compararlo con (Chacón, 2019) en su trabajo se evidencio un porcentaje de sinéresis en yogures liquido de 38,306%, yogures semisólidos de 39,252%. Resultados que guardan relación con la presente investigación, esto posiblemente podría explicarse por las interacciones entre las micelas de caseína (con carga positiva) y mucílago (con carga negativa), que a su vez mejoraron la estabilización de la matriz y redujeron la separación del suero (Ribes, y otros, 2020).

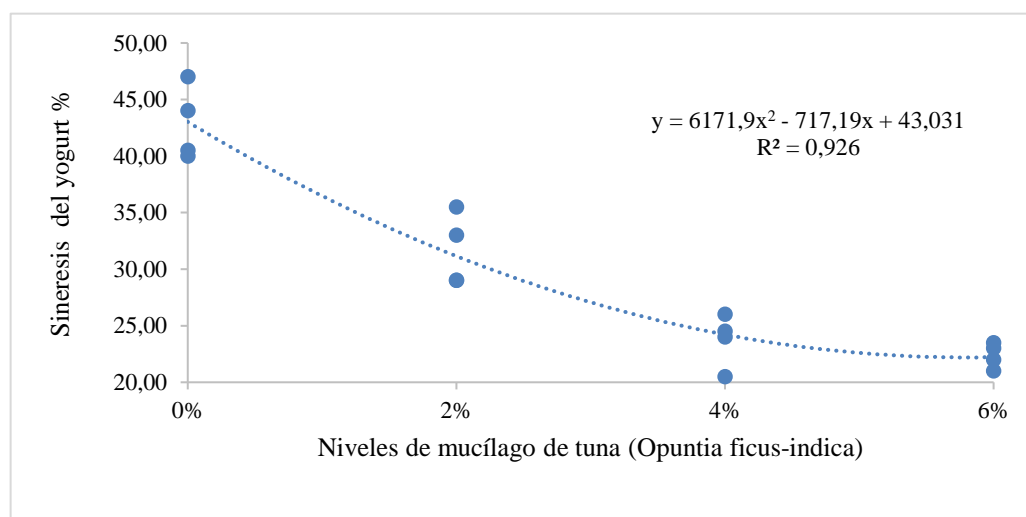


Ilustración 4-5: Porcentaje de sinéresis del yogurt elaborado con mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Realizado por: Belata. N, 2023

5.4 Características sensoriales

En la tabla 3-4. Se muestra los resultados de la evaluación de las características sensoriales de los aspectos (olor, color, sabor, textura, y la aceptabilidad del producto).

Tabla 4-4: Valoración de las características organolépticas del yogurt elaborado con los diferentes niveles de mucílago de tuna

Parámetros	Niveles de mucílago de tuna				H cal	Prob.
	0%	2%	4%	6%		
Olor	4,00	3,50	4,00	4,00	3,77	0,2309
	Agrada	Agrada	Agrada	Agrada		
Color	4,00	4,00	4,00	4,00	0,04	0,9976
	Agrada	Agrada	Agrada	Agrada		
Sabor	4,00	4,50	4,00	5,00	1,79	0,5499
	Agrada	Agrado mucho	Agrada	Agrado mucho		
Textura	4,00	4,00	5,00	4,00	9,66	0,0137
	Agrada	Agrada	Agrado mucho	Agrada		

aceptabilidad	4,00	4,00	4,50	4,00	5,6	0,0035
	Agrada	Agrada	Agrado mucho	Agrada		

Prob. > 0.05: No existen diferencias significativas.

Prob. < 0.05: Existen diferencias significativas.

Prob. < 0.01: Existen diferencias altamente significativas

Realizado por: Belata. N,2023

5.4.1 Olor

En el análisis del atributo olor del yogurt elaborado con mucílago de tuna, no presento diferencias estadísticas, por efecto de los diferentes niveles de mucílago de tuna, de los cuales los evaluadores calificaron con mayor puntuación a los yogures control y con 2% y 4% con una valoración de 4 puntos, superando numéricamente al yogurt con 6% con una valoración de 3,97 puntos siendo los menores puntajes con respecto al atributo olor. Esto se puede deber a los compuestos que generan el aroma en la fermentación del yogurt no cambiaron al adicionar el mucílago de tuna, por tanto, se mantiene el olor característico del yogurt.

En comparación a los resultados reportados por (Cisneros Quispe 2017) el cuanto al atributo olor presentan diferencias significativas entre sus tratamientos, al igual que lo reportados por (Valencia Lucio 2009), esto se puede variar debido a la concentración de mucílago, la variedad de *Opuntia* (tuna), y sobre todo a los panelistas que en las investigación de los autores consideraron panelistas semi entrenados.

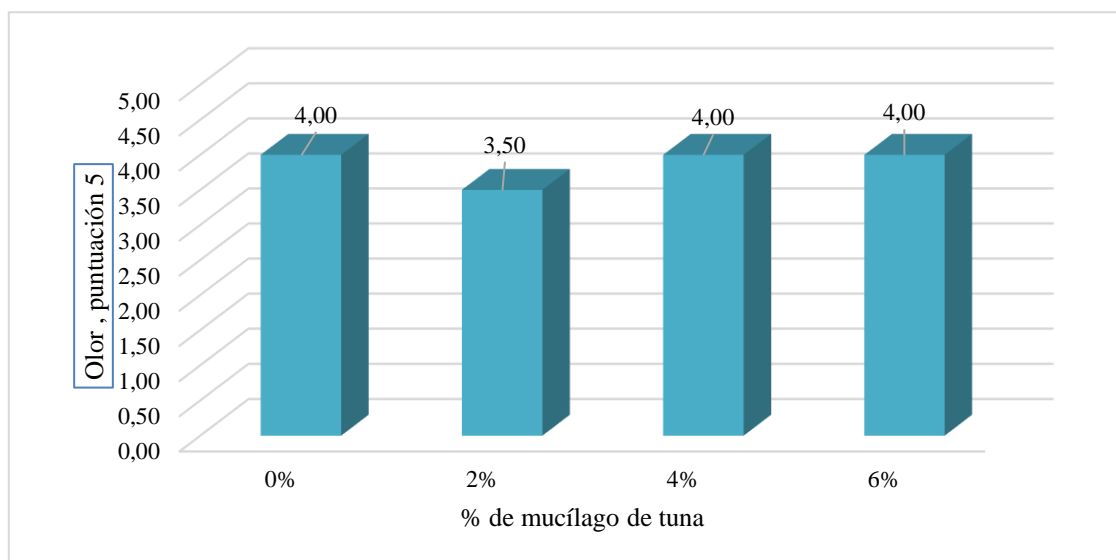


Ilustración 4-6: Valoración del atributo olor del yogurt elaborado con mucílago de tuna

Realizado por: Belata. N,2023

5.4.2 Color

En el análisis del atributo olor del yogurt, no presento diferencias estadísticas, por efecto de los diferentes niveles de mucílago de tuna, de los cuales los evaluadores calificaron con una valoración de 4 puntos sobre 5 para todos los yogures (control, 2%, 4%, 6%), que la adición de mucílago de tuna no afecta al color de yogurt.

Los resultados reportados por (Cisneros Quispe 2017) el cuanto al atributo color presentan diferencias significativas entre sus tratamientos debido a las condiciones de almacenamiento empleadas, mientras que en la investigación de (Valencia Lucio 2009) no reporta diferencias estadísticas entre sus tratamientos, manifestando valoraciones numéricas de 12 puntos sobre 15 de aceptabilidad por parte de los panelistas.

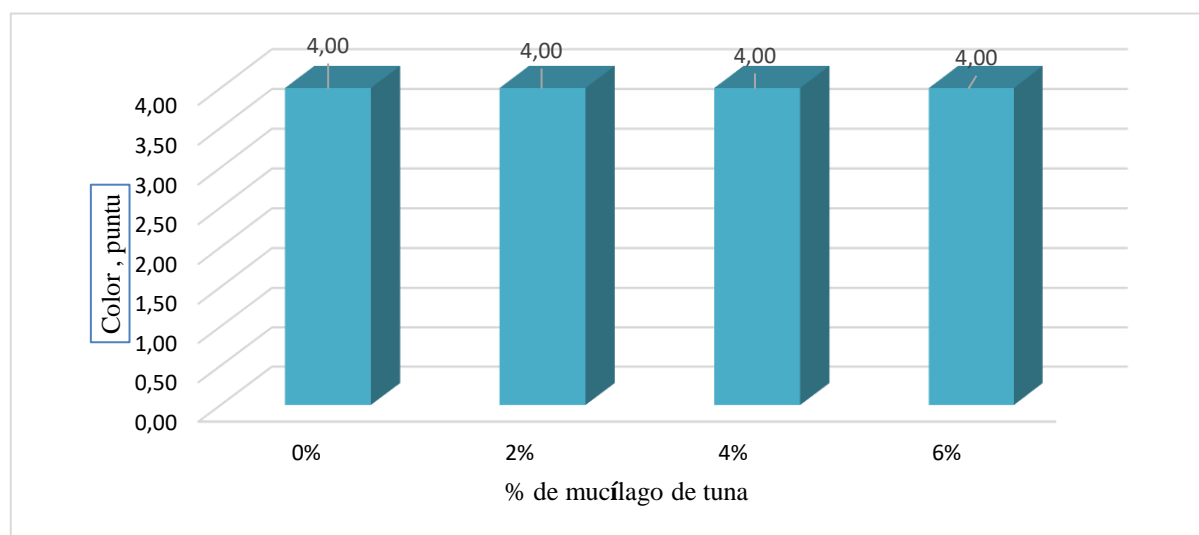


Ilustración 4-7: Valoración del atributo color del yogurt elaborado con mucílago de tuna

Realizado por: Belata. N,2023

5.4.3 Sabor

En la evaluación respecto al sabor por parte de los catadores, no presento diferencias estadísticas, de los cuales los evaluadores, proporcionando una valoración de 4,0 sobre 5 puntos, al yogurt control en comparación al yogurt con 6%, con una valoración de 5 puntos. Lo cual podemos mencionar que no afecta la adición del mucílago de tuna al sabor del yogurt.

En la investigación de (Cisneros Quispe 2017) reporta en cuanto al sabor presentan diferencias significativas entre sus tratamientos, con valoraciones numéricas de 12,67 utilizando menores concentraciones de mucílago, manifestando que se debe que a mayor concentración de mucílago utilizado la valoración disminuye el agrado del producto a los panelistas semi entrenados,

mientras que (Rodríguez Henao 2017), obtiene valoraciones de 4 sobre 5 puntos siendo de agrado para los evaluadores afirmando que al utilizar mucílago de tuna en concentraciones bajas no afecta al sabor de producto.

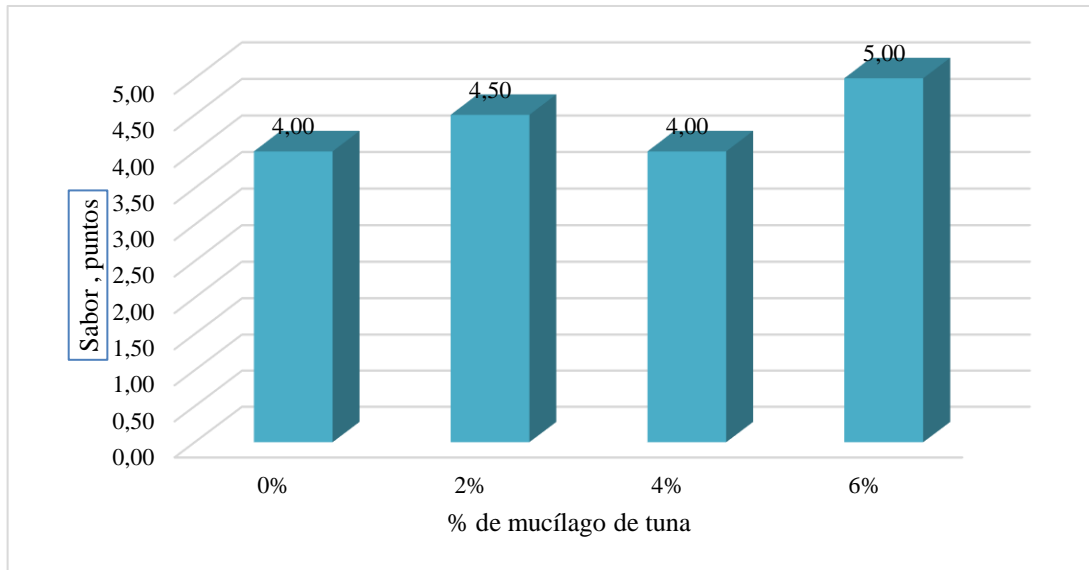


Ilustración 4-8: Valoración del atributo sabor del yogurt elaborado con mucílago de tuna

Realizado por: Belata. N,2023

5.4.4 Textura

En la evaluación del atributo textura, se presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo de agrado para los evaluadores el yogurt con 4% de mucílago de tuna dándole un valor de 5 sobre 5 puntos frente al resto de yogures que presentaron una valoración de 4 puntos, esto se debe a que el mucílago tiende a cambiar su comportamiento elástico al viscoso, teniendo una tendencia a formar redes macromoleculares con propiedades elásticas al igual que algunos materiales gelificantes tales como pectina, gomas, carrageninas (Rodríguez Henao 2017, p. 57).

En comparación a lo reportado por (Valencia Lucio 2009) reporta diferencias estadísticas entre sus tratamientos, con valoraciones numéricas de 11 sobre 15 puntos. Mientras que (Rodríguez Henao 2017) proporciona valores 4 sobre 5 puntos de agrado, esto puede deberse a la percepción de los catadores son distintas.

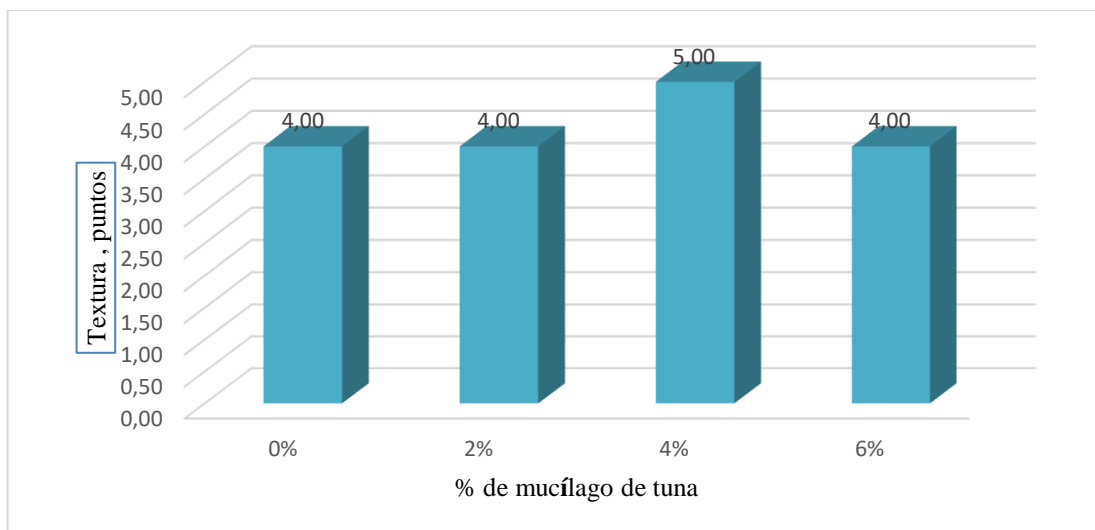


Ilustración 4-9: Valoración del atributo textura del yogurt elaborado con mucílago de tuna

Realizado por: Belata. N,2023

5.4.5 Aceptabilidad

La evaluación del carácter aceptabilidad, reportaron diferencias estadísticas, siendo de mayor agrado el yogurt con 4% de mucílago con una valoración de 4,50 sobre 5 puntos, frente a los demás tratamientos con una valoración de 4 puntos.

(Cevallos y López 2007) señala buena aceptación en el yogurt al utilizar los niveles de mucílago de tuna en comparación a su tratamiento control, al igual que (Ribes et al. 2021) al evaluar yogurt de yogurt descremado con mucílago de semillas de chíá. Esto se debe a que está es una prueba subjetiva que depende de la individualidad de cada juez.

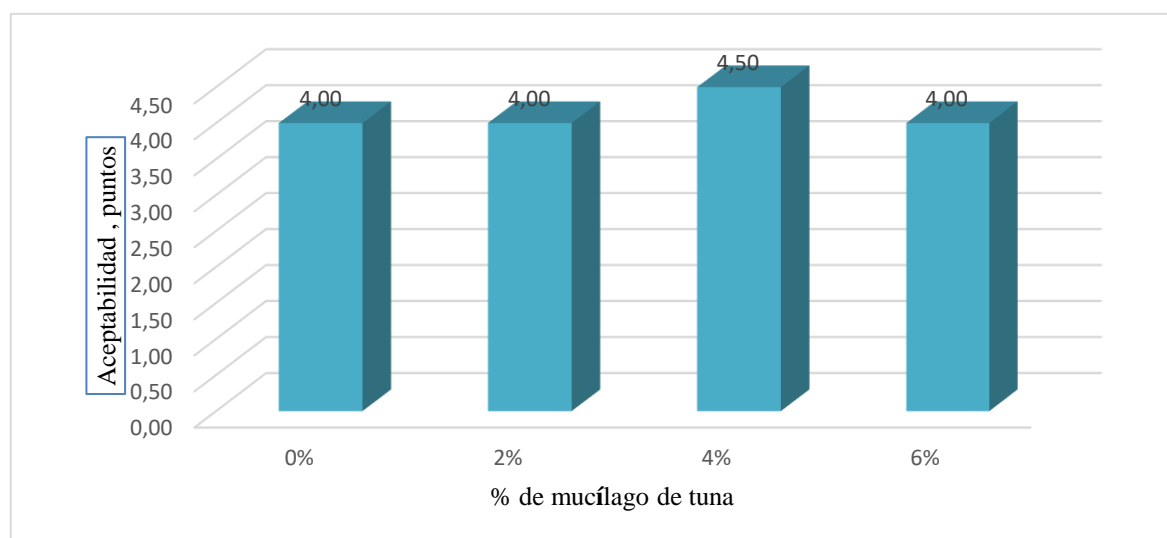


Ilustración 4-10: Valoración del a aceptabilidad del yogurt elaborado con mucílago de tuna

Realizado por: Belata. N,2023

5.5 Resultados microbiológicos

Los análisis microbiológicos (Tabla 4-10) realizados para identificar la presencia o ausencia de coliformes totales, *E. coli*, Mohos y Levaduras en UFC/g, presentaron ausencia, aplicando una dilución de 10^{-3} con muestras pareadas, utilizando agar MacConkey, EMB, PDA. de acuerdo con lo estipulado en la norma INEN 2395,2011, permitió demostrar que el producto es apto para el consumo por presentar ausencia de estos macroorganismos patógenos.

Tabla 4-5: Resultados de los análisis microbiológicos en el yogur con mucílago de tuna

Variable	Niveles de mucílago de tuna			
	0%	2%	4%	6%
UFC/g coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
UFC/g coliformes fécales (<i>E. coli</i>)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
UFC/g Mohos y Levaduras	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UFC/g: Unidades formadoras de colonias

Realizado por: Belata. N,2023

5.6 Análisis económico del yogurt con mucílago de tuna *opuntia ficus indica*

5.6.1 Costo de producción

En el costo de producción manifiestan que por cada litro de yogurt se obtiene: \$ 1,62 para el yogurt control, seguido por \$ 1,62 para el yogurt con 2%, \$ 1,61 para el tratamiento 4% y finalmente con \$ 1,63 para el tratamiento 6%.

5.6.2 Costo/Beneficio

El mayor beneficio del yogurt se obtuvo en el yogurt elaborado con 6% de mucílago de tuna , cuyo indicador B/C es de 0,28 centavos por cada dólar invertido en la elaboración del producto, de igual forma ocurre en los tratamientos 0%, 2%, 4%, cuyo indicador B/C es de 0,25; 0,26; 0,27 centavos siendo menos rentables que el yogurt elaborado sin mucílago de tuna.

Tabla 4-6 Costo/Beneficio del yogurt con la adición de diferentes niveles de tuna.

Ingredientes	Niveles de mucílago de tuna (%)			
	0	2	4	6
Leche cruda de vaca, dólares	3,28	3,28	3,28	3,28
Mucílago de tuna, dólares	0,00	0,12	0,25	0,37
Azúcar, dólares	1,13	1,13	1,13	1,13
Cultivo láctico, dólares	0,22	0,22	0,22	0,22
Sorbato de potasio, dólares	0,11	0,11	0,11	0,11
Envases plásticos, dólares	1,32	1,32	1,32	1,32
Mano de Obra, dólares	6,91	6,91	6,91	6,91
EGRESOS	12,98	13,10	13,23	13,35
Cantidad obtenida , L	9,17	9,31	9,49	9,65
Costo de producción, dólares / L	1,42	1,41	1,39	1,38
Precio de venta, dólares / L	1,77	1,77	1,77	1,77
INGRESOS	16,22	16,47	16,79	17,07
BENEFICIO/ COSTO	1,25	1,26	1,27	1,28

Realizado por: Belata. N,2023

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En la identificación cualitativa de los metabolitos presentes en el extracto acuoso de mucílago de tuna *opuntia ficus-indica*, se logró determinar metabolitos primarios (mucílagos, azúcares reductores); metabolitos secundarios se encontró la presencia de (triterpenos, saponinas, compuestos fenólicos (taninos)) los cuales pueden actuar en el producto elaborado favorablemente.

Se elaboro yogurt endulzado, utilizando mucílago de tuna *opuntia ficus - indica*, donde la formulación se basó diferentes porcentajes de mucílago agregado diferentes (2%, 4%, 6%), manifestando cambios en las distintas características del producto final.

En la características fisicoquímicas y reológicas se determina valores de pH (4,09), acidez (1,03%), los cuales no presentan cambios significativos por la adición de los diferentes niveles de mucílago de tuna *opuntia ficus indica*. Mientras que la densidad con valores de (1,06 g/ml) y viscosidad (2,07 Pa.s), presentan cambios notorios los cuales tienden a incrementar a medida que los porcentajes de mucílago de tuna incrementa, por último, la sinéresis manifiesta una disminución hasta (22,38%), debido a la formación red altamente estructurada por la interacción entre los polisacáridos y las proteínas lácteas

En las características sensoriales del yogurt, en los atributos olor, color, sabor, no se determina cambios por la adición de diferentes concentraciones mucílago de tuna *opuntia ficus indica*. en cuanto a su textura se presentan diferencias significativas de acuerdo con la percepción de los evaluadores, siendo de mayor agrado para los evaluadores, el tratamiento con 4%, el cual tuvo una valoración de 4,50 puntos.

En los análisis microbiológicos, presenta ausencia de macroorganismos patógenos, cumpliendo con lo establecido en la Norma INEN 2395,2011. A la vez garantizando la salud de los consumidores.

Se establece que el tratamiento con 6% presenta mayor beneficio/ costo con un valor de \$ 1,28; con una utilidad de 20 %, bajando desde 1,27; 1,26; 1,25 en los tratamientos 4%, 2%, 0% de mucílago de tuna como espesante natural.

5.2 Recomendaciones

Profundizar la investigación sobre los cambios en las propiedades del yogurt durante diferentes tiempos el almacenamiento.

Utilizar hasta un 6% de mucílago de tuna *Opuntia ficus indica*, en la elaboración de productos lácteos en especial los descremados, debido a que mejora sus propiedades tecnológicas y sobre todo que atribuye propiedades funcionales.

Promover el uso de gelificantes de origen natural como es el caso del mucílago de tuna ya que permite mejorar viscosidad y textura e impide la liberación de suero.

BIBLIOGRAFÍA

AGROQUÍMICOS ARCA S.A., 2021. Morfología del nopal. [en línea]. [consulta: 28 agosto 2023]. Disponible en: <https://web.facebook.com/1064814503718810/posts/1606646939535561/>.

ANCIETA DEXTRE, C.A., 2021. *Adición de quinua (Chenopodium Quinoa Willd) al yogurt natural y su efecto en las características sensoriales* [en línea]. CALLAO – PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO. [consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5601>.

ASHBAUGH ENGUÍDANOS, R.A., ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, J., ATIENZA SÁNCHEZ, E. y ROMERO CORTÉS, P., 2022. *Todo lo que debes saber sobre los espesantes y nunca te atreviste a preguntar* [en línea]. 2022. S.l.: s.n. Disponible en: Soluciones multidisciplinares.

BASIRI, S., HAIDARY, N., SHEKARFOROUSH, S.S. y NIAKOUSARI, M., 2018. Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt. *Carbohydrate Polymers*, vol. 187, ISSN 0144-8617. DOI 10.1016/j.carbpol.2018.01.049.

BENITES, V.J., 2019. *“La tuna (Opuntia ficus indica) en la reducción de la turbidez de las aguas del río de Lurín - Lurín”* [en línea]. Villa El Salvador: NIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR. Disponible en: http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/131/1/Benites_Victor_Trabajo_de_Suficiencia_2019.pdf.

BEYÁ MARSHALL, V., APABLAZA, E., DIAS, A. y SÁENZ, C., 2022. Physical and chemical characteristics of cladodes powder (*Opuntia ficus-indica* Mill.) of different maturation stages and drying temperatures. *Acta Horticulturae*, no. 1343, ISSN 0567-7572, 2406-6168. DOI 10.17660/ActaHortic.2022.1343.65.

BONILLA RIVERA, P.E., FERNANDEZ REBAZA, G.A., BUSTAMANTE PEÑALOZA, L.E., CASAS MARTEL, L.E., CIRINEO RODRI-GUEZ, M.X., HINOSTROZA LORENZO, M.L., VILLAR MELENDEZ, H.C. y YUPANQUI GALLEGOS, B.M., 2018. Determinación estructural de flavonoides en el extracto etanólico de cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Tuna Verde. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, vol. 2, no. 4, ISSN 2415-2692. DOI 10.26722/rpmi.2017.24.71.

CAMPOS SALAS, C.M., JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, J.L., GÓMEZ LEYVA, J. y CRUZ CANSINO, N., 2019. Vista de Evaluación de parámetros de calidad de diferentes marcas comerciales de leche y yogurt, y cambios durante el almacenamiento. *Educación y Salud Boletín*

Científico de Ciencias de la Salud del ICSa [en línea], vol. Publicación semestral, no. 14, [consulta: 16 junio 2023]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/view/4442/6219>.

CÁRDENAS, A., ALVITES, H., VALLADARES, G., OBREGÓN, J. y VÁSQUEZ-VILLALOBOS, V., 2013. Optimización mediante diseño de mezclas de sinéresis y textura sensorial de yogurt natural batido utilizando tres tipos de hidrocoloides. *Agroindustrial Science*, vol. 3, no. 1, ISSN 2226-2989.

CARPENA, M., CASSANI, L., GOMEZ-ZAVAGLIA, A., GARCIA-PEREZ, P., SEYYEDI-MANSOUR, S., CAO, H., SIMAL-GANDARA, J. y PRIETO, M.A., 2023. Application of fermentation for the valorization of residues from Cactaceae family. *Food Chemistry*, vol. 410, ISSN 0308-8146. DOI 10.1016/j.foodchem.2022.135369.

CEVALLOS, G. y LOPEZ, J., 2007. Evaluacion de distintos niveles de gel de opuntia subulata (tuna) en la elaboracion de yogurt. ,

CISNEROS QUISPE, J.C., 2017. Desarrollo de una bebida a partir de lactosuero y gel deshidratado de tuna (*Opuntia ficus-indica*). En: Accepted: 2019-08-19T14:30:12Z, *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga* [en línea], [consulta: 9 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3337>.

CODEX ALIMENTARIO, 1995. Norma general para los aditivos Alimentarios Codex Stan 192-1995. [en línea]. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf.

CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO, 2015. TUNA: Un alimento para descubrir. [en línea]. Disponible en: https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/fichaspdf/Ficha_41_Tuna.pdf.

DOUMENZ TORRES, P.A., 2017. Aprovechamiento de la Cáscara de Tuna (*Opuntia Ficus Indica*) en la Elaboración de Yogurt Griego con Fibra Soluble. En: Accepted: 2018-02-20T01:56:35Z, *Universidad Privada de Tacna* [en línea], [consulta: 19 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/151>.

DUGARTE, N.Y., MOLINA, F.A. y GARCÍA, M.A., 2020. Aplicaciones de los mucílagos en el sector agro-alimentario: Application of mucilages in the agro-food sector. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 30, no. 1, ISSN 1816-7721.

ESPINO RODRÍGUEZ, EDGAR, RAFAEL RAMÍREZ, HÉCTOR, TINGAL INFANTE, ISOLINA y ORDOÑEZ, M.S.R., 2012. Morfofisiología de tuna (*Opuntia ficus-indica* Mill.). [en línea], Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2853/TUNA%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FEIJÓ, M.A.C., 2018. *Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de yogurt enriquecido con quinua («Chenopodium quinoa» Willd)* [en línea]. Quito: Universidad de Extremadura: Departamento producción animal y ciencias de los alimentos. Disponible en: https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/9273/1/TDUEX_2019_Coronel_Feijo.pdf.

GHERIBI, R. y KHWALDIA, K., 2019. Cactus Mucilage for Food Packaging Applications. *Coatings*, vol. 9, no. 10, ISSN 2079-6412. DOI 10.3390/coatings9100655.

GUZMÁN LOAYZA, D. y CHÁVEZ, J., 2007. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 73, no. 1, ISSN 1810-634X.

IBALUT I IBARRA, L., 2021. *Evaluación de la capacidad antioxidante de un yogur endulzado con stevia rebaudiana y tropaeolum tuberosum “mashua púrpura” como colorante* [en línea]. Huacho –Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6415/IBALUT%20I%20IBARRA%20LUNA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ISER, M., VALDIVIÉ, M., FIGUEREDO, L., NUÑEZ, E., MÁS, D., MARTÍNEZ, Y., 2020. Metabolitos secundarios, indicadores de calidad y características organolépticas de la harina de tallos de *Agave fourcroydes* (Henequén). *Cuban Journal of Agricultural Science*, vol. 54, no. 1, ISSN 2079-3480.

JÁCOME, H., 2010. *Evaluación de la Calidad de Yogurt Tipo II con la Utilización de Gel de Linaza como Estabilizante Natural* [en línea]. Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Ciencias Pecuarias, Escuela De Ingeniería En Industrias Pecuarias. [consulta: 13 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/820>.

JIMÉNEZ FERNÁNDEZ, E.E., 2014. *obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (*Opuntia ficusindica*) a partir de diferentes métodos de extracción* [en línea]. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130028/Obtencion-del-mucilago-de-la-cascara-de-la-tuna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

KARACA, O.B., 2013. Effects of different prebiotic stabilisers and types of molasses on physicochemical, sensory, colour and mineral characteristics of probiotic set yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, ISSN 1364727X. DOI 10.1111/1471-0307.12058.

LUCENA, L.R.R., LEITE, M.L.M.V., SIMÕES, V.J.L.P., IZIDRO, J.L.P.S., SIMPLÍCIO, J.B., 2019. Análisis de forma de cladodio del clon de cactus de forraje Giant Sweet (*Nopalea cochenillifera*) con el uso de puntos de referencia anatómicos. *Cuban Journal of Agricultural Science*, vol. 53, no. 3, ISSN 2079-3480.

MADERA, M.A., 2020. Libro Nopal: Energía renovable. *Scribd* [en línea]. [consulta: 28 agosto 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/475800819/LIBRO-NOPAL-2015-pdf>.

MADURO, R., 2013. Características organolépticas del yogurt. *el yogurt* [en línea]. [consulta: 9 julio 2023]. Disponible en: <http://maduroufps.blogspot.com/2013/06/caracteristicas-organolepticas-del.html>.

MARUYAMA, S., LIM, J. y STRELETSKAYA, N.A., 2021. Clean Label Trade-Offs: A Case Study of Plain Yogurt. *Frontiers in Nutrition* [en línea], vol. 8, [consulta: 17 junio 2023]. ISSN 2296-861X. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.704473>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, 2018. La producción de tuna, una actividad rentable. [en línea]. [consulta: 9 julio 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/la-produccion-de-tuna-una-actividad-rentable/>.

MONTESDEOCA PÁRRAGA, R.R., PILOSO CHÁVEZ, K.J., VÉLIZ PINARGOTE, C.G. y ÁLCIVAR GILER, C.W., 2020. Efecto de tipos de estabilizantes y porcentajes de grasa en las características fisicoquímicas de un yogurt. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, vol. 10, no. 2, ISSN 2413-1911, 2413-192X. DOI 10.5377/elhigo.v10i2.10555.

NAVARRO DEL HIERRO, J., HERRERA, T., FORNARI, T., REGLERO, G. y MARTIN, D., 2018. The gastrointestinal behavior of saponins and its significance for their bioavailability and bioactivities. *Journal of Functional Foods*, vol. 40, ISSN 1756-4646. DOI 10.1016/j.jff.2017.11.032.

NEGRETE, T. y RIVERA, R., 2021. *Identificación de gustos y preferencias del mercado objetivo para el yogurt griego*. [en línea]. Quito-Ecuador: Universidad de las Américas, facultad de posgrado. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/13749/1/UDLA-EC-TMACSA-2021-15.pdf>.

NMX-F-444-, 1983. NMX-F ALIMENTOS. Yoghurt o leche búlgara. foods. yoghurt or bulgarian milk. normas mexicanas. dirección general de normas. - PDF Descargar libre. [en línea]. [consulta: 26 junio 2023]. Disponible en: <https://docplayer.es/4013943-Nmx-f-444-1983-alimentos-yoghurt-o-leche-bulgara-foods-yoghurt-or-bulgarian-milk-normas-mexicanas-direccion-general-de-normas.html>.

OÑATE, E.G.H., 2017. “Creación de una empresa que se dedique a la elaboración y comercialización de shampoo realizado a base de tuna, en el Cantón Ambato” [en línea]. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25279/1/509%20MKT%20sp.pdf>.

ORE TRAVEZAÑO, M.L. y YOBANA ZADYT, O.T., 2009. Efecto de la termoestabilidad del mucílago de linaza (*linum usitatissimum*) en el yogurt. En: Accepted: 2017-12-22T01:48:58Z, *Universidad Nacional del Centro del Perú* [en línea], [consulta: 28 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2640>.

PARADA-RIVERA, M.M., GODOY-PONCE, S.C., CARRERA-BELTRÁN, L.C., TAPIA-BORJA, A.I. y ECHEVERRÍA, D.G.C., 2021. Diseño sostenible de un proceso industrial local para la obtención de una bebida hidratante de hoja de tuna. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, vol. 11, no. 1, ISSN 2602-8484. DOI 10.29166/revfig.v11i1.3097.

REYES BUENDÍA, C., CORRALES GARCÍA, J.J.E., PEÑA-VALDIVIA, C.B., HERNÁNDEZ MONTES, A., YBARRA-MONCADA, M.C., 2020. Sopa de elote (*Zea mays*) tipo crema con mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) como espesante, sus características físicas y aceptación sensorial. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas* [en línea], vol. 23, [consulta: 13 julio 2023]. ISSN 1405-888X. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-888X2020000100107&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

RIBES, S., PEÑA, N., FUENTES, A., TALENS, P. y BARAT, J.M., 2021. Chia (*Salvia hispanica L.*) seed mucilage as a fat replacer in yogurts: Effect on their nutritional, technological, and sensory properties. *Journal of Dairy Science*, vol. 104, no. 3, ISSN 0022-0302. DOI 10.3168/jds.2020-19240.

RISUEÑO VÁSQUEZ, G.M., 2013. *Conservación de la tuna «Blanca de Hidalgo» (opuntia ficus-indica mads) con el empleo de ácido giberélico, recubrimiento de parafina y temperatura de refrigeración* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3352/1/P87%20Ref.2976.pdf>.

RODRÍGUEZ HENAO, C.R., 2017. Evaluación del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) como agente estabilizante en néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*). [en línea], Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/67?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_alimentos%2F67&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.

RODRÍGUEZ, L.M.B., 2016. *TESIS Para obtener el título de: ingeniero agroindustrial* [en línea]. PERÚ: Universidad Nacional De Trujillo. [consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10952/BARTOLO%20RODR%c3%8dGUEZ%20LUIS%20MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SÁENZ, C. y BERGER, H., 2006. *Utilización agroindustrial del nopal*. S.I.: Food & Agriculture Org. ISBN 978-92-5-305518-0.

SÁNCHEZ AVELAR, P., 2020. *Instrumentación y control de los parámetros críticos en un proceso de producción de yogurt* [en línea]. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional. [consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/27937>.

SÁNCHEZ MORENO, A.E., 2018. *Efecto de la adición de harina de melloco (*Ullucus Tuberosus*) variedad amarillo (INIAP-Quillu) en las propiedades físicoquímicas y reológicas del yogurt bajo en grasa* [en línea]. masterThesis. S.I.: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Maestría en Tecnología de Alimentos. [consulta: 27 junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/28254>.

SILVA, M., 2017. *Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias* [en línea]. Lima - Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. [consulta: 10 julio 2023]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7155>.

TÉLLEZ, G.M.S., DÍAZ, J.G., LUGO, M.S., DELGADO, M.Z., VELASCO, S.G. y MORENO, E.R., 2022. ¿Qué aditivos se pueden encontrar en los productos lácteos? y ¿Son necesarios? *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, vol. 10, no. 20, ISSN 2007-4573. DOI 10.29057/icsa.v10i20.7246.

TETRA LAVAL GROUP, 2021. Tendencias de consumo de yogurt. [en línea]. [consulta: 14 julio 2023]. Disponible en: <https://www.tetrapak.com/es-ec/insights/cases-articles/consumer-yoghurt-trends>.

TORRES CUBAS, C., 2017. *Nivel de sustitución de leche de sachá inchi en la elaboración de yogurt* [en línea]. Tarapoto – Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO. [consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3143>.

TORRES PONCE, R.L., MORALES CORRAL, D., BALLINAS CASARRUBIAS, M. de L. y NEVÁREZ MOORILLÓN, G.V., 2015. El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 6, no. 5, ISSN 2007-0934,.

URQUIZO ZUÑIGA, F. y VALDIVIA SALAS, K., 2015. *Comparación del efecto del secado combinado; osmodeshidartado - secado con el secado convencional para la obtención de harina de penca de tuna (Opuntia ficus indica)* [en línea]. Arequipa- Perú: Universidad Nacional De San Agustín. [consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/95>.

VALENCIA LUCIO, T.A., 2009. *Aprovechamiento Tecnológico del Lactosuero y el Gel Deshidratado de Opuntia subulata para la Elaboración de una Bebida Nutracéutica* [en línea]. bachelorThesis. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [consulta: 9 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/844>.

VARGAS, A.G. y GALVIS, C.M.G., 2015. Efecto de la adición de inulina comercial y quinua (Chenopodium quínoa wild) en la elaboración de kéfir. ,

VARGAS MAMANI, J.J., VERA VARGAS, G.V. y SUPPÉ TEJADA, N.A., 2019. Caracterización físico-química, microscópica de barrido y dispersión de rayos x del mucílago de cladodios de Opuntia ficus indica en la región alta de Tacna. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 85, no. 3, ISSN 1810-634X.

VARGAS RODRÍGUEZ, L., ARROYO FIGUEROA, G., HERRERA MÉNDEZ, C.H., PÉREZ NIETO, A., GARCÍA VIEYRA, M.I. y RODRÍGUEZ NÚÑEZ, J.R., 2016. Physical properties of mucilage prickly pear. *Acta Universitaria*, vol. 26, no. NE-1, ISSN 01886266, 20079621. DOI 10.15174/au.2016.839.

VELASCO, P.M.A., 2007. *“Evaluación de tres métodos de secado para la extracción y recuperación del gel de tuna (Opuntia subulata)”*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Ciencias Pecuarias, Escuela De Ingeniería En Industrias Pecuarias.

VIERA, W., 2022. *“Influencia de la adición de dos espesantes sobre el perfil reológico de la viscosidad en la elaboración de ketchup con fines de aceptabilidad [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 13 julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3364/IAIA-VIE-TIN-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.*



ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA DEL MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia ficus indica*)

Metabolito	Ensayo	D1	D2	Observación
Compuestos grasos	Sudan	-	-	No presenta películas de color rojo en las paredes de los tubos
Alcaloides	Dragendorff	-	-	No existe presenta precipitado
Triterpenos / esteroides	Lieberman. B	+	+	Presenta una coloración oscura
Resinas	Resinas	-	-	No presenta precipitado
Azúcares reductores	Fehling	+	+	presenta coloración rojiza
Saponinas	Espuma	+	+	Presencia de espuma
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico (III)	+	+	Presenta una coloración verdosa, identificando la presencia de taninos
Aminoácidos libres / aminos	Nihidrina	-	-	No presenta coloración
Quinonas / benzoquinonas	Bortranger	-	-	Presenta una coloración café
Flavonoides	Shinoda	-	-	No presenta coloración
Antocianinas	Antocianidinas	-	-	Presenta una coloración café
Mucílagos	Mucílagos	+	+	Presenta una consistencia gelatinosa
Principios amargos	Principios amargos	-	-	astringente

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal- FCP-ESPOCH

Realizado por: Belata, Norma, 2023

ANEXO B: RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y REOLÓGICO DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA

Niveles de mucílago de tuna	Repeticiones	pH	Acidez (%)	Densidad (g/ml)	Sinéresis (%)	Viscosidad (Pa.s)
0%	1	4,06	1,08	1,02	47	0,8786
	2	4,07	1,05	1,02	40	0,8483
	3	4,03	1,05	1,02	40,5	0,8907
	4	4,05	1,01	1,02	44	0,8422
2%	1	4,07	1,06	1,06	29	0,927
	2	4,07	1,08	1,05	35,5	0,9513
	3	4,06	1,06	1,05	33	0,8967
	4	4,09	0,99	1,05	29	0,9149
4%	1	4,08	1,01	1,06	24,5	0,9794
	2	4,08	1,07	1,05	26	1,0361
	3	4,09	1,05	1,06	20,5	0,9937
	4	4,08	1,04	1,05	24	1,0179
6%	1	4,11	0,98	1,06	22	2,0935
	2	4,05	1,03	1,06	21	1,9874
	3	4,09	1,00	1,07	23,5	2,1025
	4	4,09	1,09	1,07	23	2,1146

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal- FCP-ESPOCH

Realizado por: Belata, Norma, 2023

ANEXO C: RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE YOGURT CON MUCÍLAGO DE TUNA

REQUISITOS	TRATAMIENTOS	REPETECIONES	DILUCIÓN	UFC/g
Coliformes totales	T0	1	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-3}$	Ausencia
	T1	1	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-3}$	Ausencia
	T2	1	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-3}$	Ausencia
	T3	1	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-3}$	Ausencia
<i>E. coli</i>	T0	1	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-3}$	Ausencia
	T1	1	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-3}$	Ausencia
	T2	1	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-3}$	Ausencia
	T3	1	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-3}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-3}$	Ausencia

Mohos y Levaduras	T0	1	$\times 10^{-4}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-5}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-6}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-7}$	Ausencia
	T1	1	$\times 10^{-8}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-9}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-10}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-11}$	Ausencia
	T2	1	$\times 10^{-12}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-13}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-14}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-15}$	Ausencia
	T3	1	$\times 10^{-16}$	Ausencia
		2	$\times 10^{-17}$	Ausencia
		3	$\times 10^{-18}$	Ausencia
		4	$\times 10^{-19}$	Ausencia

FUENTE: Laboratorio de Ciencias Biológicas

Realizado por: Belata N.,2023

ANEXO D: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA

A. pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	16	0,44	0,3	0,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,60E-03	3	8,70E-04	3,15	0,0647
Niveles de mucílago de tuna	2,60E-03	3	8,70E-04	3,15	0,0647
Error	3,30E-03	12	2,80E-04		
Total	0,01	15			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0003 gl: 12

Niveles de mucílago de tuna	Medias	n	E.E.		
0%	4,05	4	0,01	A	
2%	4,07	4	0,01	A	B
4%	4,08	4	0,01		B
6%	4,09	4	0,01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

B. Acidez

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez	16	0,08	0	3,5

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,40E-03	3	4,60E-04	0,34	0,7942
Niveles de mucílago de tuna	1,40E-03	3	4,60E-04	0,34	0,7942
Error	0,02	12	1,30E-03		
Total	0,02	15			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0013 gl: 12

Niveles de mucílago de tuna	Medias	n	E.E.	
6%	1,03	4	0,02	A
4%	1,04	4	0,02	A
2%	1,05	4	0,02	A
0%	1,05	4	0,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

C. Densidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad	16	0,94	0,93	0,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,60E-03	3	1,50E-03	66,45	<0,0001
Niveles de mucílago de tuna	4,60E-03	3	1,50E-03	66,45	<0,0001
Error	2,80E-04	12	2,30E-05		
Total	4,80E-03	15			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0000 gl: 12

Niveles de mucílago de tuna	Medias	n	E.E.		
0%	1,02	4	2,40E-03	A	
2%	1,05	4	2,40E-03		B
4%	1,06	4	2,40E-03		B
6%	1,07	4	2,40E-03		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO E: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA

A. Sinéresis

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sinéresis		16	0,93	0,91 8,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1062,05	3	354,02	51,3	<0,0001
Niveles de mucílago de tuna	1062,05	3	354,02	51,3	<0,0001
Error	82,81	12	6,9		
Total	1144,86	15			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 6,9010 gl: 12

Niveles de mucílago de tuna	Medias	n	E.E.		
6%	22,38	4	1,31	A	
4%	23,75	4	1,31	A	
2%	31,63	4	1,31		B
0%	42,88	4	1,31		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

B. Viscosidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
viscosidad		16	1	1 2,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,96	3	1,32	1024,72	<0,0001
Niveles de mucílago de tuna	3,96	3	1,32	1024,72	<0,0001
Error	0,02	12	1,30E-03		
Total	3,98	15			

Test: Duncan Alfa=0,05*Error: 0,0013 gl: 12*

Niveles de mucílago de tuna	Medias	n	E.E.			
0%	0,86	4	0,02	A		
2%	0,92	4	0,02		B	
4%	1,01	4	0,02			C
6%	2,07	4	0,02			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**ANEXO F: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA****A. OLOR**

Variable	Nivel de mucílago de tuna (%)	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
OLOR	0%	30	4	0,79	4	3,77	0,231
	2%	30	3,67	0,76	3,5		
	4%	30	4	0,79	4		
	6%	30	3,8	0,81	4		

B. COLOR

Variable	Nivel de mucílago de tuna (%)	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
COLOR	0%	30	3,97	0,67	4	0,04	0,998
	2%	30	4	0,69	4		
	4%	30	4	0,69	4		
	6%	30	3,97	0,85	4		

C. SABOR

Variable	Nivel de mucílago de tuna (%)	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
SABOR	0%	30	4,2	0,61	4	1,79	0,55
	2%	30	4,07	1,11	4,5		
	4%	30	4,3	0,75	4		
	6%	30	4,4	0,77	5		

D. TEXTURA

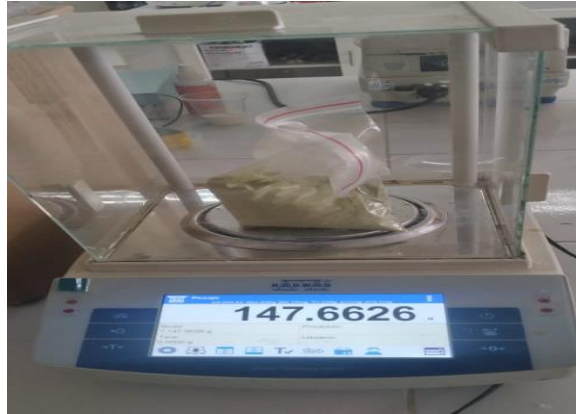
Variable	Nivel de mucílago de tuna (%)	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
TEXTURA	0%	30	3,57	0,97	4	9,66	0,014
	2%	30	4,03	0,93	4		
	4%	30	4,37	0,81	5		
	6%	30	3,87	1,07	4		

C. ACEPTABILIDAD

Variable	Nivel de mucílago de tuna (%)	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
ACEPTABILIDAD	0%	30	3,53	1,07	4	12,16	0,004
	2%	30	4,03	0,85	4		
	4%	30	4,47	0,57	4,5		
	6%	30	3,83	1,02	4		

ANEXO G : OBTENCIÓN MUCÍLAGO

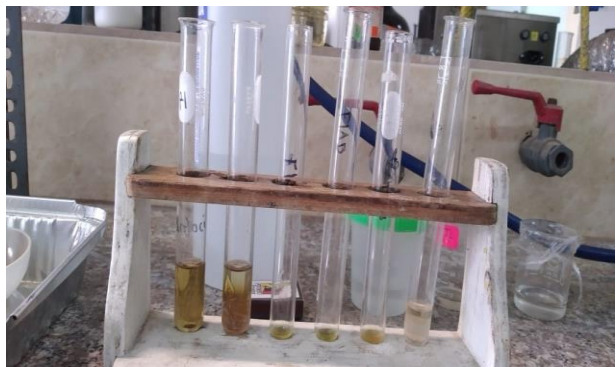




ANEXO H: ELABORACIÓN DEL YOGURT DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica*



ANEXO I: ANÁLISIS FITOQUÍMICOS DEL MUCÍLAGO DE TUNA, FISICOQUÍMICOS Y REOLÓGICOS DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica*



ANEXO J: ANÁLISIS SENSORIAL DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica*



ANEXO K: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL YOGURT ELABORADO CON MUCÍLAGO DE TUNA *Opuntia ficus-indica*





epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 26 / 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
NORMA ISABEL BELATA LÓPEZ
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: CIENCIAS PECUARIAS
Carrera: AGROINDUSTRIA
Título a optar: INGENIERA AGROINDUSTRIAL
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.

1893-DBRA-UPTG-2023