Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos

Elaboración y caracterización de yogur frutado con tumbo (*Passiflora mollisima*) y piña (*Ananas comosus*) adicionado con extracto biotransformado de algarrobo (*Prosopis pallida*)

TESIS
Para optar el Título Profesional de Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

AUTOR

Oscar Jesús CASTAÑEDA MUENTE

Luciano Ilich USNAYO CANTORIN

ASESOR

Dra. Carmen Gladys PEÑA SUASNABAR

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Castañeda O, Usnayo L. Elaboración y caracterización de yogur frutado con tumbo (Passiflora mollisima) y piña (Ananas comosus) adicionado con extracto biotransformado de algarrobo (Prosopis pallida) [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos; 2022.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Oscar Jesús Castañeda Muente
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70272350
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6682-9979
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Luciano Ilich Usnayo Cantorin
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47045358
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0676-5157
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carmen Gladys Peña Suasnabar
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	20904674
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5061-4527
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Gladys Constanza Arias Arroyo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06518454
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Bertran Santiago Trujillo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07186287

Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Teresa Celina Gallardo Jugo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07727234
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Robert Dante Almonacid Román
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40493000
Datos de investigación	
Línea de investigación	B.2.4.1. Tecnología alimentaria
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima N°: 1002 Latitud: -12.055244860152936 Longitud: -77.02342944966036
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019-2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería, Tecnología: Alimentos y bebidas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.01 Biotecnología industrial https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.09.00

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Elaboración y caracterización de yogur frutado con tumbo (*Passiflora mollisima*) y piña (*Ananas comosus*) adicionado con extracto biotransformado de algarrobo (*Prosopis pallida*)

Que presentan los Bachilleres en Ciencia y Tecnología de los Alimentos:

OSCAR JESÚS CASTAÑEDA MUENTE Y
LUCIANO ILICH USNAYO CANTORIN

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado Evaluador, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

DIECIOCHO (18) APROBADO CON MENCIÓN HONROSA

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Ciencia y Tecnología de los Alimentos y Título Profesional de Licenciado (a) en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

JURADO EVALUADOR (R.D. N.° 000740-2022-D-FFB/UNMSM)

- Dra. Gladys Constanza Arias Arroyo
- Mg. Bertran Santiago Trujillo
- Q.F. Teresa Celina Gallardo Jugo
- Q.F. Robert Dante Almonacid Román

Lima, 16 de diciembre de 2022.

Dra. Gladys Constanza Arias Arroyo
Presidente

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. DECANA DE AMÉRICA.
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

INFORME DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE ORIGINALIDAD

1	Facultad	**FARMACIA Y BIOQUÍMICA**
2	Escuela	**Ciencia de los Alimentos**
3	Autoridad que emite el informe de originalidad	Director de la Escuela Profesional
4	Apellidos y nombres de la autoridad académica	**Crispín Pérez, Víctor**
5	Operador del programa informático de similitudes	**Crispín Pérez, Víctor**
6	Documento evaluado	**Elaboración y caracterización de yogur frutado con tumbo *(Passiflora mollisima)* y piña *(Ananas comosus)* adicionado con extracto biotransformado de algarrobo *(Prosopis pallida)*.**
7	Autor(es) del documento	**Bach. Oscar Jesús Castañeda Muente** **Bach. Luciano Ilich Usnayo Cantorin**
8	Fecha de recepción del documento	**06-12-2022**
9	Fecha de aplicación del programa informático de similitudes	**07-12-2022**
10	Software utilizado	**Turnitin**
11	Configuración del programa detector de similitudes	**Excluye:** - **Textos entrecomillados** - **Bibliografía** - **Cadenas menores de 40 palabras**
12	Porcentaje de similitud según programa detector de similitudes	**Similitud 7% (Similitud debe ser ≤ 10%)**
13	Fuentes originales de las similitudes encontradas	• **Fuentes de internet 8%** • **Publicaciones 3%** • **Trabajos del estudiante 5%**
14	Observaciones	**Si cumple con el estándar mínimo establecido por la UNMSM**
15	Calificación de originalidad	**Documento si cumple criterios de originalidad**
16	Fecha del informe	**07-12-2022**

Nota: se adjunta archivo de reporte del sistema Turnitin en el que se resaltan las similitudes detectadas.

UNMSM
Firmado digitalmente por CRISPIN PEREZ Victor FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 07.12.2022 09:51:37 -05:00

Dr. Víctor Crispín Prez
Director
EP Ciencia de los Alimentos

DEDICATORIA

A Dios, por siempre guiarnos en nuestras vidas y fortalecernos para avanzar hacia adelante.

A mi mamá Rosario y mi papá Wilson, por su amor, su constante apoyo en todo momento de mi vida, que lo he visto reflejado en sus consejos, orientación y escucha.

A mi hermano Angel, por siempre darme amor, alegría, cariño y arrancarnos siempre una sonrisa.

Oscar Castañeda Muente

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres Doris y Dimas que siempre quisieron que sea un profesional de calidad con gran valor humano, a mi hermana Silvia y a Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi madre Doris Cantorín por darme su cariño y apoyo incondicional.

A mi padre Dimas Usnayo que en vida estuvo apoyándonos a mí y mi hermana durante nuestras carreras profesionales, gracias por tu apoyo incondicional papá, algún día nos encontraremos en el infinito para contarte todos mis logros acumulados, a mi abuelo Oscar Cantorín que en vida fue un gran apoyo emocional y una gran imagen que siempre quise imitar: la tranquilidad y serenidad ante toda adversidad.

Luciano Usnayo Cantorin

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Carmen Peña Suasnabar por ser maestra, asesora, por sus enseñanzas y apoyo en la elaboración de la tesis, y sobre todo haber estado siempre incentivándonos a completarla y confiado en nosotros.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos, que aportaron de una u otra forma para la realización de la tesis.

A los miembros del Jurado, por su valioso tiempo y dedicación en poder revisar la tesis y por su aporte en los conocimientos durante la revisión y sugerencias dadas.

A mi amiga y compañera, Miluska por empujarme siempre en la realización de esta investigación.

Oscar Castañeda Muente

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Carmen Peña Suasnabar por ser maestra, asesora, por sus enseñanzas y apoyo en la elaboración de la tesis, y sobre todo haber estado siempre incentivándonos a completarla y confiado en nosotros.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos, que aportaron de una u otra forma para la realización de la tesis.

A mi compañero de tesis, Oscar por su amistad, consejos y confiado en mi para desarrollar este proyecto.

Luciano Usnayo Cantorin

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **i**
AGRADECIMIENTO ..... **iii**
ÍNDICE GENERAL ..... **v**
LISTA DE TABLAS ..... **vii**
LISTA DE FIGURAS ..... **viii**
RESUMEN ..... **x**
ABSTRACT ..... **xi**
I. INTRODUCCIÓN **1**
I.1 Planteamiento del problema 1
I.1.1. Enunciado del problema 1
I.1.2. Formulación del problema 2
I.1.3. Justificación del problema 2
I.2. Objetivos 4
I.2.1. Objetivo general 4
I.2.2. Objetivos específicos 4
II. REVISIÓN DE LITERATURA **5**
II.1. Antecedentes del estudio 5
II.2. Marco teórico 7
II.2.1. Yogur 7
II.2.2. Algarrobo *"Prosopis pallida"* 15
II.2.3. Fructooligosacáridos (FOS) como fibra prebiótica 18
II.2.4. Frutas empleadas 22
II.2.5. Diseño de Bloques Completamente al azar (DBCA) 23
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES **25**
III.1. Hipótesis General 25
III.2. Variables 25
IV. MATERIALES Y MÉTODOS **26**
IV.1. Área de estudio 26
IV.2. Diseño de investigación 26
IV.3. Población y muestra 27

IV.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información 27
IV.4.1. Materias primas e insumos 27
IV.4.2. Materiales, equipos 28
IV.4.3. Métodos de análisis 29
IV.4.4. Esquema experimental 34
IV.5. Análisis estadístico 43
V. RESULTADOS 45
V.1. Obtención de extracto biotransformado de algarrobo 45
V.2. Determinación de las formulaciones y elaboración de yogures 48
V.2.1. Evaluación sensorial de color 48
V.2.2. Evaluación sensorial de sabor 50
V.2.3. Evaluación sensorial aceptabilidad sensorial 52
V.2.4. Evaluación del pH 55
V.3. Caracterización del yogur con mayor aceptabilidad 57
VI. DISCUSIÓN 61
VII. CONCLUSIONES 72
VIII. RECOMENDACIONES 73
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 74
X. ANEXOS 93
Anexo 1. Métodos de ensayos normalizados 93
Anexo 2. Consentimiento informado para la evaluación sensorial 104
Anexo 3. Ficha de test de evaluación sensorial 105
Anexo 4. Diagrama de flujo de jalea de piña y tumbo y su descripción de proceso 106
Anexo 5. Gráficas de los supuestos estadísticas de las variables respuestas. 109
Anexo 5. Fotografías 115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de pulpa y corozo 17
Tabla 2. Criterios microbiológicos según Norma sanitaria.....31
Tabla 3. Criterios de microorganismos de identidad 32
Tabla 4. Tabla de puntación de escala hedónica 33
Tabla 5. Descripción de cada formulación de yogur.....38
Tabla 6. Análisis químico proximal de la harina de algarrobo 45
Tabla 7. Contenido de carbohidratos del extracto acuoso.....45
Tabla 8. Características fisicoquímicas del extracto biotransformado de algarrobo 46
Tabla 9. Contenido de minerales 46
Tabla 10. Análisis microbiológicos del extracto biotransformado de algarrobo 46
Tabla 11. Contenido de carbohidratos del extracto biotransformado 47
Tabla 12. Supuestos estadísticos 48
Tabla 13. Kruskas Wallis de color.....50
Tabla 14. Supuestos.....50
Tabla 15. ANOVA dos vías de sabor 52
Tabla 16. Sabor y formulaciones 52
Tabla 17. Supuestos.....53
Tabla 18. ANOVA dos vías de aceptabilidad 54
Tabla 19. Aceptabilidad y formulaciones.....55
Tabla 20. Supuestos.....55
Tabla 21. Prueba de Kruskas Wallis del pH.....57
Tabla 22. Análisis químico proximal del yogur con mayor aceptabilidad.....57
Tabla 23. Análisis de minerales del yogur con mayor aceptabilidad 58
Tabla 24. Análisis microbiológicos del yogur con mayor aceptabilidad 58
Tabla 25. Análisis fisicoquímicos del yogur con mayor aceptabilidad 58
Tabla 26. Contenido de carbohidratos del yogur con mayor aceptabilidad .59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación según su método de producción 10
Figura 2. Clasificación según su estructura física.....11
Figura 3. Clasificación según contenido graso 11
Figura 4. Representación esquemática de las interacciones que ocurren entre *S. thermophilus y Lactobaciillus delbreckii subsp. Bulgaricus* y su entorno 15
Figura 5. Secciones de una vaina de algarroba 16
Figura 6. Estructura de algunos carbohidratos de baja digestibilidad. 19
Figura 7. Estructura química de fructooligosácaridos. 20
Figura 8. Diagrama de flujo de obtención de harina de algarrobo 35
Figura 9. Diagrama de flujo de elaboración del yogur 39
Figura 10. Esquema experimental de la investigación 44
Figura 11. Perfil cromatográfico del extracto biotransformado de algarrobo 47
Figura 12. Gráfica de cajas y bigotes de juez versus color.....49
Figura 13. Gráfica de cajas y bigotes de yogures versus color 49
Figura 14. Gráfica de cajas y bigotes de juez versus sabor 51
Figura 15. Gráfica de cajas y bigotes de yogures versus sabor 51
Figura 16. Gráfica de cajas y bigotes de juez versus aceptabilidad 53
Figura 17. Gráfica de cajas y bigotes de yogures versus aceptabilidad 54
Figura 18. Gráfica de cajas y bigotes del pH de cada tratamiento.....56
Figura 19. Perfil cromatográfico inicial del yogur con mayor aceptabilidad...59
Figura 20. Perfil cromatográfico después de la hidrólisis del yogur con mayor aceptabilidad 60
Figura 21. Diagrama de flujo de elaboración de jalea de tumbo y piña 106
Figura 22. Supuesto de normalidad de color.....109
Figura 23. Supuesto de homogeneidad de varianza de color.....109
Figura 24. Supuesto de independencia de color 110
Figura 25. Supuesto de normalidad de sabor.....110
Figura 26. Supuesto de homogeneidad de varianza de sabor 111
Figura 27. Supuesto de independencia de sabor 111
Figura 28. Supuesto de normalidad de aceptabilidad.....112

Figura 29. Supuesto de homogeneidad de varianza de aceptabilidad 112
Figura 30. Supuesto de independencia de sabor 113
Figura 31. Supuesto de normalidad del pH 113
Figura 32. Supuesto de homogeneidad de varianza de pH.....114
Figura 33. Supuesto de independencia de pH 114
Figura 34. Vainas de algarrobo.....115
Figura 35. Harina de vainas de algarrobo 115
Figura 36. Extracto biotransformado de algarrobo 116
Figura 37. Formulaciones de yogur.....116
Figura 38. Tumbos y piña empleados en el yogur.....117
Figura 39. Formulación de yogur con mayor aceptabilidad 117

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue elaborar y caracterizar un yogur frutado con tumbo (*Passiflora mollisima*), piña *(Ananas comosus*) y extracto biotransformado de algarrobo (*Prosopis pallida*) con la finalidad de obtener un yogur con propiedades prebióticas. Para ello, previamente se elaboró un extracto biotransformado de algarrobo catalizado por la enzima pectinasa y se procedió a evaluar sus características fisicoquímicas, microbiológicas, contenido de minerales y de carbohidratos. El extracto biotransformado de algarrobo, se utilizó para la elaboración de diez formulaciones que contenían diferentes proporciones de yogur base, jalea de tumbo y piña y extracto biotransformado de algarrobo, los cuales se sometieron a pruebas estadísticas como Kruskas Wallis para color y pH, y ANOVA para las respuestas sabor y aceptabilidad general. Seguidamente, se obtuvo una formulación con mayor aceptabilidad, que se evaluó las características fisicoquímicas, microbiológicas y contenido de minerales y carbohidratos. El extracto biotransformado de algarrobo presentó 16,10 % de fructooligosacáridos, un pH de 4,64 y 38 °Bx, destacando por su contenido de 899; 462 y 372 mg/kg de fósforo, calcio y magnesio, respectivamente. Respecto a las formulaciones evaluadas se hallaron diferencias significativas ($p<0,05$) para sabor y aceptabilidad general, siendo la formulación (84 % de yogur base, 10 % de extracto biotransformado de algarrobo y 6 % de jalea de tumbo y piña), la que obtuvo mayor puntaje en sabor y aceptabilidad general. El yogur con mayor aceptabilidad presentó 3,0 % de proteínas y 3,2 % grasas. Además, destacó por 3846,04; 1255,07; 135,73 mg/kg de calcio, fósforo, magnesio, respectivamente. El yogur presentó 7,56 Log UFC/g ($3,6 \times 10^7$ UFC/g) de bacterias acido lácticas. El yogur obtuvo pH de 4,48 y 1,05 % ácido láctico. Se evaluó las propiedades de textura del yogur obteniendo 0,36 N de firmeza, 0,46 mJ de adhesividad y 0,09 N de cohesividad. Finalmente, el yogur obtuvo 1,83 % de fructooligosacáridos, convirtiéndose en una fuente de fibra prebiótica.

Palabras claves: yogur, extracto biotransformado de algarrobo, tumbo, piña, fructooligosacáridos, prebiótico

ABSTRACT

The objective of this research was to elaborate and characterize a fruity yogurt with tumbo *(Passiflora mollisima),* pineapple *(Ananas comosus)* and bio transformed extract of carob *(Prosopis pallida)* with the intention to obtain a prebiotic yogurt. For this we previously prepared a bio transformed extract with carob catalyzer that contained a pectinase enzyme. So, we proceeded to evaluate the physicochemical, microbiological, mineral and carbohydrate contents. With the bio transformed extract of carob used it was elaborated ten formulas with different proportion of yogurt base, tumbo and pineapple jelly and bio transformed extract of carob tree, whichwere subjected to statistical tests such as Kruskas Wallis for color and pH, and ANOVA for the response of taste and general acceptability; a formula with a major acceptability was obtained, so we evaluated its physicochemical, microbiological, content of minerals and carbohydrates properties. The bio transformed extract of carob presented 16,10 % of fructooligosaccharides, a pH of 4,64 and 38 ° Bx, standing out for its content of 899, 462 and 372 mg/kg phosphorus, calcium and magnesium, respectively. Regarding the formulations evaluated, significant differences ($p<0,05$) were found for flavor and general acceptability, being the obtained formulation of 84 % base yogurt, 10 % of bio transformed extract of carob and 6 % of tumbo and pineapple jelly, subject of the highest score in flavor and general acceptability. The yogurt with the highest acceptability had 3,0 % protein and 3,2 % fat. In addition, it stood out for 3846,04; 1255,07; 135,73 mg / kg of calcium, phosphorus, magnesium, respectively. The yogurt presented 7,56 Log CFU/g (3,6 x 107 CFU/g) of lactic acid bacteria. This was of a pH of 4,48 and 1,05% of lactic acid. The texture properties of the evaluated yogurt finally obtained showed a 0,36 N of firmness, 0,46 mJ of adhesiveness and 0,09 N of cohesiveness. So, the produced yogurt was of 1,83 % of fructooligosaccharides, having considered it as a good source of prebiotic fiber.

Key words: yogurt, bio-transformed carob extract, tumbo, pineapple, fructooligosaccharides, prebiotic.

I.INTRODUCCIÓN

I.1 Planteamiento del problema

I.1.1. Enunciado del problema

En la actualidad, la población tiende a buscar nuevas alternativas de consumo, procurando productos naturales que tengan propiedades benéficas a la salud, y no solo sea sensorialmente agradable, sino que tengan aspectos funcionales o que prevenga alguna enfermedad.

Diversos estudios realizados han demostrado que el yogur es una excelente fuente de proteínas, minerales que destacan el calcio, fósforo, magnesio y zinc y de vitaminas como riboflavina, tiamina, vitamina B12, ácido fólico y niacina [1]. Además, el yogur es un alimento saludable que en el mercado se encuentra presentaciones fortificadas que se alinean a la tendencia de consumo de adquirir alimentos con propiedades benéficas para la salud, siendo un alimento de consumo fácil y que se encuentra en toda época del año[2].

Ante esta situación en nuestro país podemos encontrar una gran biodiversidad de recursos, que hoy en día son subutilizados, uno de ellos es el algarrobo una especie nativa que crece de manera silvestre en el norte de nuestro país. Existen diversos estudios realizados en Perú sobre el uso del algarrobo *(Prosopis pallida)* en regiones donde crecen de manera abundante. Sin embargo, los pobladores locales desconocen las vías de la comercialización e industrialización de este recurso. Obviando las posibles mejoras a su economía en el uso sostenible.

El algarrobo *(Prosopis pallida)* presenta un alto contenido de azúcares solubles, principalmente compuesto por sacarosa y una alta cantidad de fibra dietética insolubles, así como también minerales (calcio, magnesio, hierro, zinc).

Otro recurso alimentario, que podría ser empleado es el tumbo un alimento proveniente de la costa y sierra del Perú[3], que se destaca por el contenido de humedad, calorías y carbohidratos, fuente de vitaminas (ácido ascórbico, vitamina A) y minerales (K, Ca, Mg)[4]. Es un producto que presenta características sensoriales dulces y ácidas. En la misma línea, se encuentra a la piña, que es una fruta proveniente de distintas zonas del Perú, se conoce que es una fuente de micronutrientes que ofrecen diversos beneficios para la salud, y como también características sensoriales dulces y ácidas[5] que le brinda atributos únicos que puede ser empleado para frutar un yogur.

I.1.2. Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de las proporciones de los componentes de un yogur frutado de tumbo *(Passiflora mollisima)* y piña *(Ananas comosus)* adicionado con extracto biotransformado de algarrobo *(Prosopis pallida)* sobre el color, sabor, aceptabilidad general y pH?

I.1.3. Justificación del problema

Se evidencia que en el mercado peruano no existe, la comercialización de un yogur frutado con piña y tumbo con extracto biotransformado de algarrobo que sea aceptable sensorialmente y que cuente en su composición fuente prebiótica. La utilización de recursos naturales nativos, permite generar una alternativa sostenible de aprovechamiento, como en el caso del algarrobo, al emplearlo como materia prima para la elaboración de un extracto biotransformado, y al igual que el tumbo y piña, que son utilizados para generar la jalea, que serán empleados como ingredientes del producto.

Asimismo, el empleo de tumbo permite revalorarlo y mostrar una alternativa de uso para la elaboración de una jalea con el objetivo de frutar un yogur, dando por resultado un producto sensorialmente aceptable y nutritivo, que pueda ser una alternativa de transformación y que pueda ser replicado por la comunidad para mejorar su economía. Al igual que la piña, es un producto que aporta propiedades benéficas y características únicas sensoriales, los cuales en su conjunto potencian el yogur.

Por ello, se plantea la elaboración de un yogur frutado con tumbo, piña y extracto biotransformado de algarrobo que sea una fuente potencial, que contenga fructooligosacáridos (FOS). Este FOS sea producido a partir de la biotransformación de los azúcares de la harina de vaina de algarrobo. Siendo el FOS una fibra prebiótica que contribuye al metabolismo y homeostasis del organismo [6], dándole beneficios a la salud y nutrición al consumidor.

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo general

Elaborar y caracterizar un yogur frutado con tumbo (*Passiflora mollisima*) y piña *(Ananas comosus*) adicionado con extracto biotransformado de algarrobo (*Prosopis pallida*).

I.2.2. Objetivos específicos

- Elaborar y caracterizar el extracto biotransformado de algarrobo según las características fisicoquímicas, microbiológicas y contenido de carbohidratos.

- Elaborar y evaluar fórmulas de yogures frutados con tumbo (*Passiflora mollisima*), piña (*Ananas comosus*) y extracto biotransformado de algarrobo (*Prosopis pallida*) según sus características sensoriales y fisicoquímicas.

- Evaluar las características fisicoquímicas, químico proximal, minerales, contenido de carbohidratos y microbiológicas del yogur frutado con tumbo (*Passiflora mollisima*), piña (*Ananas comosus*) y extracto biotransformado de algarrobo (*Prosopis pallida*) de mayor aceptabilidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

II.1. Antecedentes del estudio

Pereira *et al.* (2021)[7], tuvieron como objeto de estudio, verificar aspectos relacionados con las características físicas y sensoriales de formulaciones de yogur skyr adicionado con pulpa de mango, fructooligosacárido (FOS) y edulcorantes naturales. Prepararon ocho formulaciones de yogur mango skyr: cuatro formulaciones sin FOS endulzadas con sacarosa, stevia, taumatina y mezcla de stevia/taumatina; y cuatro formulaciones con FOS endulzadas con los mismos edulcorantes. Se evaluó el color, textura y sinéresis en las formulaciones. La prueba de aceptación y el check-all-that-apply (CATA) se realizaron en 240 panelistas. Se obtuvo como resultados que la adición de pulpa de mango, FOS y edulcorantes tuvo un impacto en la textura y sinéresis del yogur skyr natural, pero no entre las formulaciones elaboradas.

La investigación de Gonzales *et al.* (2011)[8], tuvieron como objeto de estudio determinar el efecto de un prebiótico (fructooligosacárido) o un ingrediente simbiótico (fructooligosacárido y *Lactobacillus ácidophilus*) sobre las propiedades sensoriales y la aceptabilidad del consumidor de yogures bebibles con sabor a melocotón. Utilizaron pruebas de análisis descriptivos y pruebas de consumo en seis bebidas de yogur. Los resultados mostraron diferencias significativas en 8 de los 12 atributos evaluados. Tanto los datos descriptivos como los de consumo indicaron que las diferencias entre las muestras se debían al contenido de grasa por la presencia de simbióticos y prebióticos. Los yogures que contenían el prebiótico no fueron significativamente diferentes de sus controles comparables, lo que indica que se puede agregar un prebiótico sin afectar la aceptación.

Gualdron y Gonzáles (2013)[9], elaboraron un yogur con actividad simbiótica, donde la función probiótica es dada por los microorganismos*, S. thermophilus, L. delbrueckii subsp. Bulgaricus, B. animalis ssp. Lactis* y la función prebiótica, por la oligofructosa. El tiempo de vida útil fue evaluado mediante una prueba acelerada (5 °C, 15 °C y 25 ºC) empleando el modelo de Arrhenius, analizándose como variable la acidez. Además, evaluaron la aceptabilidad del yogur. Teniéndose como resultado un yogur simbiótico estable, cuyas características se mantuvieron durante 31 días, conservando sus características simbióticas.

El-Kholy *et al.* (2020)[10] emplearon componentes prebióticos: inulina extraídos de vegetales, los cuales son evaluados y caracterizados. Estos prebióticos son introducidos en el yogur, evaluándose el crecimiento prebiótico y la viabilidad biótico del yogur. La adición de inulina al 1 % mejoró las propiedades microestructurales, texturales y sensoriales del yogur en comparación con las del control, y este yogur puede considerarse un producto simbiótico funcional porque contiene tanto probióticos (10^6 UFC/g) como prebióticos. La adición de inulina al yogur probiótico mejoró la viabilidad de *S. thermophilus, L. bulgaricus, L. ácidophilus y B. bifidum* durante el almacenamiento. En general, el yogur simbiótico bajo en grasa que contenía un 1% de inulina fue comparable en sus características de rendimiento al control de yogur probiótico con toda la grasa.

Kariyawasam *et al.* (2020) [11] tuvieron como objetivo desarrollar un yogur simbiótico funcional enriquecido con *Lactobacillus sp.* y fructooligosacáridos (FOS). Los yogures se fabricaron utilizando un cultivo iniciador comercial y todos con FOS, se agruparon en 4 grupos y 1 control los cuales contenía diferentes cepas de *Lactobacillus sp*, se almacenaron a 4 °C durante 21 días. Obteniendo como resultado, que la suplementación de probióticos con FOS no tuvo un efecto adverso sobre las propiedades sensoriales. Estos resultados confirmaron que *L. brevis* y FOS podrían usarse en la industria láctea para mejorar los supuestos beneficios para la salud y la calidad de los productos lácteos.

Martins *et al.* (2013)[12], elaboraron un yogur de extracto hidrosoluble de soya suplementado con inulina, el objetivo que presentó él estudio fue evaluar sus características sensoriales y fisicoquímicas. El yogur fue adicionado con extracto hidrosoluble de soya a tres diferentes concentraciones de inulina 0 %, 5 % y 10 % respectivamente. Los resultados mostraron que el yogur con 5 % de adición de inulina tuvieron la mayor aceptabilidad y viscosidad de acuerdo a la literatura. De esta forma, consideraron que el yogur de extracto hidrosoluble de soya enriquecido con 5 % de inulina, es un potencial para la futura producción industrial.

Huaccha, K. (2016)[13], estimó la vida útil sensorial y fisicoquímica del yogur de leche de cabra descremada frutado con lúcuma y extracto de yacón, empleando pruebas aceleradas (5 °C, 15 °C, 25°C). Tuvieron como variables respuestas, las propiedades fisicoquímicas y evaluaciones sensoriales utilizando una escala hedónica de nueve puntos. Concluyendo que la vida útil sensorial estimada es de 4,5 y 9,4 días y la vida útil estimada respecto a la acidez titulable de 39,7 días, donde consideró un rechazo de los consumidores de 25 % y 50 %, respectivamente.

II.2. Marco teórico

II.2.1. Yogur

La palabra yogur es derivado de la palabra turca “jugurt”, a su vez el yogur es una bebida tradicional originaria de los Balcanes y Medio Oriente, sin embargo, su consumo se ha difundido por todas partes del mundo[14].

Según Codex Alimentarius[15], define al yogur: “a partir de una leche fermentada, que es un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición, por medio de la acción de microorganismos adecuados (*Streptococcus thermophilus y Lactobacillus delbrueckii subesp. bulgaricus)* y teniendo como resultado la reducción del pH

con o sin coagulación (precipitación isoeléctrica). Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de microorganismos viables". Además, Khedkar *et al.*[16] detallan que estos cultivos de microorganismos serán viables y activos en el producto durante su tiempo de vida útil.

El yogur se puede fabricar adicionado con o sin suplementos de derivados naturales de la leche (leche descremada en polvo, caseinatos, crema o concentrados de suero), la adición de azúcares (sacarosa, fructosa) y estabilizadores (pectina, almidón, gelatina, alginato) y aumento de los sólidos en la leche mediante la adición de grasas y proteínas para alterar la textura y el sabor[17].

Asimismo, se define al yogur como un fluido no newtoniano, que exhibe un esfuerzo de fluencia, adelgazamiento por cizallamiento, viscoelasticidad y comportamiento de flujo tixotrópico (dependencia del tiempo)[18]. Los fluidos tixotrópicos se caracterizan por una modificación de su estructura al momento de someter un esfuerzo. Asimismo, una vez aplicado un esfuerzo cortante, recupera su viscosidad inicial después de un tiempo[19].

a. Requisitos de calidad

Según lo detallan Correiur y Béal[20] , la calidad del yogur se basa en el origen de las materias primas, el proceso de transformación y el producto terminado. Para ello consideran los siguientes criterios:

- Para el origen de las materias primas se considera a la leche, ingredientes y cultivos, en donde se deba evaluar las propiedades fisicoquímicas de la leche: contenido de grasa, proteína, viscosidad, temperatura, acidez titulable y pH.

- Durante el proceso de transformación, se debe de considerar el control de temperatura en la fermentación, tratamientos térmicos, incubación y

enfriamiento. Asimismo, el control de pH y acidez en los tanques de fermentación y los tiempos que se emplean.

- En el producto terminado, debe de considerar la frecuencia de muestreo que se basa en los diferentes sistemas de producción y sus buenas prácticas de manufactura. Para ello debe de realizarse análisis microbiológicos, que incluya el control de patógenos; respecto los análisis fisicoquímicos, se debe de considerar los parámetros de textura (viscosidad, firmeza, consistencia) y finalmente, los análisis sensoriales, donde se evalúen los atributos de color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general. Estos análisis permiten cumplir el objetivo del tiempo de vida útil.

b. Clasificación del yogur

Se puede clasificar el yogur en función al método de producción y a la estructura física del coágulo, donde podemos encontrar al yogur aflanado y yogur batido[14], las clasificaciones se ilustran en las Figuras 1 y 2. El yogur aflanado se fermenta en un recipiente, que se llena después de la inoculación de la leche y se incuba a una temperatura adecuada, normalmente 40 °C – 43 °C por aproximadamente 2,5 ± 4 h en una sala de fermentación. En cambio, el yogur batido, la leche es inoculada y se incuba en un tanque de fermentación [18].

Las variaciones en las propiedades reológicas del yogur batido pueden deberse a varios factores. Estos pueden ser de una naturaleza física como el contenido de sólidos totales, composición de la leche y tipo de cultivo iniciador, o relacionados con las condiciones de procesamiento, como la homogeneización, pretratamiento térmico de la leche y etapas de posincubación (agitación, bombeo, enfriamiento y envasado) [18].

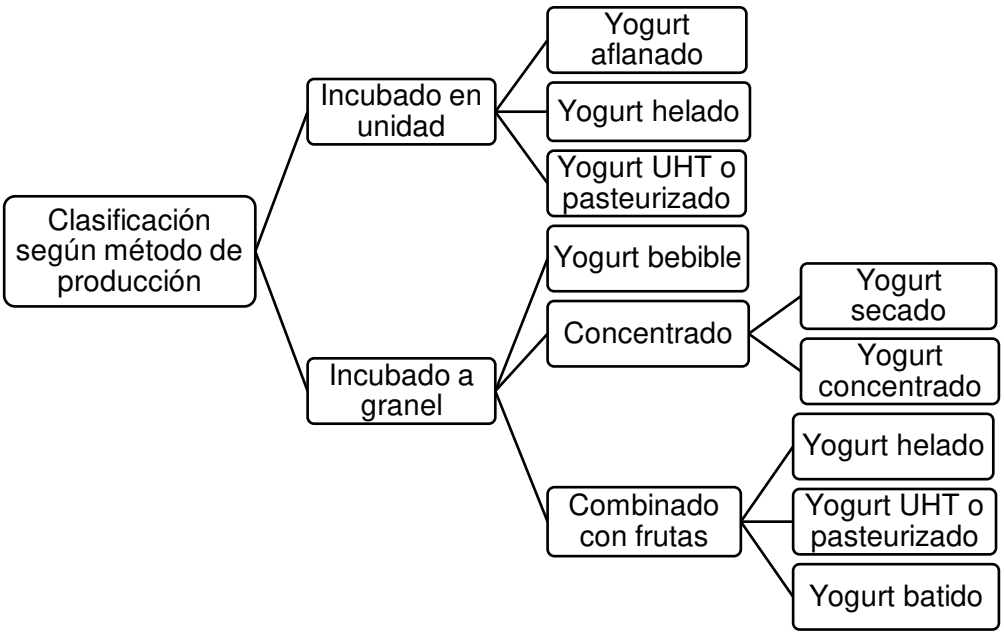

Figura 1. Clasificación según su método de producción
Fuente: Tamime *et al.* [14]

El yogur aflanado es envasado en unidades al por menor inmediatamente después de la inoculación de la base de leche de yogur, seguidamente es incubado y fermentado, y la coagulación se da en el recipiente. El yogur bebible, es principalmente de consistencia líquida antes del envasado. El yogur helado es un yogur congelado como un hielo. Los procedimientos de fabricación de los diferentes tipos de yogur tienen mucho en común, aunque el método de fortificación varía según los sólidos totales y el contenido de proteína[21].

Asimismo, el yogur batido se elabora mediante la incubación de leche de yogur inoculada con iniciador en tanques aislados, tiene una consistencia cremosa, textura suave uniforme y cucharable [21]. Según INDECOPI[22], detalla que el yogur saborizado (frutado y/o aromatizado): “es el yogur cuya composición ha sido modificad mediante la incorporación de ingredientes no lácteos (tales como carbohidratos y no nutricionales, frutas, verduras, jugos, purés, pulpas, preparados y conservadores derivados de los mismos, cereales, miel, chocolate, frutos secos, café, especias y otros alimentos aromatizantes naturales e inocuos) y/o sabores. Los ingredientes no lácteos pueden ser añadidos antes o después de la fermentación”.

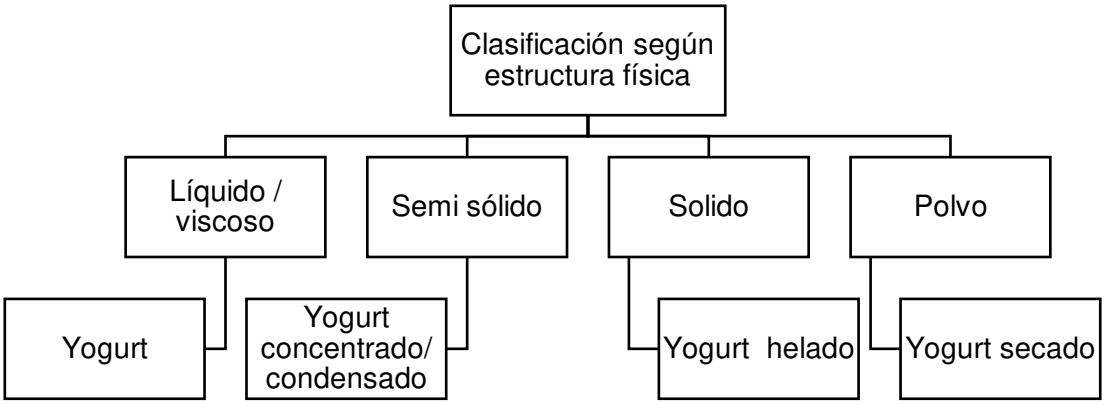

Figura 2. Clasificación según su estructura física
Fuente: Tamime *et al.*[14]

Asimismo en la NTP 202.092[22], menciona que se podría clasificar según el contenido graso. En la Figura 3 se puede apreciar.



Figura 3. Clasificación según contenido graso
Fuente: Instituto Nacional de Defensa del Consumidor (INDECOPI)[22]

c. Características químicas, características sensoriales y aporte nutricional

Según Farnworth[23], detalla que el yogur es más digerible en comparación a la leche, debido a que la lactosa de la leche sufre el proceso de fermentación por las bacterias ácido lácticas, estas bacterias homofermentan la lactosa, produciendo ácido láctico, lo cual se encuentra de 0,7 % a 1,2 %, este ácido láctico, incrementa el movimiento peristáltico en el intestino. En cuanto a las vitaminas, con excepción a la vitamina B, los cambios no son significativos, sin embargo, la leche recibe tratamiento térmico el cual promueve el deterioro

de estas. Caso contrario sucede con los minerales, en donde el yogur es fuente significativa de calcio y fósforo, así como grandes cantidades de potasio, lo cual concuerda con lo señalado por Tamine y Robinson[24].

Además, hay que considerar que el yogur se tiene la tendencia de enriquecerlo cada vez más con frutas y componentes de frutas con el objetivo de mejorar su valor nutricional y sabor[25,26].

Los atributos físicos de los yogures, que incluye: la sinéresis del suero y la viscosidad, son aspectos cruciales de la calidad y la aceptabilidad sensorial por parte del consumidor de yogures. Un entendimiento de los mecanismos en la formación de la textura en los yogures y el impacto de condiciones de procesamiento en el desarrollo de la textura pueden ayudar a mejorar la calidad del yogur. Por ello es importante conocer las propiedades físicas y de estructura que influyen en los atributos de los yogures[17].

Streptococcus thermophilus y *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* son los microorganismos tradicionalmente utilizados para la fabricación de yogures. Estos microorganismos metabolizan la lactosa para producir ácidos orgánicos y carbohidratos simples como glucosa y galactosa. La acidificación es responsable de la textura y el aroma del yogur[27].

d. Uso de prebióticos en el yogur

Un prebiótico es un carbohidrato no digerible que afecta beneficiosamente al huésped al estimular el crecimiento y/o la actividad de una o varias bacterias en el colon o para mejorar su crecimiento y nivel de supervivencia, teniendo un efecto que mejora la salud del huésped[28].

Para considerarse prebióticos, los carbohidratos no digeribles deben cumplir los siguientes criterios: resistencia a la acidez gástrica y a las enzimas de los mamíferos; susceptibilidad a la fermentación por bacterias intestinales y capacidad para mejorar la viabilidad o actividad del microorganismo benéfico [29].

Los prebióticos conocidos comúnmente son la inulina, fructooligosácaridos y galactosacáridos[30], asimismo existen métodos para producir carbohidratos no digeribles (NDC) a partir de fuentes por hidrólisis de polisacáridos, síntesis enzimática y química, podemos encontrar fructooligosacáridos[31], galactooligosacáridos, lactulosa, lactosucrosa, isomaltosa, glycosilsucrosa, maltooligosacaridos, ciclodextrinas, gentiooligosacaridos, oligosacáridos de soya y xilooligosacáridos[28].

Se ha demostrado que los prebióticos tienen efectos significativos en la salud de los seres humanos y existe una mayor posibilidad de incorporar prebióticos en varios tipos de alimentos como el yogur[32,33]. Aunque se está acumulando evidencia para respaldar los beneficios para la salud, se requiere aún más estudios en humanos. En estos estudios se debe utilizar una variedad de técnicas de microbiología molecular y metabolómicas para obtener una mejor comprensión[34].

En esa misma línea estudios, demuestran que los prebióticos promueven el incremento de bifidobacterias y lactobacterias ocasionado el decrecimiento de la población de coliformes, así como otros beneficios que favorecen en el metabolismo óseo, influyendo en la absorción intestinal de calcio[35].

La adición de compuestos prebióticos se considera un enfoque para aumentar la tasa de crecimiento y supervivencia de las bacterias probióticas en los productos alimenticios[36]. La formulación de productos con preparaciones prebiótico y probiótico generan productos simbióticos, son cada vez más empleados. Siendo los prebióticos empleados: inulina, lactulosa y ácido lactobiónico y en el caso de los probióticos, los lactobacilos. Aunque las preparaciones simbióticas se usan cada vez más, los beneficios potenciales para la salud intestinal pueden ser limitados, ya que solo las combinaciones específicas pueden mejorar la supervivencia y el crecimiento de los probióticos [37].

e. Fermentación

La fermentación es un proceso bioquímico en el que por acción de las enzimas se dividen las sustancias orgánicas en sus fragmentos, volviéndolo alimentos más digeribles, estables y sensorialmente agradables. La fermentación se da por acción de levaduras o bacterias durante la etapa de crecimiento de estos microorganismos[38]. En la fermentación, las bacterias iniciadoras son las bacterias ácido lácticas (BAL) son gram positivas, con tolerancia a la ácido y tolerantes al oxígeno, no formadores de esporas, que emplean como sustratos los carbohidratos, ácidos grasos, proteínas, vitaminas y minerales[39].

En fermentación, la lactosa es el sustrato principal, que se convierte en ácido láctico promoviendo la disminución del pH. Es así, que las caseínas y acilgliceroles son modificados promoviendo la generación de compuestos de sabor y sustancias bioactivas. Lo que se refleja en que la viscosidad aumente, presentándose como precipitación de la caseína[39]. Los cambios de la textura del yogur se basan por el contenido de ácido orgánico y tasa de producción de ácido, ya que, al disminuir el pH, la caseína llega a su punto isoeléctrico, cambiando su estado físico de líquido y comienza a gelificar[40]. Además, la temperatura de incubación es un factor que tiene una alta influencia en la viscosidad aparente del yogur[41].

Según Settachaimgkon[42] determina que en la fermentación existe tres conversiones bioquímicas principalmente: “la fermentación de lactosa en ácido láctico, hidrólisis de caseínas hacia péptidos y aminoácidos y lipólisis de la grasa láctea, como resultado se tiene la reducción de pH, desarrollo de una textura gelificante y aromas específicos”. En la Figura 4, podemos ver las conversiones.

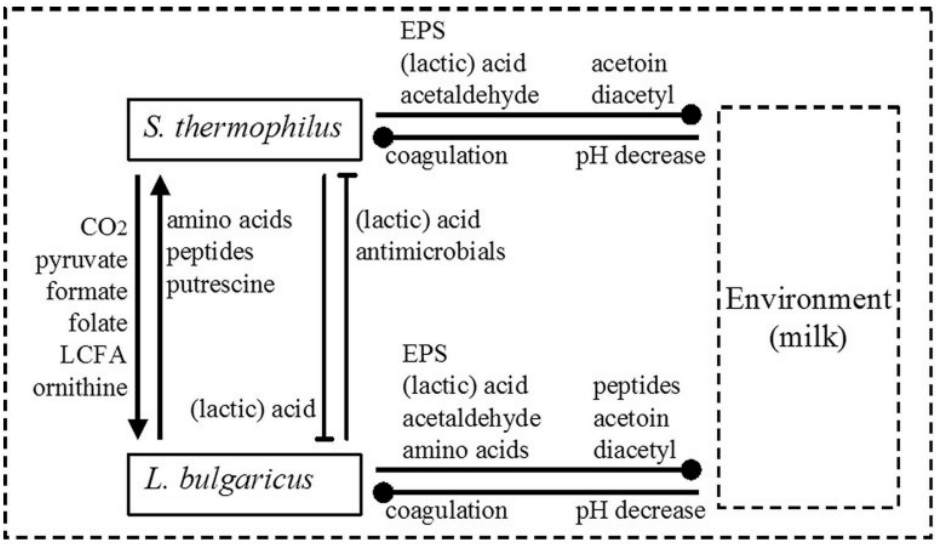

Figura 4. Representación esquemática de las interacciones que ocurren entre *S. thermophilus y Lactobaciillus delbreckii subsp. Bulgaricus* y su entorno

Fuente: Sieuwerts *et al.*[43]

II.2.2. Algarrobo *"Prosopis pallida"*

Las especies de *Prosopis* son leguminosas arbóreas o arbustivas. Estas especies, destacan porque sus frutos son legumbres con un contenido alto de proteínas y carbohidratos, variando su color, tamaño y composición química, según la especie[44]. Hay 44 especies, tres de ellas son nativas de Asia, una de África y todas las demás de América. En zonas del norte del País que abarca, Lambayeque, Piura y Tumbes [45]. Utilizándose, mayormente, su fruto, la vaina de algarrobo.

a. Estructura de vainas de algarrobo

El fruto del algarrobo se constituye por una vaina alargada de color verde, que al madurar se tornará amarillo pardo. Es multiseminada, encorvada e indehiscente; su tamaño, forma, espesor y peso es variado[46].

Los frutos son vainas rectas o algo curvadas, con un largo de 16 a 28 cm, ancho de 1,4 a 1,8 cm y espesor de 0,6 a 1,0 cm, presentan un color amarillo pardo, de bordes paralelos y pulpa dulce. En la vaina, se encuentran 16 a 28 semillas, que son de forma ovoidal, con un largo de 6 a 7 mm, ancho de 3 a 4

mm y de color pardo[47]. En la Figura 5, se aprecia las cuatro secciones de la vaina:

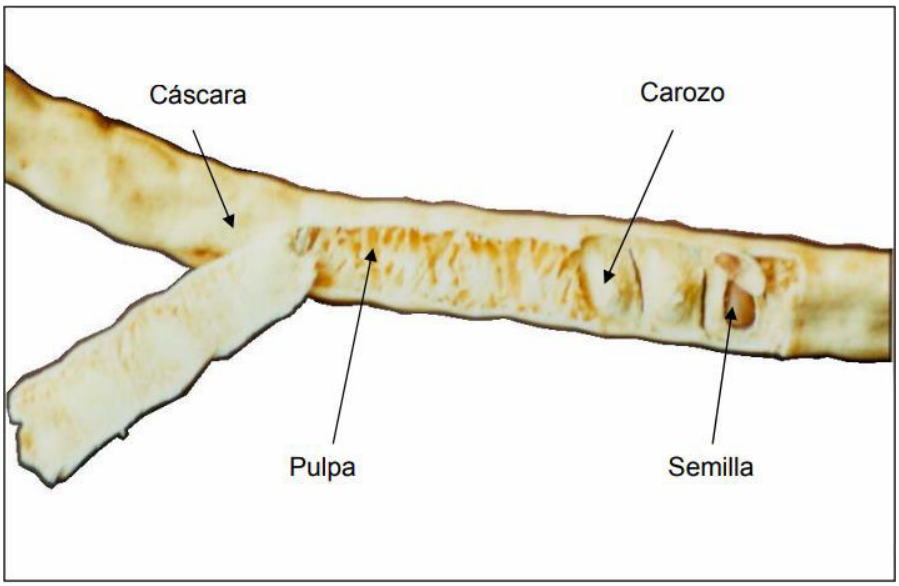

Figura 5. Secciones de una vaina de algarroba
Fuente: Basilio Prokopiuk[48]

Podemos encontrar que el exocarpio y mesocarpio constituyen el 56 %, el endocarpio 35 % y la semilla 9 %[49].

b. Composición química

La vaina entera tiene 11 % a 17 % de proteína y 13 % a 34 % de azúcar, en la semilla contiene la proteína concentrada 26 a 37 % y el azúcar, que es principalmente sacarosa, reside en el pericarpio de la vaina[50].

Asimismo, Cruz[51] detalla que la pulpa se compone de exocarpo y meso carpo. En la Tabla 1, se precisa la composición nutricional de la pulpa y del corozo, es importante mencionar que el corozo contendrá la semilla, que se empleará para posterior uso en la harina.

Tabla 1. Composición nutricional de pulpa y corozo

Componente	Pulpa	Corozo
	g / 100 g de base seca	g / 100 g de base seca
Proteína (N x 6,38)	8,11	4,00
Grasa	0,77	1,30
Cenizas	3,60	3,30
Sacarosa	46,35	-
Azúcares reductores	2,14	-
Fibra dietética insoluble	30,60	88,9
Fibra dietética soluble	1,62	3,43

Fuente: Cruz *et al.*[51]

Asimismo, Sciammaro *et al.*[52] estudiaron las harinas de vaina entera, pulpa y semillas. El contenido de proteína se encuentra en mayor proporción en la harina de vaina entera (5,81 %) que en harina de pulpa (3,52 %), mientras que la semilla (33,6 %). Las harinas de *Prosopis* presentan un alto contenido de azúcares solubles, principalmente compuesto por sacarosa y una alta cantidad de fibra dietética insolubles. El principal mineral hallado es el potasio. La vaina, debido al aporte de semillas, presenta alto contenido de calcio, magnesio, hierro y zinc, todos ellos minerales indispensables para la nutrición humana[52,53].

La harina se obtiene a partir de la reducción de tamaño de las vainas, que puede emplearse la operación de molienda, y utilizando tamices con el objetivo de tener una partícula con un tamaño menor a 0,15 mm[54].

c. Productos relacionados a la algarroba

Al ser los azúcares naturales, los componentes mayoritarios en la algarroba serán empleados sus derivados a partir de este componente, por ello el uso tradicional es la harina de algarroba y algarrobina. La algarrobina es un

extracto natural obtenido de la algarroba, con las características fisicoquímicas de tener un contenido de sólidos solubles totales entre 75 °Bx a 80 °Bx, pH de 4,0 a 5,5, con una concentración de azúcares totales de 40 % a 65 %, además, es de color marrón oscuro y brillante[55]. Su uso común mayoritariamente se da como saborizante de jugos e ingrediente de cóctel[47].

II.2.3. Fructooligosacáridos (FOS) como fibra prebiótica

Los prebióticos como el fructooligosacárido (FOS) pueden mejorar las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas de este producto y agregar beneficios para la salud[56].

Los componentes prebióticos más estudiados son los fructanos donde encontraremos a la inulina, los fructooligosacáridos (FOS) y el levano. Donde la inulina es una molécula donde sus enlaces entre fructosas son β (2→1). El levano se define como un material donde sus enlaces se da entre fructosas son β (2→6). Los fructooligosacáridos (FOS) se definen por un bajo grado de polimerización (3 a 5) y se caracterizan por contener enlaces tipo inulina, tipo levano o ambos, y se definen por un bajo grado de polimerización[57].

Es importante señalar que el grado de polimerización de los FOS de origen vegetal va a depender de diferentes factores, tales como: el clima, especie vegetal y las condiciones de crecimiento, grado de madurez y las condiciones de poscosecha[58].

La diferencia estructural entre la inulina y el FOS se ve reflejado en su funcionalidad, ya que la inulina tiene una cadena más larga por lo que lo vuelve menos soluble en comparación al FOS, a su vez es capaz de formar geles a través de pequeños cristalitos y no se percibe como dulce, mientras que los fructooligosacáridos son más solubles, tienen un sabor dulce y se emplea como reemplazo del azúcar, ambas tienen propiedades prebióticas[59], en la Figura 6 se observa las diferencias de estructuras químicas entre inulina y FOS.

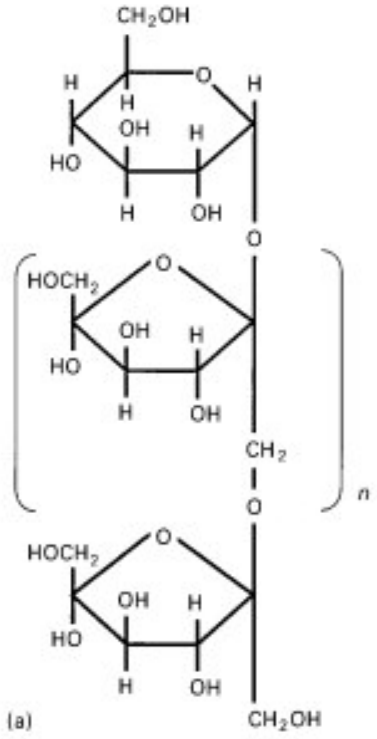

Figura 6. Estructura de algunos carbohidratos de baja digestibilidad. Fructooligosacáridos: inulina, n= 2 ± 60; oligofructosa, n= 2 ± 20
Fuente: Murphy[60]

a. Composición química

Los fructooligosacáridos (FOS), también llamados oligofructosas u oligofructanos, se les conoce a los oligosacáridos con enlaces glucosídicos β (2→1) fructosil-fructosa[61]. Los FOS pueden presentar un grado de polimerización (DP) de 2 a 10 y generalmente se denominan Fn o GFn (G se refiere a la unidad terminal de glucosa, F se refiere a las unidades de fructosa y n designa el número de unidades de fructosa en la cadena de fructanos)[62].

La presencia de enlaces glucosídicos β (2 → 1) fructosil-fructosa dota a los FOS de propiedades fisicoquímicas y fisiológicas únicas, lo que los hace resistentes a la hidrólisis por enzimas digestivas del tracto gastrointestinal superior humano[62].

Los FOS de cadena corta son una mezcla de oligosacáridos que contiene glucosa unida a fructosas, los enlaces son β (2-1), los cuales se evidencian en la Figura 7. La kestosa se compone por la adición de fructosa a una de

sacarosa y la nistosa se forma por la adición de fructosa y fructofuranosil-nistosa se da por agregar otra molécula de fructosa[63].

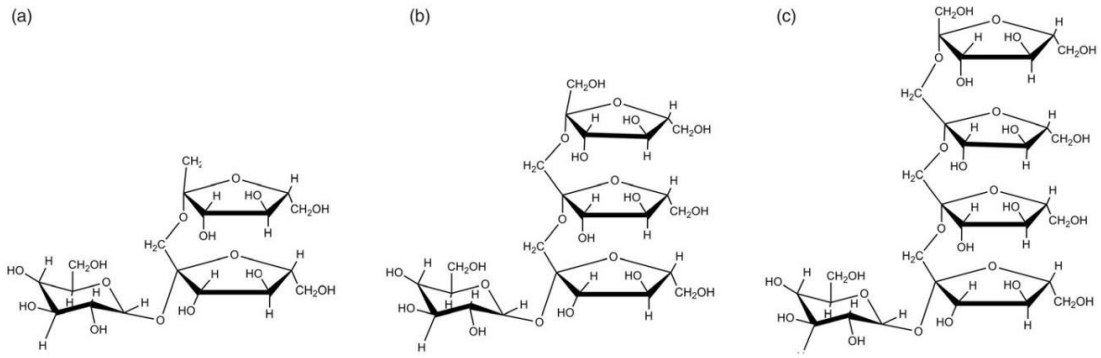

Figura 7. Estructura química de fructooligosácaridos.
(a) 1 -Kestosa (b) nystosa (c) 1- fructofuranosyl-nystosa
Fuente: Flores-Maltos *et al*[64]

Oligofructosa es la definición estricta de oligosacáridos obtenidos naturalmente y además se puede generar a partir de síntesis enzimática (transfructosilación) usando sacarosa como sustrato obteniendo una mezcla de cadenas de fructosilo (máximo de 5 unidades), con glucosa terminal y fructosa FOS de cadena corta[65].

b. Propiedades fisicoquímicas

Se reporta que la estabilidad de los FOS se debe al pH, la matriz alimentaria, el GP de los oligosacáridos y del tratamiento térmico. En condiciones muy ácidas, los enlaces β (2-1) entre las unidades de fructosa pueden hidrolizarse parcialmente[66]. En la misma línea, Charalampopoulos *et al.*[67] detallan que el FOS presenta menos estabilidad en comparación a otros oligosacáridos en condiciones de pH ácido y alta temperatura, siendo la combinación de los dos más letal para su estabilidad. Sin embargo, los FOS presentan estabilidad de pH de 4,0 a 7,0 y a temperaturas de refrigeración [68].

Los oligosacáridos también son empleados para modificar la temperatura en las operaciones de congelación de alimentos y para prevenir la fuerza del pardeamiento debido a la reacción de Maillard en alimentos procesados térmicamente [68].

También proporcionan una alta actividad de retención de humedad que evita el secado excesivo[69]. Los FOS son fáciles de captar humedad, siendo higroscópicos y si realizamos una comparación con la sacarosa presenta mayor capacidad de retención de agua, pero sin comparamos con el sorbitol, su capacidad es semejante[70].

Se ha estimado que el valor energético de los carbohidratos no digeribles (NDO) como fructooligosacáridos, galactooligosacáridos y lactulosa es de 1,0 a 2,0 kcal/g. Esto es aproximadamente del 40 al 50 % de los carbohidratos digeribles como la sacarosa[71].

c. Efecto prebiótico

Por lo tanto, FOS se clasificó como "oligosacáridos no digeribles" que se distinguen de otros carbohidratos por sus efectos prebióticos en la comunidad microbiana. Ellos presentan importantes propiedades fisiológicas beneficiosas para la salud del consumidor, y estas sustancias fueron ampliamente utilizadas como ingredientes alimentarios[72].

Los fructooligosacáridos (FOS) son azúcares no calóricos y no convencionales que no son metabolizados por el cuerpo humano, pero que pueden ser fermentados por el microbiota del colon, lo que produce algunos efectos benéficos en la absorción del calcio, hierro y magnesio[73].

d. Fuente

Naturalmente, los FOS están presentes en diferentes materias primas ricas en inulina como la achicoria, beterraga, alcachofa de Jerusalén, dalia, aguamiel, espárragos, agave, entre otros. Estos pueden producirse mediante tres métodos: extracción de materias primas ricas en inulina, producción enzimática a partir de inulina por endoinulinasas[74,75] y transfructosilación de sacarosa por β-fructofuranosidasas[76,77]. En este sentido, diversos autores emplean el jarabe de azúcar y melaza como fuente de FOS[78].

Lo podemos encontrar en las plantas, en hojas, frutos y rizomas que sirven como reserva de carbohidratos. Los FOS se pueden preparar mediante extracción con agua caliente y extracción asistida por ultrasonido de plantas, frutas y vegetales (*Cichorium intybus, Arctium lappa y Allium cepa, Prosopis pallida*), posiblemente seguidos de degradación química o hidrólisis enzimática, o sintetizados enzimáticamente (transglicosilación) de la enzima β-fructosidasa) a partir de sacarosa[79].

II.2.4. Frutas empleadas

a. Tumbo

El tumbo serrano *Passiflora mollisima*, es una especie originaria de los valles serranos de los andes, entre los 2000 a 3500 m.s.n.m[80]. El fruto es una baya de color crema o amarillento en la madurez, suave al tacto oblongo, en donde la pulpa es acida y de color salmón[81]. Asimismo, el largo del fruto está entre 6,92 a 9,35 cm, un diámetro de 4,11 a 4,13 cm, peso del fruto de 59,48 g a 81,52 g, donde la cáscara representa entre el 24,07 % a 27,44 % y la pulpa más semilla el 68,46 % a 72,70 %[82]. Entre las características fisicoquímicas se destaca que el pH se encuentra en 3,28 a 3,35[82] y los sólidos solubles de 11,5 °Bx a 12 °Bx[83].

Chaparro *et al.*[84] muestran el valor nutricional del tumbo (*Passiflora mollisima*), con base a las características nutricionales y antioxidantes. Describen que el tumbo es fuente de vitaminas A y C; y de minerales como: potasio, fósforo, magnesio, hierro. Según Encinas y Carpio[83], presenta humedad 87,32 %, cenizas 0,88 %, entre otros componentes, asimismo, detallan que en la pulpa de tumbo el contenido de ácido ascórbico, carotenoides totales y compuestos fenólicos son los responsables de la actividad antioxidante.

Además, el tumbo actualmente es consumido como jugos, néctares, jaleas, helados naturales y licores[85]. Lo que una alternativa de uso sería en yogures, ya que cuenta con propiedades singulares que lo hacen atractivas sensorialmente y nutricionalmente, y así potencializar su consumo.

b. Piña

La piña *(Ananas comosus)* es una fruta tropical apreciada por su aroma y sabor dulce. Además, que es una fuente de minerales y vitaminas que ofrecen beneficios para la salud[86]. En el Perú, se comercializa distintas variedades, algunas de estas son: Samba de Chanchamayo, Hawaiana, Cayena Lisa y Golden[87]. La piña es reconocida por su excelente sabor. En esa misma línea, el alto consumo de esta fruta se debe a su pulpa jugosa, deliciosa y aromática que se debe a una mezcla de sabor dulce y ácido, y además el color puede variar de cremoso blanco a amarillo[88]. En donde la cáscara representa el 30 %, el tallo representa el 7 %, la corona representa el 13 % y la pulpa representa el 50 %[89].

Se destaca que la piña aporta un bajo contenido calórico, lo que en 100 g de pulpa aporta 50 calorías[90]. A su vez se destaca el contenido de minerales como calcio, potasio, entre otros. Entre las características fisicoquímicas se destaca que el pH se encuentra en 3,50 a 4,24[91] y los sólidos solubles de 12 ° a 20 °Bx[92].

La piña en su composición tiene compuestos fenólicos (ácido gálico, ácido cumárico, ácido clorogénico, epicatequina y arbutina), ácido ascórbico, caretonoides [93] lo cual le da la actividad antioxidante[94]. Asimismo, presenta una proteasa activa llamada bromelina que tiene actividades biológicas, que incluyen la actividad antiinflamatoria, antioxidante, anticancerígena y agente cardioprotector[95].

El uso de la piña se busca introducir en productos tradicionales como jugos, gelatina[96], néctares y bebidas en general [97] y que pueda brindar y aprovechar todas las características nutricionales del producto.

II.2.5. Diseño de Bloques Completamente al azar (DBCA)

Cuando la fuente de variabilidad es conocida y posible de controlar, se emplea la técnica de formación de bloques para eliminar su efecto sobre las

comparaciones estadísticas entre los tratamientos[98]. Éstos tienen la particularidad para permitir estudiar de forma correcta y eficaz el factor tratamiento[99]. Se emplea este diseño cuando se puede agrupar las unidades experimentales en un bloque sea tan uniformes, de modo que las diferencias observadas se deben en gran parte a los tratamientos[100].

En un DBCA presenta tres fuentes de variación: tratamientos, bloque y el error aleatorio, es decir, se tienen tres posibles "culpables" de la variabilidad presente en los datos. El empleo de diseños de bloques completos hace referencia a que se realiza las pruebas a todos los tratamientos, y a esto se le conoce cuando los bloques están completos[99]. Para lograr que el error sea más pequeño, substrayendo la variabilidad, se emplea evaluaciones en los alimentos[101]. A su vez, el diseño de bloques completamente al azar, se emplea en la evaluación sensorial, ya que cada panelista o juez (factor bloque) califica cada muestra o tratamiento, por lo que sería bloques completos[102].

a. Modelo estadístico de un DBCA

Cuando se emplea un DBCA, se tiene que considerar que el diseño se sustenta en la siguiente ecuación que representa el modelo estadístico[98]:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$
$$i = 1,2,..b \qquad j = 1,2,....a$$

Donde: Y_{ij}: $respuestas\ del\ j-$ ésimo $tratamento\ para\ el\ i-esimo\ bloque$,
μ: $media\ poblacional$, β_i: $Efecto\ del\ bloque\ i\ en\ la\ respuesta$,
τ_j: $Efecto\ del\ \ tratamiento\ i-$ ésimo $en\ a\ respuesta$,
ε_{ij}: $error\ experimental\ asociado\ a\ la\ observación\ Y_{ij}$

III.HIPÓTESIS Y VARIABLES

III.1. Hipótesis general

Si se determina la proporción de yogur frutado con tumbo *(Passiflora mollisima)* y piña *(Ananas comosus)* con extracto biotransformado de algarrobo *(Prosopis pallida)* se obtendrá un producto alimentario con un buen color, sabor, aceptabilidad general y pH.

III.2. Variables

a. Variables independientes

Formulaciones de yogures con diferentes proporciones de yogur base, jalea de tumbo *(Passiflora mollisima)* y piña *(Ananas comosus)* y extracto biotransformado de algarrobo *(Prosopis pallida)*

b. Variables dependientes

Atributo sensorial color
Atributo sensorial sabor
Atributo sensorial aceptabilidad general
pH

IV.MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Área de estudio

Los experimentos fueron realizados en los Laboratorios de Bioquímica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

IV.2. Diseño de investigación

La presente investigación será estudio tipo:

- Experimental, porque será seleccionado, siguiendo un modelo, la variable independiente proporción de los ingredientes del yogur frutado se manipulará para provocar cambios esperados en las variables dependientes: color, sabor, aceptabilidad general y pH.

- Aplicado, porque el propósito es resolver un problema de naturaleza práctica, buscando aprovechar el extracto biotransformado de algarrobo *(Prosopis pallida)* y jalea de tumbo *(Passiflora mollisima)* y piña *(Ananas comosus)* siendo una alternativa de su uso.

- Cuantitativa, porque en la investigación se utilizará escalas cuantitativas para la elección de la formulación con mayor aceptabilidad, mediante un análisis estadístico.

IV.3. Población y muestra

Las diez formulaciones de yogur con diferentes proporciones de yogur base, jalea de tumbo *(Passiflora mollisima*) y piña *(Ananas comosus)* y extracto biotransformado de algarrobo *(Prosopis pallida).*

IV.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información

IV.4.1. Materias primas e insumos

IV.4.1.1. Materias primas

- Leche UHT marca Laive
- Vainas de algarrobo *"Prosopis pallida"*
- Tumbo serrano *"Passiflora mollisima"*
- Piña golden *"Ananas comosus"*

IV.4.1.2. Insumos

- Leche en polvo descremada (LPD), marca Anchor
- Azúcar blanca refinada, marca Paramonga

IV.4.1.3. Materiales biológicos

- Cultivo láctico para yogur de *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* y *S. salivarius subsp. Thermophilus,* marca Vivolac
- Enzima Pectinasa de *Aspergillus aculeatus,* marca Sigma-Aldrich

IV.4.2. Materiales, equipos

IV.4.2.1. Materiales

- Vaso de precipitación 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL
- Envases de vidrio con tapas 0,5 L y 1 L
- Probeta de plástico 1 L
- Tubos de centrífuga de 15 mL
- Recipientes con tapas 2 L, 5 L y 7 L
- Ollas de acero inoxidable con capacidad 3 L y 5 L
- Cucharas medidoras
- Embudo
- Espátulas
- Colador
- Botellas de polietileno de alta densidad, capacidad de 0,5 kg

IV.4.2.2. Equipos

- Potenciómetro, marca Hanna, modelo HI 98103
- Refractómetro pocket, marca Atago, modelo PAL-S
- Balanza analítica, marca Henkel, modelo BQ - 200
- Balanza de precisión, marca Giardino, modelo WTG6002N
- Centrífuga, marca Biolab, modelo TDL-24
- Baño de agua termostático con agitación, marca Biobase, modelo SWB -C
- Licuadora industrial de acero inoxidable de capacidad de 7 kg
- Licuadora, marca Oster capacidad 2 Litros
- Tamiz mallas N°6, 10, 100
- Agitador magnético, marca Stuart
- Refrigerador, marca LG
- Congelador, marca Mabe
- Cocina doméstica
- Termómetro digital, marca Boeco, modelo TP - 101
- Cronómetro digital, marca Casio, modelo HS-3-1

IV.4.3. Métodos de análisis

IV.4.3.1. Determinación de pH

Se evaluó pH según el método de potenciometría AOAC 981.12: 2016 en el extracto biotransformado de algarrobo y yogur con mayor aceptabilidad.

IV.4.3.2. Determinación de acidez titulable

Se evaluó la acidez titulable empleando el método volumétrico según NTP 202.116: 2008 revisión 2018 en el yogur con mayor aceptabilidad.

IV.4.3.3. Determinación de sólidos solubles totales

Se evaluó los sólidos solubles totales empleando el método refractométrico según AOAC 931:12: 2005 en el extracto biotransformado de algarrobo.

IV.4.3.4. Determinación de actividad de agua (Aw)

Se evaluó la actividad de agua según el método AOAC 978.18: 2005 en el extracto biotransformado de algarrobo.

IV.4.3.5. Análisis químico proximal

Se realizó el análisis en la harina de algarrobo que se basó en la determinación: contenido de humedad (NTP 206.011:2018), proteína (AOAC 920.87: 2019), grasa (AOAC 922.06: 2019), carbohidratos (Collazos, 1993) y cenizas (AOAC 923.03: 2019).

De igual manera, en el análisis químico proximal del yogur con mayor aceptabilidad se basó en la determinación: contenido de humedad (FIL-IDF 151: 1991), proteína (NTP 202.119: 1998 revisión 2014), grasa (FIL-IDF 116 A: 1987), carbohidratos (Collazos, 1993), fibra cruda (NTP 205.003:1980 revisión 2011) y cenizas (AOAC 945.46: 2019).

IV.4.3.6. Análisis de minerales

Los minerales que se evaluaron fueron: calcio (AOAC 975.03: 2019), hierro (AOAC 975.03: 2019), magnesio (AOAC 975.03: 2019), zinc (AOAC 974.27: 2019) y fósforo (AOAC 970.39: 2016) en el extracto biotransformado de algarrobo y al yogur con mayor aceptabilidad.

IV.4.3.7. Determinación de contenido de carbohidratos

Se realizó la determinación de contenido de carbohidratos en el extracto acuoso o crudo de algarrobo, en el extracto biotransformado de algarrobo y yogur con mayor aceptabilidad; para ello se empleó la metodología adaptada de Jaime *et al.*[103], que se basa en el tratamiento enzimático de inulinasa. La solución de inulinasa fue agregada a una porción de la muestra (0,9 mL). La solución se mezcló y se incubó a 57,5 °C durante 30 min. El método HPLC se basó en usar una columna Aminex HPX- 42C (intercambiador iónico catiónico, 0,78 x 30 cm, Bio- Rad, Hercules, CA) combinado con detección por índice de refracción (IR 410). La temperatura de la columna fue mantenida a 85 °C y el solvente fue agua mil-Q, con un flujo de 0,5 mL/min a aproximadamente 52 bars.

Para la determinación de fructosa, glucosa y sacarosa en el extracto crudo o acuoso de algarrobo, en el extracto biotransformado de algarrobo y yogur con mayor aceptabilidad; se empleó la metodología adaptada de Campos *et al.*[104] fue analizado empleado un módulo de separación Water 2695 (Waters, Milford, MA) con un autoinyector, combinado con detección por índice de refracción (IR 410). Se utilizaron una columna de análisis de carbohidratos (10 µm, 300 x 3,9 mm) y una columna de protección de carbohidratos HP (4 µm, 3,9 mm x 20 mm). La fase móvil estaba compuesta de acetonitrilo: agua (75:25, v/v) a un caudal de 1,0 mL/min. La muestra fue filtrada con la ayuda de un filtro Milipore de 0,22 µm, tipo GV (Milipore) antes de la inyección por HPLC. Se aplicó 20 µL y corrió durante 35 min a 30 °C.

Los resultados fueron analizados con el programa BioCrom. La interpretación y la cuantificación se realizaron comparando los tiempos de retención y la concentración de las soluciones de estándares. Se preparó los estándares de sacarosa, glucosa, fructosa y fructooligosacáridos a concentración de 0, 0,5, 1, 2, 4, 6, 8 y 10 mg/mL.

IV.4.3.8. Análisis microbiológico

Se realizaron los análisis microbiológicos en función a los indicadores que señala la RM 491-MINSA[105], para el extracto biotransformado de algarrobo se emplearon los siguientes métodos: aerobios mesófilos (AOAC 990.12), coliformes (AOAC 991.14), *enterobacteraceae* (AOAC 2003.01-2006), mohos (AOAC 2014.05-2014) y levaduras (AOAC 2014.05-2014).

A su vez para el yogur con mayor aceptabilidad se emplearon los siguientes métodos: coliformes (ICMSF), mohos (ICMSF), levaduras (ICMSF) y bacterias ácido lácticas (APHA/CMMEF). Los resultados fueron reportados en logaritmo. En las Tabla 2 y 3, se encuentran los indicadores microbiológicos establecidos por la Norma sanitaria, del ítem I.5. Leches fermentadas y acidificadas (yogur, leche cultivada, cuajada, otros), y los microorganismos de identidad:

Tabla 2. Criterios microbiológicos según Norma sanitaria

					Límite por g	
Agente microbiano	**Categoría**	**Clase**	**n**	**c**	**m**	**M**
Coliformes	5	3	5	2	10	10^2
Mohos	2	3	5	2	10	10^2
Levaduras	2	3	5	2	10	10^2

Fuente: Ministerio de Salud (2008)[105]

Tabla 3. Criterios de microorganismos de identidad

Agente microbiano	**Unidad**	**Recuento**
Bacterias lácticas totales	UFC / g	$< 10^7$
Microorganismos etiquetados (*)	UFC / g	$< 10^6$

(*) Aplica cuando en el etiquetado se realiza una declaración de contenido que se refiere a la presencia de un microorganismo específico que ha sido agregado a parte de *Lactobacilus delbruckei subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus*

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2017)[106]

IV.4.3.9. Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial, los panelistas no entrenados, se eligieron a personas que son consumidores de esta categoría de alimentos. Los panelistas tuvieron un rango de edad de 20 a 30 años y estuvo conformado por ambos sexos. Además, a los panelistas no entrenados se le realizó una inducción previa sobre el objetivo de la evaluación y de los criterios a evaluarse del producto y se les entregó un formato de consentimiento informado, para posteriormente seguir con las evaluaciones.

Fueron evaluadas las diez formulaciones de yogur con diferentes proporciones de yogur base, jalea de tumbo y piña y extracto biotransformado de algarrobo. Las muestras fueron evaluadas a las 72 horas de haberse elaborado y fueron conservadas en refrigeración. Las muestras fueron evaluadas en los siguientes horarios de 11 a 12 horas y de 17 a 18 horas. La cantidad entregada de producto a los panelistas fue 50 mL y a refrigeración. Asimismo, entre cada muestra, se le brindó agua como borrador. Fue realizado en dos sesiones.

Se empleó una prueba de aceptabilidad evaluando el color, sabor y aceptabilidad general con escala hedónica estructurada de 7 puntos con 40 panelistas no entrenados siguiendo la metodología de Lim *et al.*[107] . Asimismo, se define la escala en la Tabla 4, y a su vez se consideró desde el puntaje 5, como aceptable.

Tabla 4. Tabla de puntación de escala hedónica

Valor	Escala
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta ligeramente
4	No me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

IV.4.3.10. Análisis de sinéresis

Se analizó la sinéresis en el yogur con mayor aceptabilidad, según lo indicado por Keogh *et al.*[108], la sinéresis se calculó mediante el volumen de líquido que exude el yogur, este se evaluó por centrifugación. Se pesó 10 gramos de la formulación en tubos de centrífuga a una temperatura de 4 °C. Se centrifugó a 5000 RPM por 10 minutos. El peso del sobrenadante se utilizó para el cálculo del porcentaje de sinéresis empleando la siguiente ecuación:

$$Sinéresis = \frac{Peso\ del\ sobrenadante}{Peso\ de\ la\ muestra} x\ 100$$

IV.4.3.11. Análisis de perfil de textura

El perfil de textura según lo indicado por Mudgil *et al.*[109] fue empleado en el análisis del yogur con mayor aceptabilidad, fueron determinados dos parámetros, firmeza, adhesividad y cohesividad, empleando el analizador de textura (*Brook-field texture analyzer* – CT III, USA) conectado con una celda de carga de 1,5 kg. Para la prueba de compresión se colocó la muestra de yogur en un vaso de 500 mL (longitud 25 mm, ancho 25 mm y altura 35 mm) fue determinado usando TA4/100 (38,1 mm con borde redondeado cilíndrico, 20 mm de largo sonda cilíndrica) con una velocidad de prueba de 1 mm/s y 10,0 mm de distancia objetivo y 10 g de carga de activación.

IV.4.4. Esquema experimental

IV.4.4.1. Etapa 1. Obtención de extracto biotransformado de algarrobo

En esta etapa se empleó la metodología de Peña- Suasnabar[6], para la obtención de extracto biotransformado partiendo de la harina de algarrobo. La cual consta de tres etapas preparación de harina de algarroba, obtención del extracto acuoso y producción de fructooligosacáridos.

a. Preparación de harina de algarrobo

Para la elaboración de la harina, se tuvo como materia prima las vainas de algarrobo, las cuales se sometieron a las siguientes etapas, que se representa el diagrama (Figura 8):

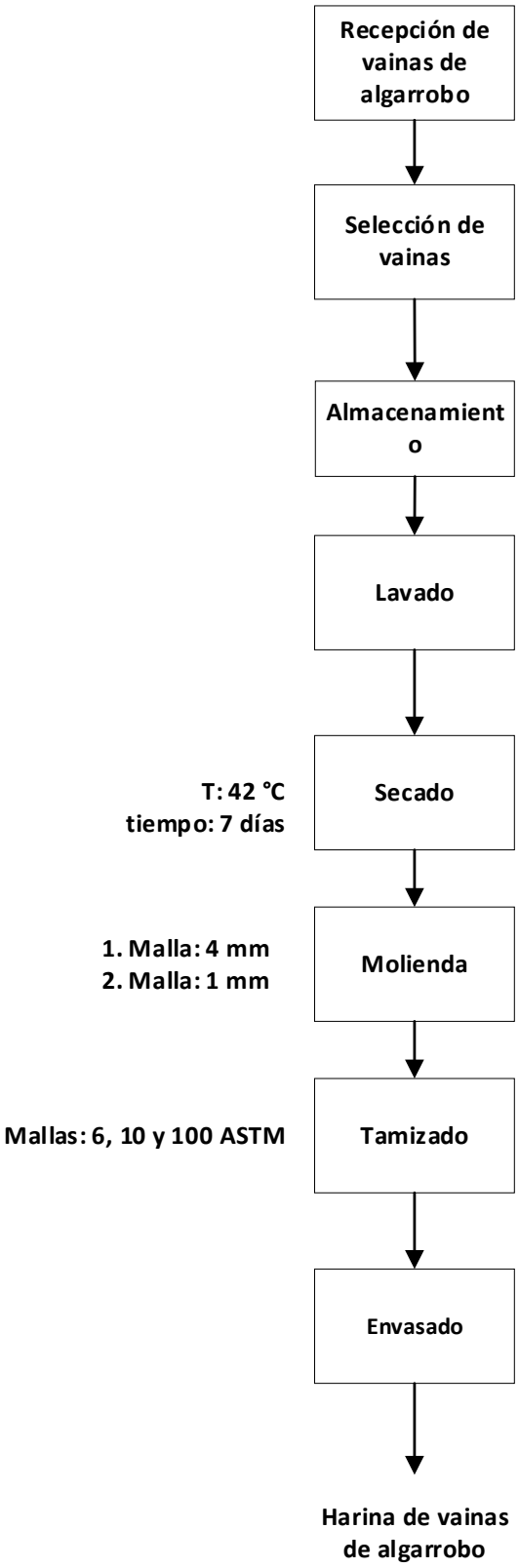

Figura 8. Diagrama de flujo de obtención de harina de algarrobo

Descripción de proceso de obtención de harina de vainas de algarrobo

- **Recepción**

Se empleó accesiones de algarrobo procedente del distrito de Catacaos, Piura

- **Selección**

Se realizó la separación de aquellas vainas de algarrobo que se encuentren deterioradas.

- **Almacenamiento**

Luego de seleccionarse, se sometió a un proceso de secado al sol a las vainas de algarrobo. Se almacenó a temperatura ambiente y fresco.

- **Lavado**

Las vainas de algarrobo fueron lavadas con agua destilada para retirar las impurezas.

- **Secado**

Las vainas de algarrobo se secaron en una estufa de bandejas a 42 °C por 7 días, teniendo como objetivo la disminución del contenido de humedad de las vainas de algarrobo a 6 % de humedad.

- **Molienda**

La reducción de tamaño, la cual se sustentó en dos etapas: la molienda de las vainas de algarrobo enteras fue colocados en el molino con una malla de 4 mm; se realizó una segunda molienda con una malla de 1 mm.

- **Tamizado**

Se realizó la clasificación de la harina de algarrobo. La harina de vaina de algarrobo se tamizó en tres medidas (6, 10 y 100 ASTM), con el objetivo de obtener de disgregar la harina más fina.

- **Envasado**

Se envasó en bolsas de 0,5 kg que son selladas herméticamente.

b. Obtención del extracto acuoso de algarrobo

En un recipiente de acero inoxidable, se realizó el mezclado de la harina de la vaina de algarrobo con agua destilada en una proporción de 20 %. Seguidamente, se sometió a calentamiento a 80 °C por 2 horas. Posterior, la mezcla acuosa se filtró, obteniendo sólidos solubles totales de 50 °Bx. Se procedió a cuantificar la glucosa, sacarosa, fructosa y FOS.

c. Producción de fructooligosacáridos (FOS) del extracto acuoso de algarrobo

Para producir FOS a partir de la harina de vainas de algarrobo se utilizó una enzima fructosiltransferasa comercial de uso alimentario (pectinasa de *A. aculeatus*).

Para ello, se utilizó la de 32,54 mg de enzima que se adicionó al extracto acuoso de algarrobo de 38 °Bx. Se dejó incubar a 54 °C durante 12 horas. La biotransformación se llevó a cabo con agitación constante a 150 RPM en frascos de 100 mL. Una vez terminado el tiempo de incubación, se realizó la cuantificación de la concentración de la glucosa, sacarosa, fructosa y FOS.

IV.4.4.2. Etapa 2. Determinación de formulaciones y elaboración de yogures

El presente trabajo de investigación consta de diez formulaciones de yogures, los cuales son adicionados con proporciones diferentes de extracto biotransformado de algarrobo. En la Tabla 4, se describe cada tratamiento:

Tabla 5. Descripción de cada formulación de yogur

		Yogur		
Formulaciones	**Código**	**Yogur base (%)**	**Extracto biotransformado de algarrobo (%)**	**Jalea de tumbo y piña (%)**
1	532	87	7	6
2	487	83	6	11
3	193	83	12	5
4	091	83	9	8
5	866	86	6	8
6	701	84	10	6
7	961	86	9	5
8	102	83	6	11
9	113	89	6	5
10	124	84	7	9

Fuente: Propia

a. Diagrama de flujo

En la Figura 9, se ilustra el diagrama de flujo empleado para la elaboración del yogur.

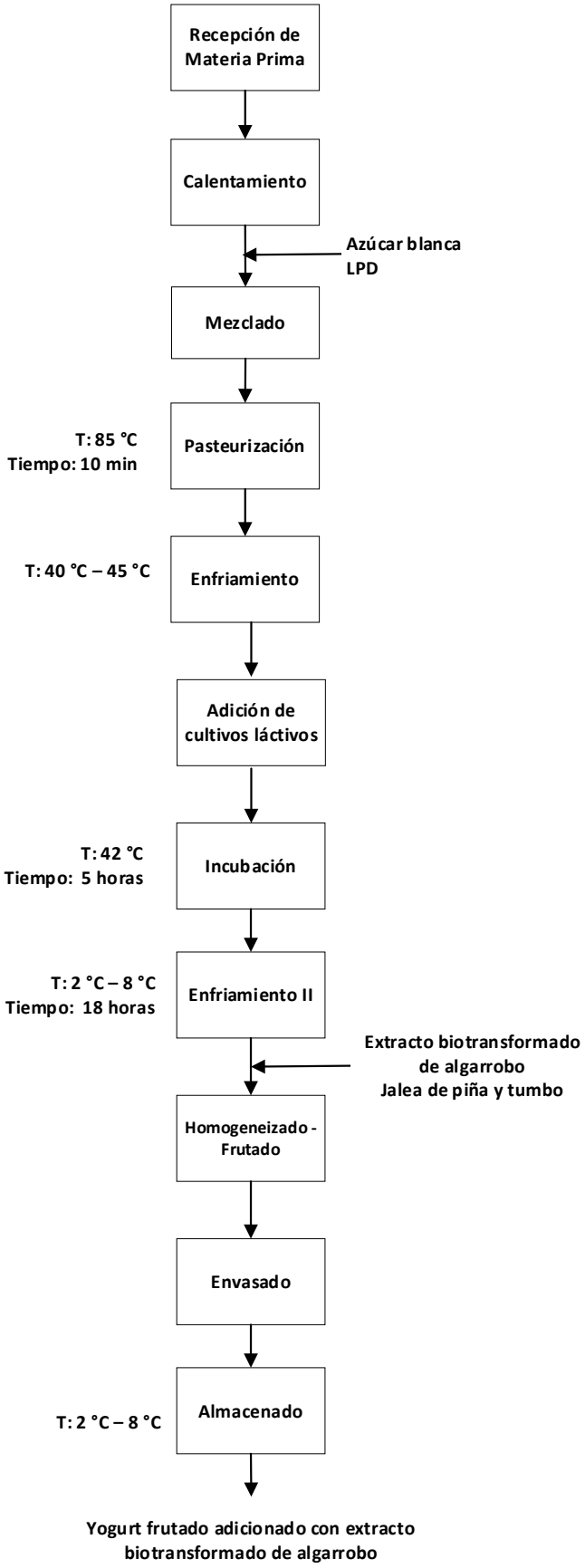

Figura 9. Diagrama de flujo de elaboración del yogur

b. Descripción de obtención de yogur

- **Recepción**

Antes de comprar la leche se debe tener la seguridad de que está en buen estado, sin olores ni sabores ácidos o extraños, que sea pura no adulterada, para esos fines se empleó leche UHT, es importante considerar que el color ideal de la leche es blanco cremoso ligeramente amarillento y no debe presentar material extraño (pelos, arenas, plástico, pajas, etc.).

- **Calentamiento**

Se realizó un calentamiento previo a la leche que debe de llegar de 40 °C a 50 °C, y se realiza agitando vigorosamente para evitar que se caramelice en la parte inferior del recipiente.

- **Mezclado**

Se agregó la leche descremada en polvo y la adición de azúcar blanca, las cuales son agregadas previamente para que reciba un tratamiento térmico.

- **Pasteurización**

Se somete a tratamiento térmico a 85 °C durante 10 minutos. En esta etapa tiene la finalidad de destruir todo tipo de microorganismos alterantes y patógenos no esporulados. Se considera que se debe agitar de forma constante.

- **Enfriamiento**

Una vez culminada la pasteurización, se realiza un transvase de la leche pasteurizada a un contenedor previamente esterilizado y se cierra herméticamente. Se deja enfriar la leche hasta llegar de 42 ºC a 44 °C, para inocular.

- **Adición de cultivos lácticos**

En esta etapa consiste en la adición de los cultivos lácticos (*L. delbrueckii subsp. bulgaricus* y *S. salivarius subsp. Thermophilus*). Cabe señalar que se realizó un fraccionamiento del cultivo previo, se homogenizó el cultivo que tiene capacidad para 100 L de yogur, fue homogeneizado con 900 mL de leche. Seguidamente, se adicionó 45 mL del fraccionamiento para 10 L de yogur.

- **Incubación**

Se deja a temperatura de 42ºC a baño maría por un lapso de 5 horas, en esta etapa se realizó el proceso de fermentación.

- **Enfriamiento II**

Se enfrió la leche coagulada a 8 °C en la cámara de frío, etapa que tiene como objetivo detener los procesos bioquímicos de la fermentación.

- **Homogeneizado -Frutado**

Se elaboró la jalea de tumbo y piña previamente. Se adicionó el extracto biotransformado de algarrobo según las diez formulaciones, se homogeneizaron, a su vez se consideró que no debe agitarse demasiado porque puede existir perdida de consistencia. En el anexo 1, se puede ilustrar del diagrama de flujo de la jalea de tumbo y piña.

- **Envasado**

El yogur se envasó en envases de polietileno de alta densidad previamente desinfectados, luego se cerró herméticamente.

- **Almacenado**

El yogur se conservó en refrigeración de 2 °C a 8 °C.

c. Evaluación de las variables respuestas

En esta etapa se evaluó las variables respuestas o dependientes: color, sabor, aceptabilidad sensorial y pH. A su vez se les realizará la verificación de los supuestos de cada respuesta, empleando los siguientes métodos: normalidad de residuos - prueba de Shapiro Wilks, homogeneidad de varianzas - prueba de Levene e independencia de residuos - prueba de Durbin Watson.

IV.4.4.3. Etapa 3. Caracterización del yogur con mayor aceptabilidad

En esta etapa se realizó los análisis al yogur con mayor aceptabilidad de la etapa previa, que son: la caracterización químico proximal, microbiológica y fisicoquímica.

La caracterización químico proximal consta de: contenido de humedad, proteína, grasa cruda, carbohidratos totales (extracto libre de nitrógeno), fibra cruda y cenizas; la caracterización de los minerales: calcio, hierro, magnesio, zinc y fósforo; y la caracterización microbiológica consta de coliformes, mohos, bacterias ácido lácticas y levaduras. Respecto a los análisis fisicoquímicos, se realizó la evaluación del pH, acidez, sinéresis, firmeza, adhesividad y cohesividad. Finalmente, se realiza la cuantificación de carbohidratos (fructosa, glucosa, sacarosa, FOS, otros).

IV.5. Análisis estadístico

Los resultados fueron expresados como promedio ± desviación estándar (n=2), los datos que siguieron un modelo paramétrico, fueron sujetos a un análisis ANOVA; luego se realizó la comparación múltiple de medias, con la prueba de Tukey. La respuesta que siguió un modelo no paramétrico, se aplicó la prueba de Kruskas Wallis. El software R studio 2022.07.1 fue empleado para los análisis estadísticos.

A continuación, en la Figura 10, se presenta el esquema experimental.

	Etapa I **Obtención de extracto biotransformado de algarrobo**	**Etapa II** **Establecimiento de Formulación y elaboración de yogur y evaluaciones**	**Etapa III** **Caracterización del yogur con mayor aceptabilidad**
Tratamientos	Extracto de Algarrobo	Formulación 1 Formulación 2 Formulación 3 Formulación 4 Formulación 5 Formulación 6 Formulación 7 Formulación 8 Formulación 9 Formulación 10 } Formulación X	Formulación X
Ensayo Experimental	Caracterizar la harina de algarrobo Caracterizar el extracto obtenido	Elaborar cada formulación obtenida y evaluar según lo descrito la metodología descrita	Caracterizar el producto final
Análisis	Harina de algarrobo: - Análisis químico proximal Extracto acuoso: - Análisis de carbohidratos Extracto biotransformado de algarrobo: - Análisis fisicoquímicos - Análisis de minerales - Análisis microbiológicos - Análisis de carbohidratos	- Aceptabilidad sensorial - Color - Sabor - pH	- Análisis químico proximal - Análisis de minerales - Análisis microbiológicos - Análisis fisicoquímicos - Análisis de carbohidratos

Figura 10. Esquema experimental de la investigación

V. RESULTADOS

V.1. Obtención de extracto biotransformado de algarrobo

La harina de algarrobo presentó la siguiente composición químico proximal, que se muestra en la Tabla 6

Tabla 6. Análisis químico proximal de la harina de algarrobo

Componente	Contenido (%)
Humedad	8,6 ± 0,01
Cenizas	5,7 ± 0,01
Grasa	8,1 ± 0,01
Proteína	2,1 ± 0,01
Carbohidratos	75,5 ± 0,02

Al seguir la metodología de Peña-Suasnabar, se obtuvo un extracto acuoso de algarrobo, el cual se caracterizó el contenido de fructosa, glucosa, sacarosa y oligosacáridos totales (que incluye FOS, otros), se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Contenido de carbohidratos del extracto acuoso

Componente	Contenido (%)
Fructosa	8,00 ± 0,05
Glucosa	7,40 ± 0,08
Sacarosa	18,10 ± 0,08
Oligosacáridos totales	4,50 ± 0,11
Fructooligosácaridos	0,00 ± 0,01
Otros	4,50 ± 0,11

Las características fisicoquímicas del extracto biotransformado de algarrobo se reporta en la Tabla 8, donde se evaluó el pH, sólidos solubles totales (°Bx) y actividad de agua (Aw), mientras en la Tabla 9, se reporta el contenido de minerales del extracto biotransformado de algarrobo.

Tabla 8. Características fisicoquímicas del extracto biotransformado de algarrobo

Componente	**Contenido**
pH	4,64 ± 0,01
Sólidos solubles totales (°Bx)	38,00 ± 0,30
Actividad de agua (Aw)	0,90 ± 0,01

Tabla 9. Contenido de minerales

Mineral	**Resultados (mg/kg)**
Hierro	6,00 ± 1,41
Zinc	6,00 ± 0,01
Calcio	462,00 ± 2,83
Magnesio	372,00 ± 2,83
Fósforo	899,00 ± 4,24

En la Tabla 10, se reporta los resultados de los análisis microbiológicos del extracto biotransformado de algarrobo.

Tabla 10. Análisis microbiológicos del extracto biotransformado de algarrobo

Agente microbiano	**Resultados (UFC/g)**
Aerobios mesófilos	< 1 Log (< 10)
Enterobacteriaceas	< 1 Log (< 10)
Coliformes	< 1 Log (< 10)
Mohos	< 1 Log (< 10)
Levaduras	< 1 Log (< 10)

En el extracto biotransformado de algarrobo, se cuantificó el contenido de fructosa, glucosa, sacarosa y oligosacáridos totales (que incluye FOS, otros), estos resultados son presentados en la Tabla 11.

Tabla 11. Contenido de carbohidratos del extracto biotransformado

Componente	**Contenido (%)**
Fructosa	5,80 ± 0,05
Glucosa	12,60 ± 0,08
Sacarosa	2,30 ± 0,08
Oligosacáridos totales	17,30 ± 0,11
Fructooligosácaridos	16,10 ± 0,11
Otros	1,20 ± 0,11

En la Figura 11, se presenta el cromatograma que evidencia la presencia de FOS como kestosa, nistosa, fructosilnistosa, que son representadas respectivamente por los grupos funcionales GF2, GF3, GF4, siendo la kestosa la de mayor cantidad por su mayor retención o pico.

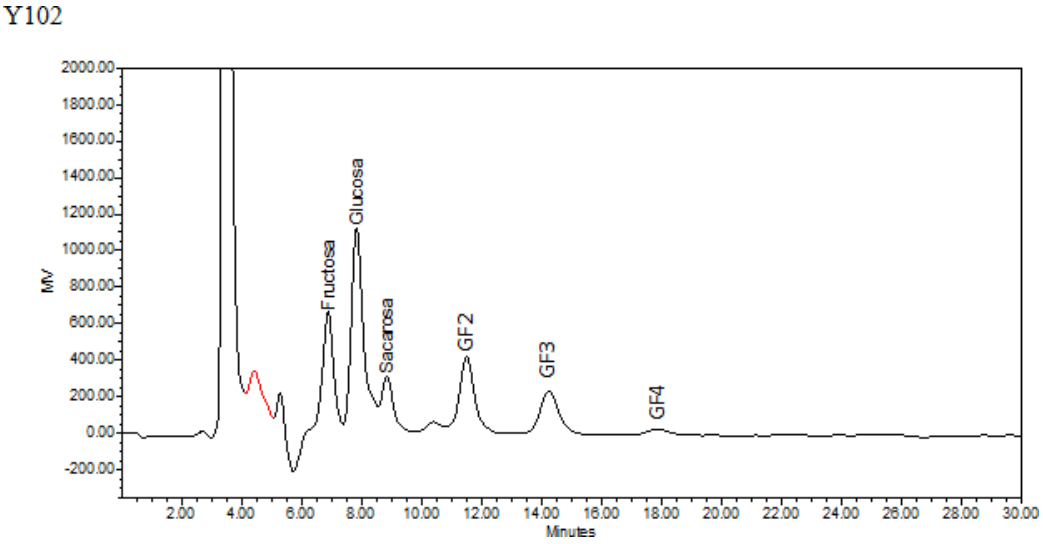

Figura 11. Perfil cromatográfico del extracto biotransformado de algarrobo

V.2. Determinación de las formulaciones y elaboración de yogures

V.2.1. Evaluación sensorial de color

Para poder analizar una variable respuesta, es importante conocer si es paramétrico o no paramétrico, para ello en la Tabla 12, se presenta los supuestos estadísticos del modelo: prueba de normalidad, homocedasticidad e independencia de los residuos studentizados.

Tabla 12. Supuestos estadísticos

Supuestos	**Prueba**	**Valor p**
Normalidad	Shapiro wilks	0,1715
Homocedasticidad	Levene	0,0122
Independencia	Durbin Watson	0,3343

Se reporta que el supuesto de normalidad e independencia, presentaron un p-valor de 0,1715 y 0,3343 que son mayores a 0,05 demostrando que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se presenta una tendencia normal e independencia; en cambio en la homogeneidad de varianza el p-valor es 0,0122, siendo menor a 0,05, lo que demuestra que las varianzas son heterogéneas. Al no existir homogeneidad de varianza, el modelo a aplicarse es no paramétrico para esta respuesta.

En las Figuras 12 y 13 se muestran la gráfica de diagrama de cajas lo cual nos permite verificar las medianas de las respuestas, tanto para el factor bloque: jueces y factor tratamiento: yogures.

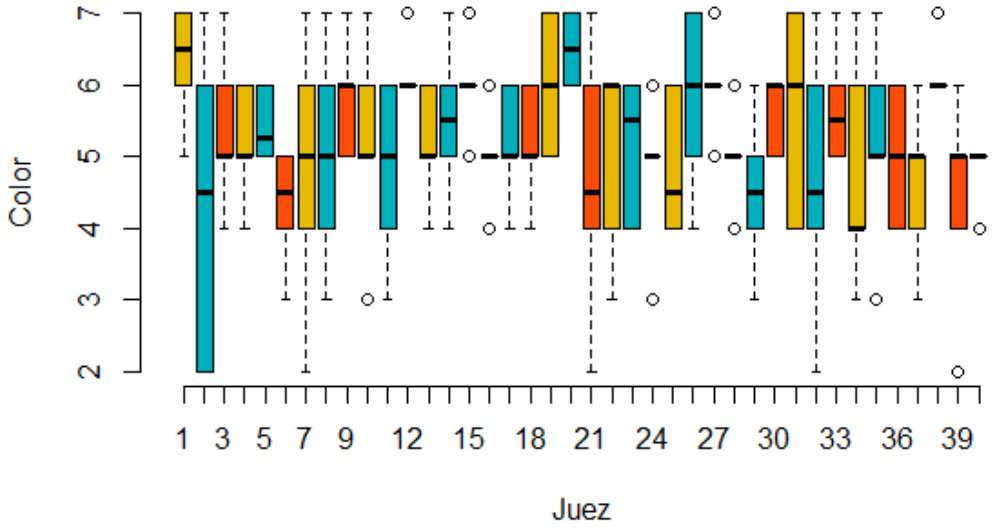

Figura 12. Gráfica de cajas y bigotes de bloque: juez versus color

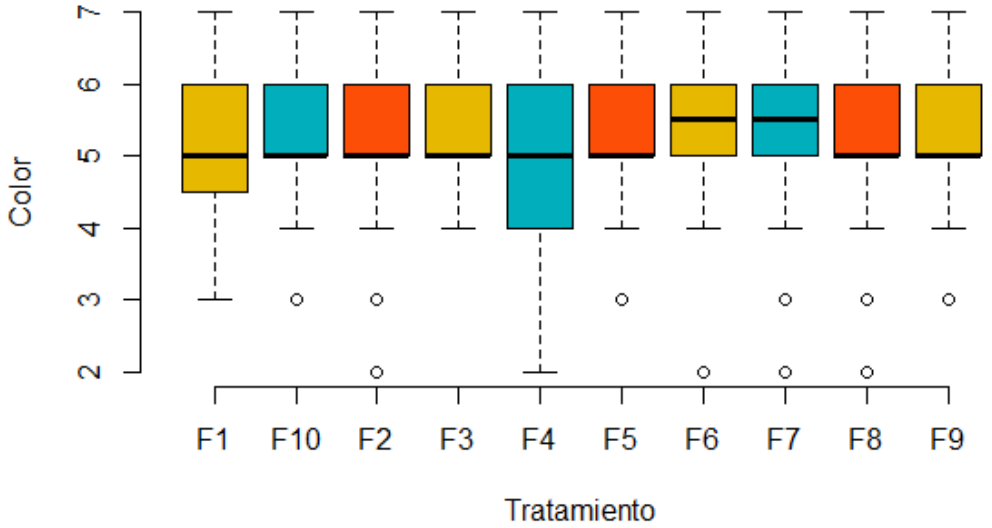

Figura 13. Gráfica de cajas y bigotes de tratamientos: yogures versus color

En la Tabla 13, al no cumplir la homocedasticidad se aplica la prueba de Kruskas Wallis, lo cual el resultado del valor p fue de 2,137 x 10^{-8} para el factor bloque: jueces y para el tratamiento: yogures fue de 0,9707, de esta manera para los jueces existen diferencias significativas, que por lo menos una respuesta de color es diferente, en cambio en los yogures, al reportar un valor p mayor a 0,05 se interpreta que no existe diferencias significativas entre los yogures, significa que los yogures presentaron puntajes de color semejantes, sin diferencia estadística.

Tabla 13. Kruskas Wallis de color

Factores	Valor p
Juez	$2{,}137 \times 10^{-8}$
Tratamiento	0,9707

V.2.2. Evaluación sensorial de sabor

Para analizar la variable respuesta: sabor, es importante conocer si el modelo es paramétrico o no paramétrico, para ello en la Tabla 14, se presenta los supuestos estadísticos: prueba de normalidad, homocedasticidad e independencia de los residuos studentizados.

Tabla 14. Supuestos

Supuestos	Prueba	Valor p
Normalidad	Shapiro wilks	0,4843
Homocedasticidad	Levene	0,4764
Independencia	Durbin Watson	0,2428

Se reporta que el supuesto de normalidad, homocedasticidad e independencia, presentaron un p-valor de 0,4843, 0,4764 y 0,2428 que son mayores a 0,05 lo que demuestra que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, existe una tendencia normal, las varianzas son homogéneas y no presentan autocorrelación de residuos. Al cumplir los supuestos estadísticos, significa que el modelo es paramétrico para esta respuesta.

En las Figuras 14 y 15 se demuestran las gráficas de diagrama de cajas lo cual nos permite verificar medias de las respuestas: sabor, tanto para el factor bloque: jueces y factor tratamiento: yogures.

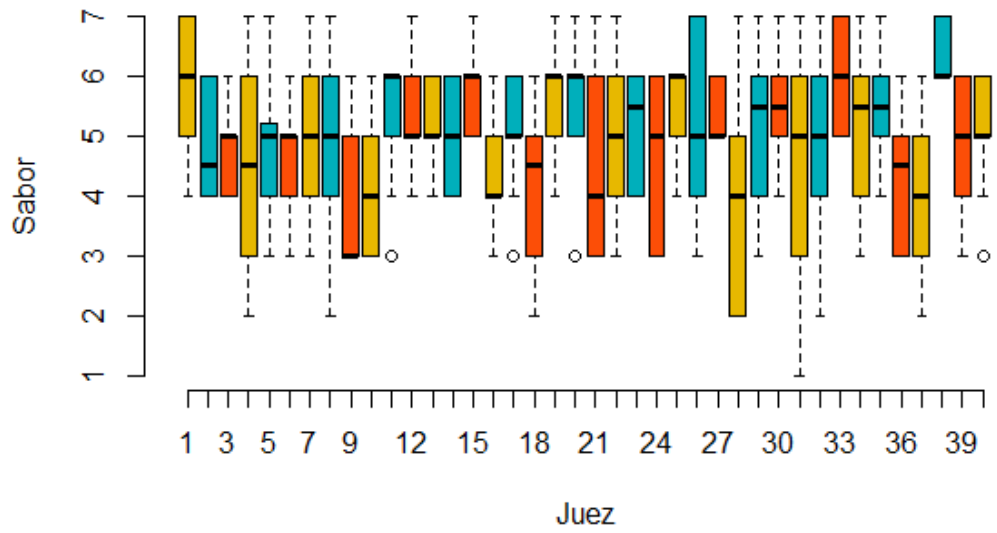

Figura 14. Gráfica de cajas y bigotes de bloque: juez versus sabor

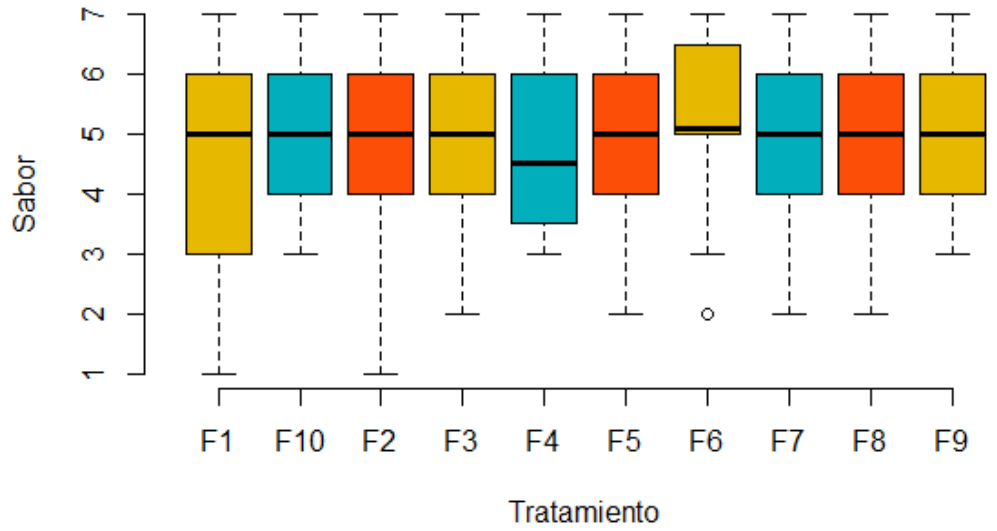

Figura 15. Gráfica de cajas y bigotes de tratamientos: yogures versus sabor

En la Tabla 15, se presenta el ANOVA dos vías, lo cual el resultado del valor p fue de 8,23 x 10^{-7} para el factor bloque: jueces y para el tratamiento: yogures fue de 0,0249, de esta manera para los jueces existen diferencias significativas, que por lo menos una respuesta de sabor es diferente en los jueces, en la misma línea, los yogures, reportó un valor p menor a 0,05, lo que se interpreta que existe diferencias significativas entre los yogures, lo cual queda demostrado en la Tabla 15, ya que la media de los puntajes de sabor son diferentes estadísticamente, agrupándose en diferentes grupos.

Tabla 15. ANOVA dos vías de sabor

Factores	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p	
Juez	39	142,0	3,641	2,699	$8,23 \times 10^{-7}$	***
Yogures	9	26,1	2,902	2,151	0,0249	*
Residuales	351	473,6	1,349			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1'

Se destaca que la formulación 6, obtuvo una media de 5,480, lo cual se evidencia que es la de mayor puntaje respecto a la respuesta sabor, en cambio la formulación 1 presentó un puntaje de 4,525, siendo la de menor calificación, es reportado en la Tabla 16.

Tabla 16. Sabor y formulaciones

Tratamientos	Puntaje de sabor
Fórmula 6	5,480 [a]
Fórmula 5	5,180 [ab]
Fórmula 3	5,080 [ab]
Fórmula 9	5,000 [ab]
Fórmula 10	4,975 [ab]
Fórmula 7	4,975 [ab]
Fórmula 2	4,875 [ab]
Fórmula 8	4,875 [ab]
Fórmula 4	4,625 [b]
Fórmula 1	4,525 [b]

V.2.3. Evaluación sensorial aceptabilidad sensorial

Para analizar la variable respuesta: aceptabilidad sensorial, es importante conocer si el modelo es paramétrico o no paramétrico, para ello en la Tabla 17, se presenta los supuestos estadísticos del modelo: prueba de normalidad, homocedasticidad e independencia de los residuos studentizados.

Tabla 17. Supuestos

Supuestos	Prueba	Valor p
Normalidad	Shapiro wilks	0,2781
Homocedasticidad	Levene	0,5957
Independencia	Durbin Watson	0,2160

Se reporta que el supuesto de normalidad, homocedasticidad e independencia, presentaron un p-valor de 0,2781; 0,5957 y 0,2160 que son mayores a 0,05 lo que demuestra que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, presenta una tendencia normal, las varianzas son homogéneas y no presentan autocorrelación de residuos. Al cumplir los supuestos estadísticos, significa que el modelo es paramétrico para esta respuesta.

En las Figuras 16 y 17 se demuestran las gráficas de diagrama de cajas lo cual nos permite verificar medias de las respuestas: aceptabilidad general, tanto para el factor bloque: jueces y factor tratamiento: yogures.

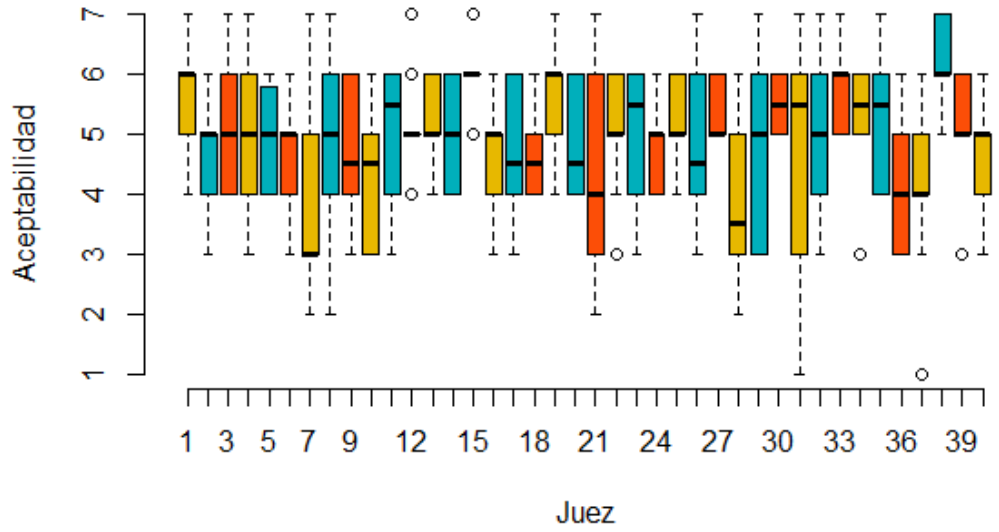

Figura 16. Gráfica de cajas y bigotes de bloque: juez versus aceptabilidad

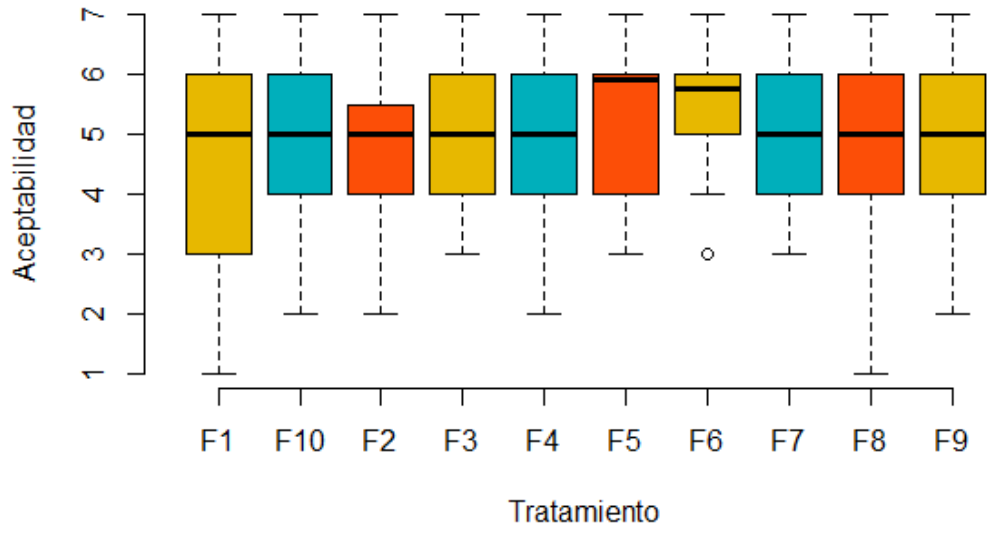

Figura 17. Gráfica de cajas y bigotes de tratamientos: yogures versus aceptabilidad

En la Tabla 18, se presenta el ANOVA dos vías, lo cual el resultado del valor p fue de 9,0 x 10^{-5} para el factor bloque: jueces y para el tratamiento: yogures fue de 0,0143, de esta manera para los jueces existen diferencias significativas, que por lo menos una respuesta de aceptabilidad general es diferente en los jueces, en la misma línea, los yogures, reportó un valor p menor a 0,05, lo que se interpreta que existe diferencias significativas entre los yogures, lo cual queda demostrado en la Tabla 18, ya que la media de los puntajes de sabor son diferentes estadísticamente, agrupándose en diferentes grupos.

Tabla 18. ANOVA dos vías de aceptabilidad

Factores	**GL**	**Suma de Cuadrados**	**Cuadrados Medios**	**Valor F**	**Valor p**	
Juez	39	104,8	2,687	2,21	9,0 x 10^{-5}	***
Tratamiento	9	25,6	2,845	2,34	0,0143	*
Residuales	351	426.7	1.216			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1'

Asimismo, la Tabla 19, se destaca la formulación 6, donde obtuvo una media de 5,4375, lo cual se evidencia que es la de mayor puntaje respecto a la

respuesta aceptabilidad sensorial, en cambio la formulación 1 presentó un puntaje de 4,475, siendo la de menor calificación.

Tabla 19. Aceptabilidad y formulaciones

Tratamientos	Puntaje de aceptabilidad
Fórmula 6	5,4375 [a]
Fórmula 5	5,220 [ab]
Fórmula 9	5,075 [ab]
Fórmula 10	4,975 [ab]
Fórmula 7	4,975 [ab]
Fórmula 3	4,925 [ab]
Fórmula 4	4,9125 [ab]
Fórmula 8	4,800 [ab]
Fórmula 2	4,700 [ab]
Fórmula 1	4,475 [b]

V.2.4. Evaluación del pH

Es importante conocer si el modelo de la respuesta pH es paramétrico o no paramétrico, para ello en la Tabla 20, se presenta los supuestos estadísticos del modelo: prueba de normalidad, homocedasticidad e independencia de los residuos studentizados.

Tabla 20. Supuestos

Supuestos	Prueba	Valor p
Normalidad	Shapiro wilks	0,0003637
Homocedasticidad	Levene	$2,2 \times 10^{-16}$
Independencia	Durbin Watson	0,5804

Se reporta que el supuesto de normalidad, homocedasticidad e independencia, presentaron un p-valor de 0,0003637; $2,2 \times 10^{-16}$ y 0,5804 que son mayores a 0,05 lo que demuestra que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, existe una tendencia normal, las varianzas son homogéneas y no

presentan autocorrelación de residuos. Al cumplir los supuestos estadísticos, significa que el modelo es paramétrico para esta respuesta.

Se reporta que el supuesto de independencia, presentó un p-valor de 0,5804 que es mayor a 0,05 lo que demuestra que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, no existe autocorrelación de residuos; en cambio en la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza el p-valor fue 0,0003637 y $2,2 \times 10^{-16}$, siendo menor a 0,05, lo que demuestra que no existe tendencia normal y las varianzas son heterogéneas. Al no existir homogeneidad de varianza y la no tendencia normal, el modelo a aplicarse es no paramétrico para esta respuesta.

En la Figura 18 se ilustran las gráficas de diagrama de cajas lo cual nos permite verificar medianas de la respuesta: pH.

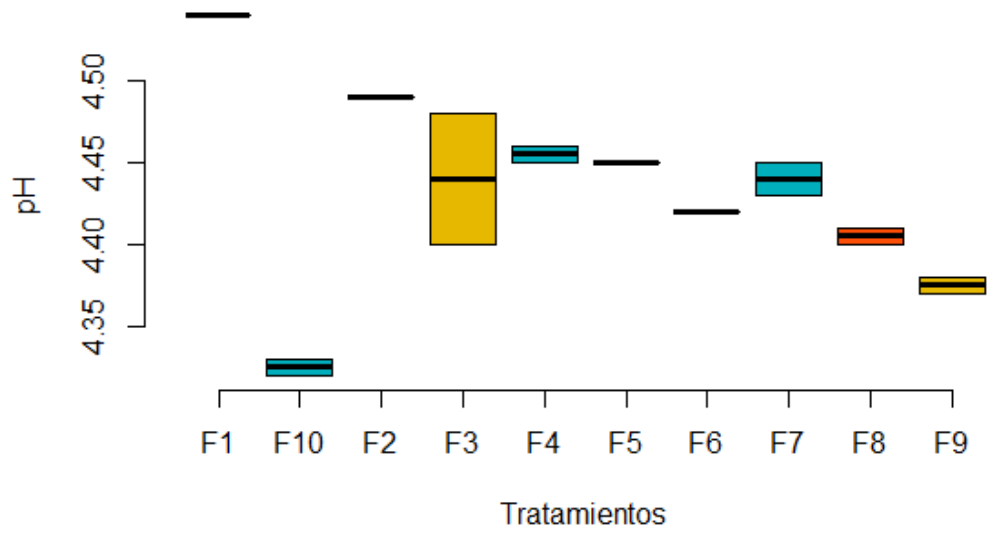

Figura 18. Gráfica de cajas y bigotes del pH de cada tratamiento

La prueba de Kruskas Wallis (Tabla 21), obtuvo del valor p fue de 0,06748 para el tratamiento, de esta manera se evidencia que los pH de cada formulación de yogur no presentan diferencias significativas, estando en el mismo grupo.

Tabla 21. Prueba de Kruskas Wallis del pH

Factores	Valor p
Tratamiento	0,06748

V.3. Caracterización del yogur con mayor aceptabilidad

En las variables respuestas se obtuvo como resultado, que la formulación 6, presentó una media mayor lo que demuestra que existe diferencias significativas frente a las demás formulaciones. En tal sentido, la formulación 6 será el yogur con mayor aceptabilidad, al cual se le realizará el análisis químico proximal, análisis microbiológicos, fisicoquímicos y contenido de carbohidratos.

Al yogur con mayor aceptabilidad se le realizó el análisis químico proximal, los resultados se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22. Análisis químico proximal del yogur con mayor aceptabilidad

Componente	Contenido (%)
Humedad	78,30 ± 0,04
Cenizas	0,795 ± 0,01
Grasa	3,16 ± 0,01
Proteína	3,03 ± 0,04
Fibra cruda	0,00 ± 0,01
Carbohidratos totales	14,70

El yogur con mayor aceptabilidad presentó los siguientes minerales, que se detalla en la Tabla 23.

Tabla 23. Análisis de minerales del yogur con mayor aceptabilidad

Componente	Contenido (mg/kg)
Calcio	3846,04 ± 60,80
Hierro	7,41 ± 0,01
Magnesio	135,73 ± 0,85
Zinc	2,93 ± 0,01
Fósforo	1255,07 ± 4,14

Al yogur con mayor aceptabilidad se le realizó los análisis microbiológicos, los resultados se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24. Análisis microbiológicos del yogur con mayor aceptabilidad

Agente microbiano	Resultados
Coliformes (NMP/g)	< 1 Log (< 10)
Mohos (UFC/g)	< 1 Log (< 10)
Levaduras (UFC/g)	< 1 Log (< 10)
Bacterias ácido lácticas (UFC/g)	7,56 Log ($3,6 \times 10^7$)

En la Tabla 25, se presenta los resultados de los análisis fisicoquímicos del yogur con mayor aceptabilidad.

Tabla 25. Análisis fisicoquímicos del yogur con mayor aceptabilidad

Componente	Contenido
pH	4,48 ± 0,01
Acidez (% ácido láctico)	1,05 ± 0,01
Sinéresis (%)	0,11 ± 0,01
Firmeza (N)	0,36 ± 0,01
Adhesividad (mJ)	0,46 ± 0,01
Cohesividad (N)	0,09 ± 0,02

Los resultados del contenido de carbohidratos del yogur con mayor aceptabilidad, donde se evaluó fructosa, glucosa, sacarosa, oligosacáridos totales (que incluye FOS, otros) se presenta en Tabla 26.

Tabla 26. Contenido de carbohidratos del yogur con mayor aceptabilidad

Componente	Contenido (%)
Fructosa	1,03 ± 0,05
Glucosa	1,26 ± 0,08
Sacarosa	3,33 ± 0,08
Fructooligosácaridos	1,83 ± 0,11

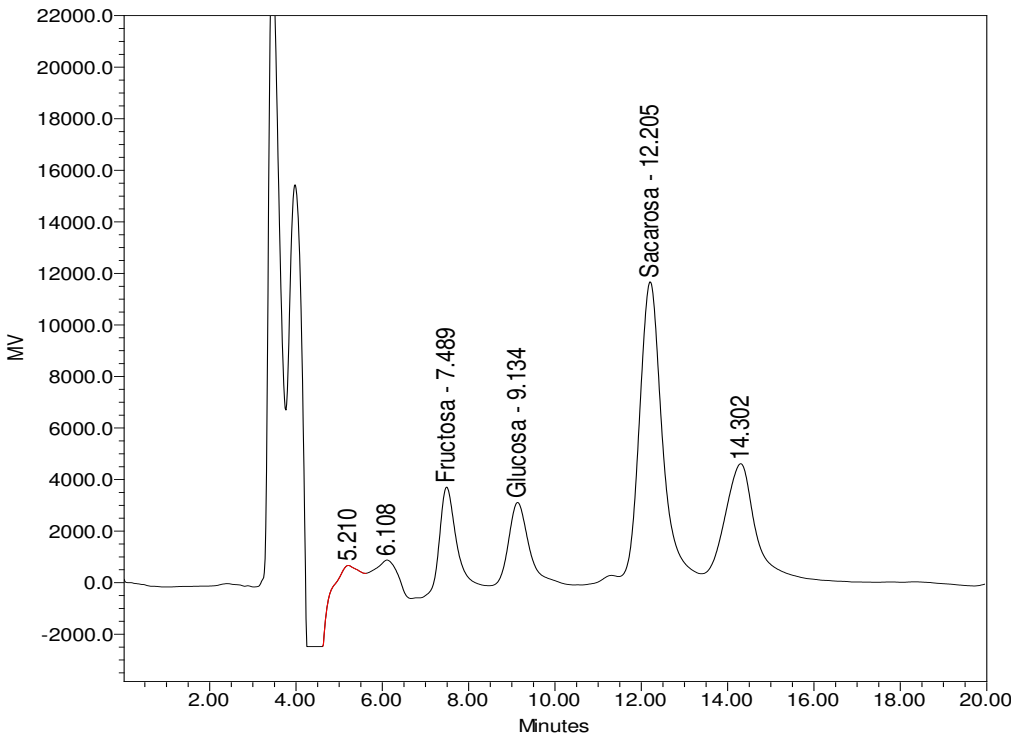

Figura 19. Perfil cromatográfico inicial del yogur con mayor aceptabilidad.

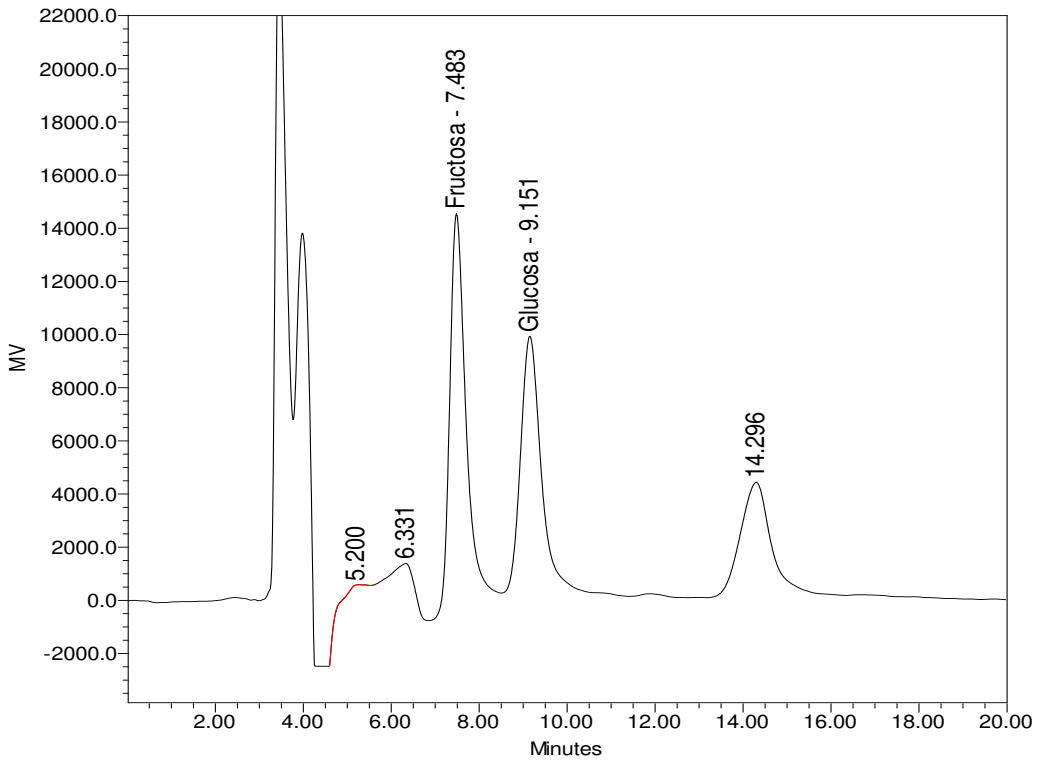

Figura 20. Perfil cromatográfico después de la hidrólisis del yogur con mayor aceptabilidad

VI. DISCUSIÓN

La harina de algarrobo *(Prosopis pallida)* se obtiene a partir de las vainas enteras que contiene la pulpa, carozo y semillas. Boeri *et al.*[110] evaluaron los componentes nutricionales de la harina de *Prosopis alpataco*, donde destacan los carbohidratos en 62,0 %, de igual manera Avellaneda y Cubas[111], reportaron para harina de *Prosopis alba*, 74,2 % de carbohidratos, 12,2 % de proteína total y en menor concentración las cenizas 3,9 %. En la misma línea Alamo[112] reportó para la harina de *Prosopis pallida*, 66,98 % de carbohidratos, 11,17 % de proteínas y las cenizas 1,70 %. Además, Felker [113] reportó 75,5 % de carbohidratos para la harina de *Prosopis pallida.*

En este trabajo de investigación, los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Alamo y Felker, donde la harina de *Prosopis pallida* destaca por la presencia de carbohidratos alcanzando un 75,5 %. Por otro lado, en la evaluación del análisis proximal se reportó 8,6 % de humedad, 8,1 % de grasa, 5,7 % de cenizas y 2,1 % de proteína total, este último a diferencia por lo encontrado por Alamo, la muestra presentaba menor concentración de proteínas, esto puede deberse al origen, procedencia, condiciones agronómicas que haya tenido el algarrobo, y aspectos de proceso como la obtención de la harina.

En consonancia, Fernández y Vera[114] reportaron que la harina de *Prosopis pallida* se destaca por el contenido de carbohidratos en 57,91 % y grasa 1,09 %, cabe señalar que el contenido de grasa presenta componentes insaturados[115] pudiendo ser aprovechados para la industria panificadora[116]. Asimismo, la harina de algarrobo estudiada, presentó 8,1 % de grasa, por lo cual puede ser aprovechado por la industria, con los fines detallados previamente.

Sciammaro *et al.* [52] reportaron que en *Prosopis alba*, el principal azúcar en el fruto es la sacarosa (41,4 %), y después sigue la fructosa (14,1 %) y la glucosa (12,5 %), asimismo Silva *et al.*[117] reportaron que la azúcar con mayor concentración es la sacarosa en 46 % y la de menor concentración la glucosa en *Prosopis julifora*, a su vez esto también fue reportado por Souza y Correia[118] donde *Prosopis julifora* presentó 3,05 % de cenizas, 9,29 % de proteína y 38,12 % de azúcares reductores. Estos resultados son similares al emplear la metodología de Peña-Suasnabar, ya que permitió obtener un extracto acuoso que presentó 18,10 % de sacarosa, 8,00 % de fructosa, 7,40 % de glucosa y 4,50 % de oligosacáridos, concordando con lo desarrollado por Cruz[58].

Asimismo, es importante destacar que el método empleado previene la caramelización de los azúcares, en comparación a otros métodos que emplean altas temperaturas durante tiempos prolongados como es el caso de la producción de algarrobina[47] generando el pardeamiento no enzimático, evidenciándose en el color marrón intenso[119,120]. La reacción de Maillard se da entre la unión de azúcares reductores y el grupo carbonilo libre de los aminoácidos, esta reacción es favorecida por el contenido de azúcar, concentración de proteínas, altas temperaturas, alto pH y bajo contenido de humedad[121].

Asimismo, se explica que la mayoría de los FOS, son ingredientes alimentarios, que se sintetizan mediante la degradación enzimática de la inulina de los polisacáridos vegetales o se sintetizan a partir de la sacarosa por la actividad de las inulinasas o fructosiltransferasas[122], además existen métodos matemáticos que desarrollaron para la producción de FOS a partir de sacarosa[123].

El algarrobo al contener sacarosa, se le empleó como sustrato para la producción de FOS. El estudiado de Surin *et al.*[124] quienes reportaron un 14,36 % de FOS desde un jarabe de Logan. Singh *et al.* [76] alcanzaron 97 % de FOS en condiciones optimizadas partiendo de inulina utilizando endoinulasa de

Asperigullus tritici. La preparación de fructooligosacáridos contenía 33,16 % de kestosa (GF2), 24,00 % de nistosa (GF3) y 7,39 % de fructofuranosilnistosa (GF4). Asimismo, Karboune *et al.*[125] obtuvieron 60,2 % de FOS partiendo de sacarosa de jarabe de maple de 66 °Bx obteniendo principalmente nistosa y fructosilnistosa como producto final, por otro lado, Risso *et al.*[126] utilizaron la enzima inulinasa de *K. marxianus* donde obtuvieron un 18,20 % de rendimiento de FOS partiendo de un medio acuoso de sacarosa como sustrato.

En este trabajo de investigación, se elaboró un extracto biotransformado de algarrobo, el cual se caracterizó encontrándose 16,10 % de FOS, 12,60 % de glucosa, 5,80 % de fructosa, 2,30 % de sacarosa y 1,20 % de otros oligosacáridos. Asimismo, además estas diferencias se deben a las diferentes metodologías de trabajo, las cuales son influenciadas por la velocidad de agitación, tipo de enzima, concentración de sustrato, temperatura de trabajo y tiempo[122].

Se ilustra en la Figura 11 que hubo formación de fructooligosacáridos de acuerdo a los picos cromatográficos correspondientes, obtenidos de hidrólisis de sacarosa y fracción de fructosa, dando como productos de la reacción: kestosa, nistosa y fructofuranosilnistosa, donde sus grupos funcionales fueron GF2, GF3 y GF4, respectivamente, reportándose que GF2 presentó un mayor pico, significando que se encuentra en mayor proporción[127].

El extracto biotransformado de algarrobo presentó un pH 4,64, encontrándose en un rango de un alimento de baja acidez, que se caracterizan por presentar un pH mayor a 4,5, también presentó un contenido de sólidos solubles totales de 38,0 °Bx y una actividad de agua 0,90, por lo que es un alimento que debería de someterse a factores de control, como es el caso de la refrigeración para su conservación[128], estos resultados son próximos respecto al pH, con lo reportado con Moreno[129], ya que evalúo la producción de algarrobina y reportó pH 4,7, siendo este producto similar al extracto biotransformado de algarrobo al provenir de la concentración de la mezcla de agua y harina de algarrobo,

diferenciándose en los tiempos de dicha operación, mostrando que se diferencian por la concentración de sólidos solubles totales, ya que reportó 75 °Bx y el extracto biotransformado de algarrobo presentó 38,0 °Bx.

En cuanto a los minerales, diversos autores reportaron que en la harina de *Prosopis alpataco,* se hallaron minerales en la siguiente concentraciones 740 mg/kg de fósforo, 390 mg/kg de calcio, 173 mg/kg de magnesio[110]. Asimismo, en la harina de *Prosopis alba* se encontraron valores del perfil de minerales, 248,3 mg/kg de hierro, 422,7 mg/kg de calcio, 285,2 mg/kg de magnesio, 766,9 mg/kg de potasio, 213,9 mg/kg de zinc y 279,5 mg/kg de manganeso [52].

En esa misma línea Calle y Palacios[130], reportaron que en la harina de *Prosopis pallida*, obtuvieron 629,30 mg/kg de calcio, 157,51 mg/kg de magnesio, 9,14 mg/kg de hierro, 35,03 mg/kg de zinc y 136,66 mg/kg de fósforo. Estos valores concuerdan con los resultados que se obtuvo del extracto biotransformado de *Prosopis pallida* evaluado, donde presentó 899 mg/kg de fósforo, 462,0; 372,0; 6,0 y 6,0 mg/kg de calcio, de magnesio, de hierro y de zinc, respectivamente. Relacionado a los valores de fósforo, calcio y magnesio que son los minerales que destacan por su contenido, mencionar que nuestro extracto parte de una mezcla de harina de algarrobo y agua, por lo que el aporte de minerales se dará por la harina de algarrobo.

Además, el extracto biotransformado de algarrobo presentó en sus características microbiológicas, el no crecimiento de aerobios mesófilos, *Enterobacteriaceas,* coliformes, mohos y levaduras, demostrando que se cumplió con las condiciones de higiene para su extracción, siendo apto para su uso para ingrediente de un alimento, a su vez concuerda con lo reportado por Ancajima[131] respecto a los niveles bajos de mohos en la algarrobina.

Se evidenció que las medianas de las respuestas del atributo color presentaron diferencias significativas con un valor p ($2{,}137 \times 10^{-8}$) para el factor jueces, en cambio, en las medianas de las respuestas del atributo color para el factor tratamiento: formulaciones de yogures no presentaron

diferencias significativas con un valor p (0,9707), por lo que refleja que las formulaciones tenían un color marrón tenue semejantes y presencia de trozos de la jalea de tumbo y piña; concordando con lo reportado por Calazam *et al.*[132], en donde evaluaron yogures con algarrobina con leche con lactosa y leche deslactosada con frutos secos, encontrando que no existió diferencias significativas entre las formulaciones establecidas.

La respuesta color presentó un comportamiento no paramétrico, empleándose la prueba de Kruskas Wallis que se presenta en la Tabla 13, es importante mencionar que para nuestro estudio se contó con panelistas no entrenados. Se sabe que contar con panelistas calificados influencia en los puntajes, al ser jueces con mayor sensibilidad y conocimiento del producto, como sucedió en el estudio de Pingo Elías *et al.*[133], que contaron con jueces entrenados, que lograron distinguir diferencias significativas en el atributo color en la evaluación de yogur adicionado con harina de algarrobo edulcorado con stevia.

En la Figura 14, gráfica de cajas y bigotes para la respuesta sabor se distinguen las variaciones de los puntajes del atributo sabor con respecto a los jueces, donde se aprecia una variabilidad en los jueces, lo cual al hacer un análisis ANOVA, se constata, que obtuvieron un valor p ($8,23 \times 10^{-7}$).

En la Figura 15, gráfica de cajas y bigotes, las medias de los puntajes del atributo sabor del factor: formulaciones de yogures, se distingue que la formulación 6 se encuentra por encima de las cajas versus a los demás yogures, en este caso se comprueba mediante el análisis ANOVA, obteniendo un valor p (0,0249), lo que demuestra que por lo menos uno de las formulaciones: yogures es diferente. En efecto, al realizarse la prueba de Tukey, se evidencia que la formulación 6, que contiene 84 % de yogur base, 10 % de extracto biotransformado de algarrobo y 6 % de jalea de tumbo y piña, presentó una media de 5,48 de puntaje y en contraste la de menor proporción fue la formulación 1 con un puntaje de 4,53. Concordando con lo reportado por Senaka *et al.*[134], que obtuvieron diferencias significativas en los

puntajes, que se encontraban de 2,96, 3,65, 4,65 y 4,85 en la evaluación para el atributo sabor en los yogures probióticos naturales y batidos de frutas de 10 % y 15 % a partir de leche de cabra utilizando cultivos bacterianos.

Según Qiu *et al.* [135] detallan que la adición de extractos mejora y potencializa los sabores del yogur, como los aspectos fisicoquímicos. Es importante señalar que los sabores que se genera en los yogures, se basan principalmente por la presencia del acetaldehído, que es un componente importante del sabor del yogur y la presencia de lactobacilos en el cultivo iniciador puede influir en el contenido total de acetaldehído en el producto final[136].

En la Figura 16, gráfica de cajas y bigotes para la respuesta aceptabilidad se distinguen las variaciones de los puntajes del atributo aceptabilidad general con respecto a los jueces, donde se aprecia una variabilidad en los jueces, lo cual al hacer un análisis ANOVA, se obtuvo un valor p ($9,0 \times 10^{-5}$).

En la misma línea que el atributo sabor, en la Figura 17, se distingue las medias de los puntajes del atributo aceptabilidad general distinguiéndose que la formulación 6 se encuentra por encima de las cajas de los demás yogures, en este caso se comprueba mediante el análisis ANOVA, que por lo menos una de las formulaciones: yogures es diferente. Al realizarse la prueba de Tukey, se evidenció que la formulación 6, que contiene 84 % de yogur base, 10 % de extracto biotransformado de algarrobo, 6 % de jalea de tumbo y piña, presenta una media de 5,4375 de puntaje y en contraste la de menor proporción fue la formulación 1 con un puntaje de 4,475.

Esto evidencia que la utilización de extractos o productos prebióticos, tienen aceptabilidad por parte de los consumidores, como fue el caso de Kip *et al.*[137] en donde emplearon inulina en un yogur bajo en grasa, donde concluyeron que al emplear prebióticos, mejora la sensación de cremosidad en los consumidores. En tal sentido se demostró que el agregar ingredientes que contienen beneficios para el consumidor, a concentraciones apropiadas

promueve una mejor aceptabilidad sensorial, como es el caso de agregar prebióticos: inulina, fibra de maíz soluble y polidextrosa que potencializaron los sabores del yogur[138].

El pH del yogur se basa a partir del ácido formado principalmente durante la fermentación. Las variaciones de pH entre las distintas formulaciones, también es reportado por Meena *et al.*[139] que detallan que las diferentes condiciones de proceso de los experimentos afectan este parámetro. El pH del yogur decrece al agregar extracto biotransformado de algarrobo y jalea de piña y tumbo, estás variaciones de pH no fueron estadísticamente significativas con un valor p (0,06748), sin embargo, hubo diferencias mínimas entre las formulaciones que se deben al contenido de diferentes proporciones de yogur base, extracto biotransformado de algarrobo y jalea de piña y tumbo. La disminución de pH fue aportada principalmente por la jalea de piña y tumbo que en combinación presentó un pH 3,52, este pH está relacionado al contenido de los ácidos orgánicos que se encuentran en las frutas [140].

Según lo reportado por Wijesekara *et al.*[141] obtuvieron 79,60 % de humedad, 3,04 % de proteína, 4,00 % de grasa, 0,65 % de cenizas en yogures batido con probióticos adicionados con pigmentos de plantas. Asimismo, Li *et al.*[142], reportaron que un yogur simbiótico presentó, 3,22 % de proteína, 4,02 % de grasa, 5,82 % de carbohidratos. Además, según lo estudiado por Olaya[143], quién reportó 87,70 % de humedad, 0,60 % de cenizas, 3,25 % de grasa, 2,65 % de proteínas y 5,8 % de carbohidratos totales, en un yogur que adicionó harina de algarrobo, estos resultados reportados son semejantes con el análisis proximal del yogur con mayor aceptabilidad que presentó 78,30 % de humedad, 0,795 % de cenizas, 3,16 % de grasa, 3,03 % de proteína total, estos datos concuerdan, sin embargo, existe variaciones, debido a que emplean diferentes componentes como pigmentos, la harina de algarrobo directamente, en contraste, en el yogur de investigación se agregó extracto de biotransformado de algarrobo y jalea de tumbo y piña.

Además, cabe señalar que la variación que exista en la composición proximal de los yogures se debe a las diferencias de las formulaciones, como el uso de leche descremada o parcialmente descremada, a la añadidura de otros componentes[144], para la elaboración del yogur se empleó leche parcialmente descremada, la cual va a aportar proteínas, azúcares y grasa y a su vez se añadió extracto biotransformado de algarrobo, que contiene azúcares como fructosa, glucosa, sacarosa y FOS, en la jalea de fruta de tumbo y piña que aporta azúcares en general, se corrobora que el yogur con mayor aceptabilidad no es significativo su aporte de fibra.

El yogur con mayor aceptabilidad presentó, 3,03 % de proteína total y 3,16 % de grasa, lo cual se estaría cumpliendo con los requisitos del Codex Alimentarius[15] que menciona que debe presentar un mínimo de 2,7 % de proteína láctea y menos de 15 % de grasa láctea.

Souza et al[145] investigaron los minerales que se encuentran en yogures comerciales, concentraciones de 1100 a 1400 mg/kg de calcio, 10 mg/kg de hierro, 110 a 160 mg/kg de magnesio. Hernandez *et al.*[146] evaluaron las concentraciones de minerales en yogur comercial de cabra y yogur de leche de vaca hallando valores de 1159,7 a 1162,1 mg/kg de calcio, 2,11 a 3,33 mg/kg de hierro, 113,4 a 133,3 mg/kg de magnesio, 11,75 a 11,76 mg/kg de zinc y 929,1 a 973,7 mg/kg de fósforo. Luis *et al.*[147] reportaron el contenido de macro y oligoelementos en 72 yogures comerciales, hallando concentraciones de 1018 mg/kg de calcio, 0,33 mg/kg de hierro, 115,1 mg/kg de magnesio y 2,79 mg/kg de zinc, que realizando la comparación al yogur estudiado, encontramos que la cantidad de calcio (3846,04 mg/kg) es mayor en el yogur estudiado frente a los reportados, respecto al hierro se encuentra en valores similares (7,41 mg/kg), al igual que 135,73; 2,93; 1255,07 mg/kg magnesio, zinc y fósforo, respectivamente, demostrándose que el yogur con mayor aceptabilidad es una fuente potencial de minerales.

Los recuentos de coliformes, mohos y levaduras fueron menor de 1 Log UFC/g (<10 UFC/g), siendo conforme con lo establecido por Ministerio de Salud,

donde indica que los valores deben ser menores a 1 Log UFC/g (<10 UFC/g), lo que demuestra las condiciones higiénicas que se emplearon para la elaboración del yogur y las buenas prácticas seguidas en el laboratorio, y de la inocuidad de los ingredientes añadidos como el extracto biotransformado de algarrobo y la jalea que fueron agregados posterior a la pasteurización de la leche, esto es una condición necesaria en la elaboración de alimentos en general como lo demuestra en su estudio Kiros *et al.*[144].

Respecto a las bacterias ácido lácticas, representan a las bacterias *Streptoccous thermophilus, Lactobaccillus bulgaricus*, las cuales fueron las bacterias iniciadoras de la fermentación, se reportó que en el yogur con mayor aceptabilidad presentó 7,55 Log UFC/g (3,6 x 10^7 UFC/g) representando estas bacterias benéficas un valor mayor a 7 Log UFC/g (10^7 UFC/g), lo que concuerda con lo señalado por MINAGRI[106], este resultado concuerda con lo reportado por El kholy *et al.*[148] que al agregar extracto de achicoria que contiene inulina a un yogur bajo en grasa, reportó valores mayores a 7 Log UFC/g (10^7 UFC/g) de bacterias *S. thermophilus, L. bulgaricus, L. ácidophilus and B. bifidum*

El pH y la acidez del yogur son parámetros que están relacionados, ya que cuando el pH disminuye, la acidez tiende a aumentar[149]. El pH reportado fue 4,48 y la acidez que resultó fue 1,05 % de ácido láctico, lo que concuerda con Codex Alimentarius[15] que indica que la acidez mínima es de 0,6 %. A su vez Habibi *et al.*[150] obtuvieron valores de pH de yogures que se encontraron de pH 4,30 a 4,45. En la misma línea se reportó que los valores de pH de yogures se encontraron de 4,50 a 4,60, en donde evaluaron el enriquecimiento con FOS[11] , asimismo estudios evidenciaron valores de pH de otros yogures que agregaron inulina y que obtuvieron un rango más amplio de 4,07 a 4,64[151], estas variaciones está relacionado directamente con el tiempo y temperatura de fermentación y concentración de cultivos iniciadores.

La liberación del suero de la matriz del gel, se conoce como sinéresis, considerándose un defecto de calidad[152]. Gomes *et al.*[153] reportaron valores de 0,07 % a 13,4 % en yogures que se redujeron la azúcar y se reemplazó con fibra de maíz y polidextrosa, que en comparación con el yogur estudiado presentó sinéresis (0,11 %) lo que se refleja en valores semejantes, en cambio respecto a Córdova *et al.*[154] reportaron valores de 1 % a 16,1 % en yogures que se incorporó harina de pota *(Dosidicus gigas)* en diferentes proporciones, realizando la comparación se evidenció menor sinéresis.

Los parámetros de textura son importantes porque nos permite conocer la calidad del yogur, que son afectadas por parámetros como temperatura y tiempo del tratamiento térmico, cantidad de bacterias iniciadoras, temperatura de fermentación, condiciones de almacenamiento y la composición de proteínas de la leche[155].

Du *et al.*[156] evaluaron el efecto de orujo de mora en las propiedades fisicoquímicas y textura en un yogur batido, reportando valores de 0,54 N a 0,60 N de firmeza, 0,11 N a 0,13 N de cohesividad, comparando con los resultados del yogur en estudio son similares los valores, ya que se obtuvo 0,36 N de firmeza, 0,46 mJ de adhesividad y 0,09 de cohesividad. En cambio, con lo reportado por Demirci *et al.*[157] se difiere ya que este autor estudia un yogur aflanado reportando valores de 2,47 N a 4,30 N firmeza y 1,68 N a 2,02 N de cohesividad. Mudgil *et al.*[109] reportaron valores de 0,3 a 2,5 mJ de la adhesividad en yogures de leche de camello agregado con diferentes niveles de gelatina, al realizarse la comparación con el yogur investigado, presenta valores similares al agregar 0,5 % de gelatina en el yogur de leche camello.

Roberfroid *et al.*[158] reportaron que el consumo de prebióticos en cantidad superior a 3 g por día brinda un efecto en la salud del consumidor, es así que, comparando con lo hallado en el yogur con mayor aceptabilidad, tomando como referencia una porción de 170 g como lo detalla FDA[159], encontramos que se consumiría 3,11 g /porción de FOS, es así que el yogur se convierte en una alternativa de fuente de prebiótico. Asimismo, se evidenció que el

yogur con mayor aceptabilidad estudiado, presentó un alto contenido de calcio y contenido FOS, es así que se puede relacionar a que la presencia de FOS como prebiótico aumente la biodisponibilidad del mineral en el consumidor[160].

Se evidencia que la tendencia de alimentos funcionales permite generar productos innovadores que sean agradables sensorialmente y brinden una adecuada nutrición, que garanticen una buena salud del consumidor. Es por ello que es una alternativa potencial generar un yogur funcional, añadiendo un extracto biotransformado de algarrobo que contenga fructooligosacáridos que aporta parte prebiótica potencializando su calidad y valor nutricional.

VII. CONCLUSIONES

- El extracto biotransformado de algarrobo presentó un pH 4,64, sólidos solubles totales de 38,0 °Bx, 0,90 de actividad de agua. Además, presentó 899 mg/kg de fósforo, 462,0 mg/kg de calcio, 372 mg/kg de magnesio, 6,0 mg/kg de zinc y 6,0 mg/kg de hierro. En sus características microbiológicas no presentó crecimiento de aerobios mesófilos, *Enterobacteriaceas*, coliformes, mohos y levaduras y en el contenido de carbohidratos obtuvo 5,80 % de fructosa, 12,6 % de glucosa, 2,30 % de sacarosa, 16,10 % de fructooligosacáridos.

- Las evaluaciones que se realizaron a las diez formulaciones de yogur presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) para las respuestas sabor y aceptabilidad general, en cambio, para el atributo color y el pH, no presentaron diferencias significativas. Obteniéndose que la formulación seis, que contiene 84 % de yogur base, 10 % de extracto biotransformado de algarrobo y 6 % de jalea de tumbo y piña, fue la fórmula que presentó mayor aceptabilidad.

- El yogur con mayor aceptabilidad, presentó 78,30 % de humedad, 0,795 % de cenizas, 16 % de grasa y 3,03 % de proteína total. En el contenido de minerales reportó 3846,04; mg/kg de calcio, 1255,07 mg/kg de fósforo, 135,73 mg/kg de magnesio, 7,41 mg/kg de hierro y 2,93 mg/kg de zinc. El yogur presentó 7,56 Log UFC/g ($3,6 \times 10^7$ UFC/g) de bacterias acido lácticas y no presentó crecimiento de bacterias coliformes, mohos y levaduras. Respecto a sus características fisicoquímicas obtuvo pH 4,48, 1,05 % de ácido láctico, 0,11 % de sinéresis, 0,36 N de firmeza, 0,46 mJ de adhesividad y 0,09 N de cohesividad. Finalmente, el yogur obtuvo 1,0 % de fructosa, 1,26 % de glucosa, 3,33 % de sacarosa y 1,83 % de fructooligosacáridos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Estimar el tiempo de vida útil del yogur frutado con tumbo (*Passiflora mollisima*) y piña (*Ananas comosus*) adicionado con extracto biotransformado de algarrobo (*Prosopis pallida*).

- Evaluar el consumo del yogur frutado con tumbo (*Passiflora mollisima*) y piña (*Ananas comosus*) adicionado con extracto biotransformado de algarrobo (*Prosopis pallida*) respecto al perfil lipídico (triglicéridos, colesterol total, HDL y LDL), glucosa y hemoglobina a un grupo de estudio durante el consumo de la bebida.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chandan RC. An overview of yogurt production and composition. En: Yogurt in Health and Disease Prevention. Elsevier; 2017. p. 31–47. DOI: 10.1016/B978-0-12-805134-4.00002-X
2. Tamillow K. El boom del consumo de yogurt en Latinoamérica [Internet]. América Economía. 2012 [citado 2022 ago 17]. Available from: https://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/el-boom-del-consumo-de-yogurt-en-latinoamerica
3. Muñoz Jáuregui AM, Ramos-Escudero F, Alvarado-Ortiz C, Castañeda Castañeda B. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. Rev Soc Quím Perú [Internet]. 2007;73:142–9. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000300003&lng=es&tlng=es.
4. Chaparro R. D, Maldonado Celis ME, Urango M. LA, Rojano BA. Propiedades quimiopreventivas de Passiflora mollissima (Kunth) L. H. Bailey (curuba larga) contra cáncer colorrectal. Revista Cubana de Plantas Medicinales [Internet]. 2015; Available from: http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/185
5. Ikram MMM, Mizuno R, Putri SP, Fukusaki E. Comparative metabolomics and sensory evaluation of pineapple (Ananas comosus) reveal the importance of ripening stage compared to cultivar. J Biosci Bioeng. 2021 dic 1;132(6):592–8. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2021.08.008
6. Peña-Suasnabar CG. Síntesis enzimática de fructooligosacáridos a partir de los frutos de algarrobo (Prosopis pallida) [Internet] [Tesis de doctorado]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2022. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.12672/17933
7. Pereira CTM, Pereira DM, de Medeiros AC, Hiramatsu EY, Ventura MB, Bolini HMA. Skyr yogurt with mango pulp, fructooligosaccharide and

natural sweeteners: Physical aspects and drivers of liking. LWT. 2021;150. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112054

8. Gonzalez NJ, Adhikari K, Sancho-Madriz MF. Sensory characteristics of peach-flavored yogurt drinks containing prebiotics and synbiotics. LWT - Food Science and Technology. 2011 ene 1;44(1):158–63. DOI: 10.1016/J.LWT.2010.06.008
9. Gualdron J, González R. Evaluación de un yogur con características simbióticas y su efecto sobre la vida útil del producto. Revista Colombiana de Microbiología Tropical. 2013;3(1):6–17.
10. El-Kholy WM, Aamer RA, Ali ANA. Utilization of inulin extracted from chicory (Cichorium intybus L.) roots to improve the properties of low-fat synbiotic yoghurt. Annals of Agricultural Sciences. 2020;65(1):59–67. DOI: 10.1016/j.aoas.2020.02.002
11. Kariyawasam KMGMM, Lee NK, Paik HD. Synbiotic yoghurt supplemented with novel probiotic Lactobacillus brevis KU200019 and fructooligosaccharides. Food Biosci. 2021 feb 1;39. DOI: 10.1016/j.fbio.2020.100835
12. Martins GH, Kwiatkowski A, Bracht L, Luiz De Queiroz Srutkoske C, Windson C, Haminiuk I. Perfil físico-químico, sensorial e reológico de iogurte elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e suplementado com inulina. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 2013;15(1):93–102. DOI: 10.15871/1517-8595/rbpa.v15n1p93-102
13. Huaccha Cabrera KY. Estimación de la vida útil sensorial con pruebas aceleradas y estadística de supervivencia de yogur de leche de cabra descremada frutado con lúcuma (Pouteria lucuma) y extracto de yacón (Smallanthus sonchifolius) [Internet] [Tesis de grado]. [Trujillo]: Universidad Nacional de Trujillo; 2016. Available from: http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10597
14. Tamime AY, Deeth HC. Yogurt : Technology and Biochemistry 1. 1980;43(12):939–77.
15. Codex Alimentarius. Norma del Codex para leches fermentadas. Codex Stan 243-2003. Suiza; 2010 p. 1–11.

16. Khedkar CD, Kalyankar SD, Deosarkar SS. Fermented Foods: Fermented Milks. En: Encyclopedia of Food and Health. Elsevier Inc.; 2015. p. 661–7. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00286-5
17. Lee WJ, Lucey JA. Formation and physical properties of yogurt. Asian-Australas J Anim Sci. 2010;23(9):1127–36. DOI: 10.5713/ajas.2010.r.05
18. Afonso IM, Maia JM. Rheological monitoring of structure evolution and development in stirred yoghurt. J Food Eng. 1999 dic 1;42(4):183–90. DOI: 10.1016/S0260-8774(99)00118-1
19. Ramírez-Navas JS. Introducción a la Reología de Alimentos. Revista de la Ciencia , Tecnología e Ingenieria de los Alimentos. 2006;6(1):1–46.
20. Corrieu G, Béal C. Yogurt: The Product and its Manufacture. Encyclopedia of Food and Health. 2016 ene 1;617–24. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00766-2
21. Narvhus JA, Abrahamsen RK. Yogurt: Types and Manufacture. Encyclopedia of Dairy Sciences. 2022 ene 1;502–10. DOI: 10.1016/B978-0-12-818766-1.00234-8
22. Instituto Nacional de Defensa al Consumidor (INDECOPI). NTP 202.092. Leche y productos lácteos. Leches fermentadas. Yogurt. Requisitos. Perú; dic 18, 2014 p. 1–14.
23. Morelli L. Yogurt, living cultures, and gut health. American Journal of Clinical Nutrition. 2014 may 1;99(5). DOI: 10.3945/ajcn.113.073072
24. Tamime AY, Robinson RK. Fermented milks and their future trends. Part II. Technological aspects. Journal of Dairy Research. 1988;55:281–307.
25. Kailasapathy K, Harmstorf I, Phillips M. Survival of Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium animalis ssp. lactis in stirred fruit yogurts. LWT - Food Science and Technology. 2008 sep 1;41(7):1317–22. DOI: 10.1016/J.LWT.2007.08.009
26. Mohamed Ahmed IA, Alqah HAS, Saleh A, Al-Juhaimi FY, Babiker EE, Ghafoor K, et al. Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type yogurt fortified with argel (Solenostemma argel Hayne) leaf extract. LWT. 2021 feb 1;137:110389. DOI: 10.1016/J.LWT.2020.110389

27. Delgado-Fernández P, Corzo N, Olano A, Hernández-Hernández O, Moreno FJ. Effect of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria and physicochemical properties of yoghurts. Int Dairy J. 2019 feb 1;89:77–85. DOI: 10.1016/j.idairyj.2018.09.003
28. Al-Sheraji SH, Ismail A, Manap MY, Mustafa S, Yusof RM, Hassan FA. Prebiotics as functional foods: A review. J Funct Foods. 2013 oct;5(4):1542–53. DOI: 10.1016/j.jff.2013.08.009
29. Gibson GR, Rastall RA. Prebiotics: Development & Application. Primera. Chichester: John Wiley & Sons Ltd; 2006. 1–255 p.
30. Roberfroid MB. Introducing inulin-type fructans. British Journal of Nutrition. 2005 abr;93(S1):S13–25. DOI: 10.1079/bjn20041350
31. Crittenden RG, Playne MJ. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. Trends Food Sci Technol. 1996 nov 1;7(11):353–61. DOI: 10.1016/S0924-2244(96)10038-8
32. Aryana KJ, Plauche S, Rao RM, McGrew P, Shah NP. Fat-free plain yogurt manufactured with inulins of various chain lengths and Lactobacillus acidophilus. J Food Sci. 2007 abr;72(3):79–84. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00302.x
33. Guven M, Yasar K, Karaca OB, Ayaloglu AAH. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. International Journal of Dairy Technology . 2005;58(3):180–4. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2005.00210.x
34. Prasanna PHP, Rastall RA. Potential Applications of Prebiotics to Yogurt and Impact on Health. Yogurt in Health and Disease Prevention. 2017 ene 1;171–82. DOI: 10.1016/B978-0-12-805134-4.00009-2
35. Weaver CM. Diet, Gut Microbiome, and Bone Health. Curr Osteoporos Rep. 2015;13(2):125–30. DOI: 10.1007/s11914-015-0257-0
36. Shori AB. The potential applications of probiotics on dairy and non-dairy foods focusing on viability during storage. Biocatal Agric Biotechnol. 2015 oct 1;4(4):423–31. DOI: 10.1016/J.BCAB.2015.09.010
37. Adebola OO, Corcoran O, Morgan WA. Synbiotics: the impact of potential prebiotics inulin, lactulose and lactobionic acid on the survival

and growth of lactobacilli probiotics. J Funct Foods. 2014 sep 1;10:75–84. DOI: 10.1016/J.JFF.2014.05.010

38. Mozzi Fernanda, Raya RR, Vignolo GM. Biotechnology of lactic acid bacteria : novel applications. Segunda. John Wiley & Sons, Ltd; 2015. 1–393 p.
39. Coronel Feijo MA. Estudio de las características fisico-químicas y sensoriales de yogur enriquecido con quinua (Chenopodium quinoa Wild) [Internet] [Tesis de doctorado]. [Extremadura]: Universidad de Extremadura; 2018. Available from: http://hdl.handle.net/10662/9273
40. Hill D, Ross RP, Arendt E, Stanton C. Microbiology of yogurt and bio-yogurts containing probiotics and prebiotics. En: Yogurt in Health and Disease Prevention. Elsevier; 2017. p. 69–85. DOI: 10.1016/B978-0-12-805134-4.00004-3
41. Wu S, Li D, Li SJ, Bhandari B, Yang BL, Chen XD, et al. Effects of incubation temperature, starter culture level and total solids content on the rheological properties of yogurt. International Journal of Food Engineering. 2009 abr 22;5(2). DOI: 10.2202/1556-3758.1436
42. Settachaimongkon S, Nout MJR, Antunes Fernandes EC, Hettinga KA, Vervoort JM, van Hooijdonk TCM, et al. Influence of different proteolytic strains of Streptococcus thermophilus in co-culture with Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus on the metabolite profile of set-yoghurt. Int J Food Microbiol. 2014 may 2;177:29–36. DOI: 10.1016/J.IJFOODMICRO.2014.02.008
43. Sieuwerts S, de Bok FAM, Hugenholtz J, van Hylckama Vlieg JET. Unraveling microbial interactions in food fermentations: From classical to genomics approaches. Vol. 74, Applied and Environmental Microbiology. 2008. p. 4997–5007. DOI: 10.1128/AEM.00113-08
44. Fagg CW, Stewart JL. The value of Acacia and Prosopis in arid and semi-arid environments. J Arid Environ. 1994;27(1):3–25. DOI: 10.1006/jare.1994.1041.
45. Burkart AE. A Monograph of the Genus Prosopis (Leguminosae Subfam. Mimosoideae). Journal of the Arnold Arboretum. 1976;57(3):219–49. DOI: 10.5962/p.185864

46. Cortez González CJ. Definición de parámetros de calidad del café de algarroba para la elaboración de una norma técnica [Internet] [Tesis de grado]. [Piura]: Universidad de Piura; 2010. Available from: https://hdl.handle.net/11042/1494
47. Grados N, Ruiz W, Cruz G, Díaz C, José Puicón Y. Productos industrializables de la algarroba peruana (Prosopis pallida): algarrobina y harina de algarroba. Multequina [Internet]. 2000;9(2):119–32. Available from: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292000000200008&lng=es.
48. Basilio Prokopiuk D. Sucedáneo del café a partir de algarroba [Internet] [Tesis de doctorado]. [Valencia]: Universidad Politécnica de Valencia; 2004. Available from: http://hdl.handle.net/10251/1975
49. Prokopiuk D, Cruz G, Grados N, Garro O, Chiralt YA. Estudio comparativo entre frutos de Prosopis alba y Prosopis pallida. Multequina [Internet]. 2000;9:35–45. Available from: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292000000100005&lng=es.
50. Meyer D, Becker R, Gumbmann MR, Vohra P, Neukom H, Saunders RM. Pods as a Raw Material for the Food Industry'. Vol. 34, J. Agric. Food Chem. 1986.
51. Cruz G. Obtención de harina de algarroba y posibilidades de utilizarla en productos para la utilización humana [Tesis de grado]. [Piura]: Universidad de Piura; 1986.
52. Sciammaro L, Ferrero C, Puppo MC. Chemical and nutritional properties of different fractions of Prosopis alba pods and seeds. Journal of Food Measurement and Characterization. 2016 mar 1;10(1):103–12. DOI: 10.1007/s11694-015-9282-z
53. Gonzales-Barron U, Dijkshoorn R, Maloncy M, Finimundy T, Carocho M, Ferreira ICFR, et al. Nutritional quality and staling of wheat bread partially replaced with Peruvian mesquite (Prosopis pallida) flour. Food Research International. 2020 nov 1;137:109621. DOI: 10.1016/J.FOODRES.2020.109621

54. Gonzales-Barron U, Dijkshoorn R, Maloncy M, Finimundy T, Calhelha RC, Pereira C, et al. Nutritive and bioactive properties of mesquite (prosopis pallida) flour and its technological performance in breadmaking. Foods. 2020 may 1;9(5). DOI: 10.3390/foods9050597
55. Instituto Nacional de Calidad (INACAL). NTP 209.600. Algarrobina. Definiciones y requisitos. Perú; 2019 p. 1–15.
56. Prasanna PHP, Rastall RA. Potential applications of prebiotics to yogurt and impact on health. En: Yogurt in Health and Disease Prevention. Elsevier Inc.; 2017. p. 171–82. DOI: 10.1016/B978-0-12-805134-4.00009-2
57. Verma DK, Patel AR, Thakur M, Singh S, Tripathy S, Srivastav PP, et al. A review of the composition and toxicology of fructans, and their applications in foods and health. Journal of Food Composition and Analysis. 2021 jun 1;99:103884. DOI: 10.1016/J.JFCA.2021.103884
58. Cruz Alcedo GE. Production and characterisation of Prosopis seed galactomannan [Tesis de doctorado]. [Zurich]: Swiss Federal Institute of Technology Zurich; 1999. DOI: 10.3929/ethz-a-003838586
59. Niness KR. Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose Inulin and Oligofructose. J Nutr. 1999;129:1402–6. DOI: 10.1093/jn/129.7.1402S.
60. Murphy O. Non-polyol low-digestible carbohydrates: food applications and functional benefits. British Journal of Nutrition. 2000;8(Suppl 1):47–53. DOI: 10.1079/BJN200261
61. Roberfroid MB. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. J Nutr. 2007;137:2493–502. DOI: 10.1093/jn/137.11.2493S.
62. Chen G, Li C, Chen K. Fructooligosaccharides: A Review on Their Mechanisms of Action and Effects. Studies in Natural Products Chemistry. 2016 ene 1;48:209–29. DOI: 10.1016/B978-0-444-63602-7.00006-0
63. Vega R, Zuniga-Hansen ME. A new mechanism and kinetic model for the enzymatic synthesis of short-chain fructooligosaccharides from sucrose. Biochem Eng J. 2014 ene 15;82:158–65. DOI: 10.1016/J.BEJ.2013.11.012

64. Flores-Maltos DA, Mussatto SI, Contreras-Esquivel JC, Rodríguez-Herrera R, Teixeira JA, Aguilar CN. Biotechnological production and application of fructooligosaccharides. Vol. 36, Critical Reviews in Biotechnology. Taylor and Francis Ltd; 2016. p. 259–67. DOI: 10.3109/07388551.2014.953443
65. Salvatierra D. Determinación de la composición química proximal, carbohidratos totales, azúcares libres y fructano del tipo inulina - fructooligosacáridos del yacon (Smallanthus sonchifolius (Poepp. et Endl.) H. Robinson) [Internet] [Tesis de grado]. [Lima]: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2015. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.12866/668
66. Vega R, Zuniga-Hansen ME. The effect of processing conditions on the stability of fructooligosaccharides in acidic food products. Food Chem. 2015 abr 15;173:784–9. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2014.10.119
67. Charalampopoulos D, Rastall RA. Prebiotics in foods. Curr Opin Biotechnol. 2012 abr 1;23(2):187–91. DOI: 10.1016/J.COPBIO.2011.12.028
68. Mussatto SI, Mancilha IM. Non-digestible oligosaccharides: A review. Carbohydr Polym. 2007 abr 5;68(3):587–97. DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2006.12.011
69. Crittenden RG, Playne MJ. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. Trends Food Sci Technol. 1996 nov 1;7(11):353–61. DOI: 10.1016/S0924-2244(96)10038-8
70. Chi ZM, Zhang T, Cao TS, Liu XY, Cui W, Zhao CH. Biotechnological potential of inulin for bioprocesses. Vol. 102, Bioresource Technology. Elsevier Ltd; 2011. p. 4295–303. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.12.086
71. Sako T, Matsumoto K, Tanaka R. Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. Int Dairy J. 1999 ene 1;9(1):69–80. DOI: 10.1016/S0958-6946(99)00046-1
72. Mussatto SI, Mancilha IM. Non-digestible oligosaccharides: A review. Carbohydr Polym. 2007 abr 5;68(3):587–97. DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2006.12.011

73. Costa GT, Vasconcelos QDJS, Abreu GC, Albuquerque AO, Vilar JL, Aragão GF. Systematic review of the ingestion of fructooligosaccharides on the absorption of minerals and trace elements versus control groups. Clin Nutr ESPEN. 2021 feb 1;41:68–76. DOI: 10.1016/J.CLNESP.2020.11.007
74. Sandoval-González RS, Jiménez-Islas H, Navarrete-Bolaños JL. Design of a fermentation process for agave fructooligosaccharides production using endo-inulinases produced in situ by Saccharomyces paradoxus. Carbohydr Polym. 2018 oct 15;198:94–100. DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2018.06.075
75. Jiang X, Zhu Y, Zhang W, Guang C, Zhang T, Mu W. Efficient production of inulooligosaccharides from inulin by endoinulinase from Aspergillus arachidicola. Carbohydr Polym. 2019 mar 15;208:70–6. DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2018.12.053
76. Singh RS, Singh T, Kennedy JF. Enzymatic synthesis of fructooligosaccharides from inulin in a batch system. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 2020 dic 25;1:100009. DOI: 10.1016/J.CARPTA.2020.100009
77. Lorenzoni ASG, Aydos LF, Klein MP, Rodrigues RC, Hertz PF. Fructooligosaccharides synthesis by highly stable immobilized β-fructofuranosidase from Aspergillus aculeatus. Carbohydr Polym. 2014 mar 15;103(1):193–7. DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2013.12.038
78. Gerschenson LN, Rojas AM, Fissore EN. Carbohydrates. Nutraceutical and Functional Food Components: Effects of Innovative Processing Techniques. 2017 ene 1;39–101. DOI: 10.1016/B978-0-12-805257-0.00003-X
79. Li J, Liu X, Zhou B, Zhao J, Li S. Determination of fructooligosaccharides in burdock using HPLC and microwave-assisted extraction. J Agric Food Chem. 2013 jun 19;61(24):5888–92. DOI: 10.1021/jf400534n
80. Calzada J. 143 frutales nativos. Primera. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1980. 1–314 p.
81. Ocampo Gálvez OA. El cultivo de curuba larga (Passiflora Mollisima) en el departamento de Antoquía y su manejo agronómico en la vereda

yarumal del municipio de Sonsón [Internet] [Tesis de grado]. [Sonsón]: Universidad Nacional Abierta y a Distancia; 2014. Available from: https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2782

82. Fernández Cutire O, Ale Flores O. Técnicas de propagación y mejoramiento del cultivo del tumbo (Passiflora Mollisima, L) en Tarata. Ciencia & Desarrollo. 2019;9:135–8. DOI: 10.33326/26176033.2005.9.187
83. Encina Zelada CR, Carpio Rivadeneira LJ. Máxima retención de ácido ascórbico, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tumbo. Revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2011;29:225–45. DOI: 10.26439/ing.ind2011.n029.236
84. Chaparro-Rojas DC, Maldonado ME, Franco Londono MC, Urango-Marchena LA. Características nutricionales y antioxidantes de la fruta curuba larga (Passiflora mollisima Bailey). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2015 abr 17;13(1):120–8. DOI: 10.17533/udea.penh.v16n2a07.
85. Lazo Jimenez LJ. Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de Passiflora mollissima (Tumbo) en diferentes pisos ecológicos en las regiones de Arequipa, Moquegua y Cusco [Internet] [Tesis de maestría]. [Arequipa]: Universidad Nacional de San Agustín; 2021. Available from: http://hdl.handle.net/20.500.12773/12614
86. Mohd Ali M, Hashim N, Abd Aziz S, Lasekan O. Pineapple (Ananas comosus): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. Food Research International. 2020 nov 1;137:109675. DOI: 10.1016/J.FOODRES.2020.109675
87. Anahui Andia JJ. Producción de piña (Ananas comosus) golden: experiencias del IRD Selva (UNALM) en Satipo - Junín [Internet] [Trabajo de suficiencia profesional]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2019. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.12996/4024
88. Lobo MG, Paul RE, editores. Handbook of Pineapple Technology. Primera. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd.; 2017. 1–274 p.

89. Campos DA, Ribeiro TB, Teixeira JA, Pastrana L, Pintado MM. Integral valorization of pineapple (Ananas comosus L.) By-products through a green chemistry approach towards Added Value Ingredients. Foods. 2020;9(1). DOI: 10.3390/foods9010060
90. Johnson RK, Appel LJ, Brands M, Howard B v., Lefevre M, Lustig RH, et al. Dietary sugars intake and cardiovascular health a scientific statement from the american heart association. Vol. 120, Circulation. 2009. p. 1011–20. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192627
91. Soloman George D, Razali Z, Somasundram C. Physiochemical Changes during Growth and Development of Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr. cv. Sarawak). Vol. 18, J. Agr. Sci. Tech. 2016.
92. Liu C, Liu Y. Effects of elevated temperature postharvest on color aspect, physiochemical characteristics, and aroma components of pineapple fruits. J Food Sci. 2014 dic 1;79(12):C2409–14. DOI: 10.1111/1750-3841.12688
93. Larson RA. The antioxidants of higher plants. Vol. 27, Phytochemistry. 1988. p. 969–78. DOI: 10.1016/0031-9422(88)80254-1
94. Martínez R, Torres P, Meneses MA, Figueroa JG, Pérez-Álvarez JA, Viuda-Martos M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. Food Chem. 2012 dic 1;135(3):1520–6. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2012.05.057
95. Zdrojewicz Z, Chorbińska J, Biezyński B, Krajewski P. Health-promoting properties of pineapple. Vol. 14, Pediatria i Medycyna Rodzinna. Medical Communications; 2018. p. 133–42. DOI: 10.15557/PiMR.2018.0013
96. Afifah DN, Hartono AF, Astuti AT, Susilo Putri SN, Probosari E, Anjani G, et al. The addition of soy milk to pineapple chellies as a complementary alternative to nutritious snacks for children. Int J Gastron Food Sci. 2022 ago 3;100571. DOI: 10.1016/J.IJGFS.2022.100571
97. Muñoz J, María Delgado NC, Alcívar A. Preparation of nectar of pitahaya (Selenicereus megalanthus) with pineapple (Ananas comous) and passion fruit (Passiflora edulis) and its effect on the physical-chemical,

microbiological and organoleptic characteristics. Agroindustrial science. 2019 jun 28;9(1):13–7. DOI: 10.17268/agroind.sci.2019.01.02

98. Montgomery DC. Diseño y análisis de experimentos. Segunda. Ciudad de México: Editorial Limusa SA; 2004. 1–692 p.
99. Gutiérrez Pulido H, de la Vara Salazar R. Análisis y diseño de experimentos. Tercera. Ciudad de México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores SA; 2012.
100. Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. Segunda. Bogotá: Editorial McGraw-Hill Latinoamericana SA; 1985. 1–633 p.
101. Chiroque Mendoza DJ. Degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (Mangifera indica L.) variedad Haden y predicción microbiológica de vida útil mediante modelo de Gompertz [Internet] [Tesis de grado]. [Piura]: Universidad Nacional de Piura; 2017. Available from: http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1038
102. Cornell JA, Knapp FW. Evaluation using composite complete-incomplete block designs. J Food Sci. 1972;37(6):876–82. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1972.tb03692.x
103. Jaime L, Martín-Cabrejas MA, Mollá E, López-Andréu FJ, Esteban RM. Effect of storage on fructan and fructooligosaccharide of onion (Allium cepa L.). J Agric Food Chem. 2001;49(2):982–8. DOI: 10.1021/jf000921t
104. Campos D, Betalleluz I, Tauquino R, Chirinos R, Pedreschi R. Nutritional and functional characterisation of Andean chicuru (Stangea rhizanta). Food Chem. 2009 ene 1;112(1):63–70. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.05.035
105. Ministerio de Salud (MINSA). R.M. 591/2008. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú; ago 27, 2008 p. 1–26.
106. Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Reglamento de la leche y productos lácteos. 007 Perú; 2017 p. 1–34.
107. Lim SH, Chin NL, Sulaiman A, Tay CH, Wong TH. Sensory Analysis for Cow Milk Product Development Using High Pressure Processing (HPP)

in the Dairy Industry. Foods. 2022 abr 25;11(9):1233. DOI: 10.3390/foods11091233

108. Keogh MK, O'kennedy BT. Rheology of Stirred Yogurt as Affected by Added Milk Fat, Protein and Hydrocolloids. J Food Sci. 1998;63(1). DOI: 10.1111/j.1365-2621.1998.tb15687.x
109. Mudgil P, Jumah B, Ahmad M, Hamed F, Maqsood S. Rheological, micro-structural and sensorial properties of camel milk yogurt as influenced by gelatin. LWT. 2018 dic 1;98:646–53. DOI: 10.1016/J.LWT.2018.09.008
110. Boeri P, Piñuel L, Sharry S, Barrio D. Caracterización nutricional de la harina integral de algarroba (Prosopis alpataco) de la norpatagonia Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata [Internet]. 2017;116(1):129–40. Available from: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61879
111. Avellaneda Rodriguez EE, Cubas Quispe DM. Formulación de panetón con sustitución parcial de harina de trigo (triticum aestivum) por harina de algarroba (Prosopis alba) [Internet] [Tesis de grado]. [Lambayeque]: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; 2018. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.12893/3105
112. Alamo Farroñan MR. Caracterización fisicoquímica de la harina de algarroba (Prosopis Pallida) del distrito de Illimo [Internet] [Tesis de grado]. [Pimentel]: Universidad Señor de Sipán; 2019. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.12802/6557
113. Felker P, Grados N, Cruz G, Prokopiuk D. Economic assessment of production of flour from Prosopis alba and P. pallida pods for human food applications. J Arid Environ. 2003 abr 1;53(4):517–28. DOI: 10.1006/jare.2002.1064
114. Fernández Bellodas ZD, Vera Quiroz G. Elaboración de un producto extruido en base a harinas de algarroba (Prosopis pallida), arroz (Oriza sativa) y maíz amarillo duro (Zea mays L.) [Internet] [Tesis de grado]. [Lambayeque]: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; 2014. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.12893/143

115. Gonzales-Barron U, Dijkshoorn R, Maloncy M, Finimundy T, Calhelha RC, Pereira C, et al. Nutritive and bioactive properties of mesquite (prosopis pallida) flour and its technological performance in breadmaking. Foods. 2020 may 1;9(5). DOI: 10.3390/foods9050597
116. Melo RM de, Xavier MWR, Nascimento IL do, Pontes EDS, Andrade JC da S, Nascimento PB do, et al. Elaboração e caracterização físico-química de cookie adicionado de farinha da vagem de algaroba (Prosopis juliflora). Research, Society and Development. 2020 ago 26;9(9):e476997488. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7488
117. Silva Maia CG de, Melo Filho AB de, Pires EF, Stamford Montenegro TL. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (Prosopis juliflora (Sw.) DC). Ciênc Tecnol Aliment, Campinas. 2007;27(4):733–6. DOI: 10.1590/S0101-20612007000400010
118. Souza RLA de, Correia RTP. Physicochemical and bioactive characterization of the Indian Fig Cactus (Opuntia ficus-indica) fruit and mesquite (Prosopis juliflora) flour and sensory assessment of derived products. Alimentos e Nutrição : Brazilian Journal of Food and Nutrition [Internet]. 2013;24(4):369–77. Available from: https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/45404
119. Stadtman ER. Nonenzymatic Browning in Fruit Products. Advances in Food Research . 1948;1:325–72. DOI: 10.1016/s0065-2628(08)60211-6
120. Pham HTT, Bista A, Kebede B, Buvé C, Hendrickx M, van Loey A. Insight into non-enzymatic browning of shelf-stable orange juice during storage: A fractionation and kinetic approach. J Sci Food Agric. 2020 jul 1;100(9):3765–75. DOI: 10.1002/jsfa.10418
121. Vaclavik VA, Christian EW, Campbell T. Essentials of Food Science. Quinta. Springer. Cham: Springer Nature Switzerland AG; 2021. 1–481 p.
122. Singh RS, Singh T, Kennedy JF. Enzymatic synthesis of fructooligosaccharides from inulin in a batch system. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 2020 dic 25;1:100009. DOI: 10.1016/J.CARPTA.2020.100009

123. Duan KJ, Chen JS, Sheu DC. Kinetic studies and mathematical model for enzymatic production of fructooligosaccharides from sucrose. Enzyme Microb Technol. 1994 abr 1;16(4):334–9. DOI: 10.1016/0141-0229(94)90176-7
124. Surin S, Seeuriyachan P, Thakeow P, Phimolsiripol Y. Optimization of enzymatic production of fructooligosaccharides from Longan Syrup. Journal of Applied Sciences. 2012;12(11):1118–23. DOI: 10.3923/jas.2012.1118.1123
125. Karboune S, Appanah N, Khodaei N, Tian F. Enzymatic synthesis of fructooligosaccharides from sucrose by endo-inulinase-catalyzed transfructosylation reaction in biphasic systems. Process Biochemistry. 2018 jun 1;69:82–91. DOI: 10.1016/J.PROCBIO.2018.03.010
126. Risso FVA, Mazutti MA, Treichel H, Costa F, Maugeri F, Rodrigues MI. Assessment of fructooligosaccharides production from sucrose in aqueous and aqueous-organic systems using immobilized inulinase from Kluyveromyces marxianus NRRL Y-7571. Food Science and Technology. 2012 mar 13;32(2):245–9. DOI: 10.1590/s0101-20612012005000030
127. Oliveira Kuhn G de. Imobilização e tratamento de inulinases de Kluyveromyces marxianus NRRL Y-7571 E Aspergillus niger em fluidos pressurizados: efeito na atividade enzimática e síntese de frutooligossacarídeos [Tesis de maestría]. [Erechim]: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; 2013.
128. Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. Modern Food Microbiology. Séptima. Heldman DR, editor. New York: Springer Science+Business Media; 2005. 1–782 p.
129. Moreno Saldarriaga MM. Determinación del factor de dilución adecuado en el proceso de elaboración de algarrobina y su influencia en el tiempo de concentración [Internet] [Tesis de grado]. [Piura]: Universidad Nacional de Piura; 2021. Available from: http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2991
130. Calle Bailón GL, Palacios Almeida AL. Caracterización farmacognóstica y fitoquímica de la especie Prosopis pallida, cultivada en la comuna

Chanduy- Santa Elena [Internet] [Tesis de grado]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2018. Available from: http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33607

131. Ancajima Maza JY. Estimación del tiempo de vida útil de algarrobina en empaque de vidrio, empleando pruebas aceleradas [Internet] [Tesis de grado]. [Morropón]: Universidad Católica Sede Sapientiae; 2020. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.14095/779
132. Calazam AC, Oliveira M. AK de, de Lara VC, Pinto Bogisch MI. Elaboração e comparação sensorial de iogurte natural e isento de lactose com algarrobina. Revista Alimentus - Ciências e Tecnologias. 2021;9:128–43.
133. Pingo Elías A, Maza Silva GD, Nuñez Colán LL. Elaboración y caracterización de yogurt a base de pera (Pyrus communis) y aguaymanto (Physalis peruviana L.) edulcorado con stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) [Internet] [Informe de Investigación]. [Piura]: Universidad Nacional de Piura; 2019. Available from: http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2020
134. Senaka Ranadheera C, Evans CA, Adams MC, Baines SK. Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. Food Chem. 2012 dic 1;135(3):1411–8. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.025
135. Qiu L, Zhang M, Mujumdar AS, Chang L. Effect of edible rose (Rosa rugosa cv. Plena) flower extract addition on the physicochemical, rheological, functional and sensory properties of set-type yogurt. Food Biosci. 2021 oct 1;43:101249. DOI: 10.1016/J.FBIO.2021.101249
136. Ekinci FY, Gurel M. Effect of using propionic acid bacteria as an adjunct culture in yogurt production. J Dairy Sci. 2008;91(3):892–9. DOI: 10.3168/jds.2007-0244
137. Kip P, Meyer D, Jellema RH. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. Int Dairy J. 2006 sep;16(9):1098–103. DOI: 10.1016/j.idairyj.2005.10.011

138. Allgeyer LC, Miller MJ, Lee SY. Sensory and microbiological quality of yogurt drinks with prebiotics and probiotics. J Dairy Sci. 2010 oct 1;93(10):4471–9. DOI: 10.3168/JDS.2009-2582
139. Meena L, Neog R, Yashini M, Sunil CK. Pineapple Pomace powder (Freeze-dried): Effect on the texture and Rheological Properties of Set-type Yogurt. Food Chemistry Advances. 2022 sep 8;100101. DOI: 10.1016/J.FOCHA.2022.100101
140. Du H, Yang H, Wang X, Zhu F, Tang D, Cheng J, et al. Effects of mulberry pomace on physicochemical and textural properties of stirred-type flavored yogurt. J Dairy Sci. 2021 dic 1;104(12):12403–14. DOI: 10.3168/JDS.2020-20037
141. Wijesekara A, Weerasingha V, Jayarathna S, Priyashantha H. Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage. Food Chem X. 2022 jun 30;14:100332. DOI: 10.1016/J.FOCHX.2022.100332
142. Li H, Song W, Liu T, Xu S, Zhang S, Zhang Y, et al. Developing novel synbiotic yoghurt with Lacticaseibacillus paracasei and lactitol: Investigation of the microbiology, textural and rheological properties. Int Dairy J. 2022 dic 1;135:105475. DOI: 10.1016/J.IDAIRYJ.2022.105475
143. Olaya Ruiz WA. Efecto de la adición de harina de algarroba (Prosopis pallida) en diferentes concentraciones sobre la viscosidad y aceptabilidad general del yogurt simbiótico [Internet] [Tesis de grado]. [Piura]: Universidad Nacional de Piura; 2021. Available from: http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3189
144. Kiros E, Seifu E, Bultosa G, Solomon WK. Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt. LWT - Food Science and Technology. 2016 jun 1;69:191–6. DOI: 10.1016/J.LWT.2016.01.026
145. Souza TSP, Luna AS, Barros DB, Pimentel TC, Pereira EPR, Guimarães JT, et al. Yogurt and whey beverages available in Brazilian market: Mineral and trace contents, daily intake and statistical differentiation.

Food Research International. 2019 may 1;119:709–14. DOI: 10.1016/J.FOODRES.2018.10.050

146. Hernandez K, Park YW. Evaluation of 20 Macro and Trace Mineral Concentrations in Commercial Goat Milk Yogurt and Its Cow Milk Counterpart. Food Nutr Sci. 2014;05(10):889–95. DOI: 10.4236/fns.2014.510098
147. Luis G, Rubio C, Revert C, Espinosa A, González-Weller D, Gutiérrez AJ, et al. Dietary intake of metals from yogurts analyzed by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). Journal of Food Composition and Analysis. 2015 may 1;39:48–54. DOI: 10.1016/J.JFCA.2014.11.013
148. El-Kholy WM, Aamer RA, Ali ANA. Utilization of inulin extracted from chicory (Cichorium intybus L.) roots to improve the properties of low-fat synbiotic yoghurt. Annals of Agricultural Sciences. 2020 jun 1;65(1):59–67. DOI: 10.1016/j.aoas.2020.02.002
149. Al-Sahlany STG, Khassaf WH, Niamah AK, Abd Al-Manhel AJ. Date juice addition to bio-yogurt: The effects on physicochemical and microbiological properties during storage, as well as blood parameters in vivo. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2022 jul 4; DOI: 10.1016/J.JSSAS.2022.06.005
150. Habibi Najafi MB, Fatemizadeh SS, Tavakoli M. Release of Proteolysis Products with ACE-Inhibitory and Antioxidant Activities in Probiotic Yogurt Containing Different Levels of Fat and Prebiotics. Int J Pept Res Ther. 2019 mar 15;25(1):367–77. DOI: 10.1007/s10989-018-9679-8
151. Rivera JAR, Ramírez Matheus AO. Elaboración de yogurt con probióticos (Bifidobacterium spp. y Lactobacillus acidophilus) e inulina. Rev Fac Agron [Internet]. 2009;26:223–42. Available from: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182009000200006&lng=es&tlng=es
152. Delikanli B, Ozcan T. Effects of various whey proteins on the physicochemical and textural properties of set type nonfat yoghurt. Int J Dairy Technol. 2014 nov 1;67(4):495–503. DOI: 10.1111/1471-0307.12142

153. Gomes ER, Carneiro LCM, Stephani R, Carvalho AF de, Renhe IRT, Wolfschoon-Pombo AF, et al. Effect of sugar reduction and addition of corn fibre and polydextrose on pore size and syneresis of yoghurt. Int Dairy J. 2022 jun 1;129:105298. DOI: 10.1016/J.IDAIRYJ.2021.105298
154. Córdova-Ramos JS, Gonzales-Barron U, Cerrón-Mallqui LM. Physicochemical and sensory properties of yogurt as affected by the incorporation of jumbo squid (Dosidicus gigas) powder. LWT. 2018 jul 1;93:506–10. DOI: 10.1016/J.LWT.2018.03.082
155. Karam MC, Gaiani C, Hosri C, Burgain J, Scher J. Effect of dairy powders fortification on yogurt textural and sensorial properties: A review. Journal of Dairy Research. 2013 nov;80(4):400–9. DOI: 10.1017/S0022029913000514
156. Du H, Yang H, Wang X, Zhu F, Tang D, Cheng J, et al. Effects of mulberry pomace on physicochemical and textural properties of stirred-type flavored yogurt. J Dairy Sci. 2021 dic 1;104(12):12403–14. DOI: 10.3168/jds.2020-20037
157. Demirci T, Sert D, Aktaş K, Atik DS, Öztürk Negiş Hİ, Akın N. Influence of hot and cold break tomato powders on survival of probiotic L. paracasei subsp. paracasei F19, texture profile and antioxidative activity in set-type yoghurts. LWT. 2020 ene 1;118. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108855
158. Roberfroid M, Gibson GR, Hoyles L, McCartney AL, Rastall R, Rowland I, et al. Prebiotic effects: Metabolic and health benefits. British Journal of Nutrition. 2010 ago;104(SUPPL.2). DOI: 10.1017/S0007114510003363
159. Food and Drug Administration (FDA), Center for Food Safety and Applied Nutrition. Reference Amounts Customarily Consumed (RACC): List of Products for Each Product Category: Guidance for Industry. Estados Unidos; feb, 2018 p. 1–39.
160. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. Nutrients. 2013 abr 22;5(4):1417–35. DOI: 10.3390/nu5041417

X. ANEXOS

Anexo 1. Métodos de ensayos normalizados

a) Métodos aplicados en el extracto biotransformado de algarrobo y yogures

- **Determinación de pH**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 981.12: 2016. Se empleó un potenciómetro previamente calibrado con buffer 4,0 y 7,0. Se empleó una muestra representativa de 40 mL a una temperatura de 20 °C a 25 °C, luego se sumergió el electrodo en la muestra y se tomó lectura de los valores.

- **Determinación de calcio, hierro, magnesio**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 975.03: 2019. Se empleó el método de espectrofotometría de absorción atómica. Se pesó 1 g de muestra seca, se sometió a incineración, seguidamente a las cenizas se le agregó HNO_3, se volvió a calcinar y se agregó HCl en un matraz de 50 mL. Se dejó reposar, se separó el sobrenadante, y se realizó las diluciones con HCl.

- **Determinación de zinc**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 974.27: 2019. Se empleó el método de espectrofotometría de absorción atómica. Se filtró en una membrana de 0,45 mm al filtrado se le agregó HNO_3, se calentó hasta sequedad. Se añadió HCl. Se transfirió una alícuota a otro vaso precipitado y se agregó HNO_3. Se realizó la preparación de la curva de calibración 0, 0,05, 0,1, 0,5 a 1 ppm.

- **Determinación de fósforo**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 970.39: 2016. Se empleó el método espectrofométrico molibdovanadato. Se pesó 2 g, la cual fue incinerada, se diluyó la muestra en solución HCl, se evaporó a baño maría, se volvió a diluir con HCl, se procedió a filtrar y se tomó una alícuota, está se mezcló con 5 mL de reactivo molibdovanadato. Se realizó la preparación de la curva de calibración de la solución patrón a 0, 1, 5, 10, 15 y 20 ppm.

- **Determinación de carbohidratos totales**

Se siguió la metodología descrita en Collazos (1993). Se realizó por diferencia, restando del 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y proteínas (P). Se usó la siguiente fórmula:

$$\%\, Carbohidratos = 100 - (H + C + G + P)$$

b) Para la harina de algarrobo

- **Determinación de contenido de humedad**

Se siguió la metodología descrita en NTP 206.011: 2018. Se empleó el método de determinación gravimétrica que se basa en la pérdida de masa cuando la muestra cuando es sometida a la acción de la temperatura. Se pesó 10 g de harina de algarrobo, se taró la cápsula. Luego la muestra fue colocada en una estufa a temperatura de 105 °C hasta reducir a valores que el peso sea constante. Luego, se pesó, y por diferencia se halló el peso final. Se halló el contenido de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$H = \frac{(m - m_1)}{m}\ x\ 100$$

Siendo: m = masa de la muestra original, m_1 = masa de la muestra seca

- **Determinación de proteínas**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 920.87:2019. Se empleó el método volumetría ácido -base. Se pesó 2 g de la muestra en un matraz. Se añadió 0,7 g de HgO, 15 g de K_2SO_4 y 25 mL de H_2SO_4. Se procedió a colocar el matraz en un posición inclinada y caliente hasta que cese la formación de espuma, se hirvió hasta que la solución se aclaró, aproximadamente luego de 30 minutos. Se enfrió a temperatura ambiente, se agregó 200 mL de agua, luego se adicionó 25 mL de tiosulfato con solución de NaOH 10N, se lo mezcló con el objetivo de precipitar el Hg. Se agregó gránulos de zinc. Se conectó el matraz al destilador, y se calentó hasta que se haya destilado el NH_3. El condensado se recepcionó. Finalmente, se valoró con HCl para expresar el nitrógeno en función a la proteína. Se empleó un factor (K) de 6,25.

$$\% N = \frac{1{,}4007\ x\ (V_1 - V_2)}{W}$$

Siendo: $V_1 =$ mL del gasto de HCl, $V_2 =$ mL del NaOH
Se multiplicó % N por el factor 6,25 para calcular el porcentaje de proteína. Es la proteína obtenida de un nitrógeno total básico.

- **Determinación de grasa**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 922.06:2019. Se empleó el método gravimétrico de Mojonnier. Se pesó 2 g de muestra en un vaso precipitado de 50 mL, se agregó 10 mL de HCl, se mezcló y colocó en un baño a vapor de 80 °C por 30 minutos. Se agregó 10 mL de alcohol y se dejó enfriar. La mezcla se transfirió al aparato de extracción Mojonnier. Se utilizó éter de petróleo, y se centrifugó a 600 RPM por 20 min. Se decantó y se procedió a evaporar a 100 °C por 30 minutos, es retirado del proceso hasta el peso constante.

- **Determinación de cenizas**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 923.03:2019. Se empleó el método gravimétrico. Se pesó 5 g de la muestra homogeneizada en un crisol para cenizas poco profundo y relativamente ancho que se haya encendido, enfriado en un desecador y pesado poco después de alcanzar la temperatura ambiente. Se calcinó en el horno a 550 °C (rojo opaco) hasta que se formó cenizas de color gris claro o peso constante. Se dejó enfriar en un desecador y se pesó. Luego es pesado, y por diferencia se halla el peso final.

c) Para extracto biotransformado de algarrobo

- **Determinación de grados brix**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 932.12:2005. Se empleó el método refractométrico, es decir, de la concentración de sacarosa que tiene un índice de refracción. Para la determinación, se ajustó con agua destilada en el prisma del refractómetro. Seguidamente, se acondicionó la muestra a 20 °C, y una vez con la temperatura, se colocó la muestra en el prisma, se tomó lectura de los valores.

- **Determinación de actividad de agua (Aw)**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 978.18:2005. Se empleó el método de higrometría de punto de rocío de espejo enfriado. El punto de rocío es la temperatura a la que una muestra (el vapor de agua en equilibrio con la muestra) a presión constante alcanza la saturación del vapor de agua. A esta temperatura de saturación, y enfriamiento del vapor, hace que se condense el agua en el espejo del higrómetro, lo que es detectado mediante un mecanismo electrónico. Se utilizó sales de $K_2Cl_2O_7$ para calibrar. Seguidamente, la muestra fue colocada en la porta muestra, y mencionar que fue acompañado por un blanco con agua, se tomó lectura de los valores.

- **Recuento de aerobios mesófilos**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 990.12. Se empleó el método Petrifilm. Se pesó 10 g de muestra en 90 mL de agua peptonada 0,1 % y se homogeneizó. Se inoculó 1 mL de la suspensión en el centro de la placa. Se incubó a 35° ± 1°C por 48 horas. Finalmente, se realizó el recuento directo.

- **Recuento de coliformes**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 991.14. Se empleó el método Petrifilm. Se pesó 11 g de muestra en 99 mL de agua peptonada 0,1 %, se homogeneizó. Se inoculó 1 mL de la suspensión en el centro de la placa. Se incubó a 35° ± 1°C por 24 horas. Finalmente, se realizó el recuento directo.

- **Recuento de *enterobacteraceae***

Se siguió la metodología descrita en AOAC 2003.01 para el extracto biotransformado. Se empleó el método Petrifilm. Se pesó 11 g de muestra en 99 mL de agua peptonada 0,1 %, se homogeneizó. Se inoculó 1 mL de la suspensión en el centro de la placa. Se incubó a 37° ± 1°C por 24 horas. Finalmente, se realizó el recuento directo.

- **Recuento de mohos y levaduras**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 2014.05. Se empleó el método Petrifilm. Se pesó 11 g de muestra en 99 mL de agua peptonada 0,1 %, se homogeneizó. Se inoculó 1 mL de la suspensión en el centro de la placa. Se incubó a 25 °C a 28 °C por 48 horas. Finalmente, se realizó el recuento directo.

d) Para el yogur con mayor aceptabilidad

- **Determinación de acidez titulable**

Se siguió la metodología descrita en NTP 202.116: 2008 revisión 2018. Se pesó 10 mL de yogur en tres matraces Erlenmeyer de 100 mL. A un matraz se añadió 1 mL de la solución de rosanilina y a los otros dos se añadió 1 mL de solución de fenolftaleína. Seguidamente, se tituló con la solución 0,1 N de NaOH con agitación y lentamente, hasta conseguir una coloración rojo grosella igual al contenido en el primer matraz.

$$A = \frac{V\ x\ N\ x\ 0{,}09}{W}\ x\ 100$$

Siendo: $V =$ mL de solución 0,1 N NaOH gastado, W= masa de la muestra de leche, $N =$ normalidad de la solución de NaOH, $0{,}09 =$ Peso miliequivalente.

- **Determinación de contenido de humedad**

Se siguió la metodología descrita en FIL-IDF 151:1991. Se empleó el método de determinación gravimétrica. Se lavó cuidadosamente y secó la cápsula en la estufa ajustada a 103 °C durante 30 min. Se dejó enfriar en el desecador. Posterior, se pesó 5 g de muestra, previamente se taró la cápsula. Se colocó la cápsula en el baño María a ebullición durante 30 min. Luego se calentó por 3 horas en una estufa 103° ± 2 °C. Se enfrió en un desecador, se pesó rápidamente, y por diferencia se halló el peso final. Se halló el contenido de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$H = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_2 - m)}\ x\ 100$$

Siendo: $m =$ masa de la cápsula vacía, $m_2 =$ masa de la cápsula con leche antes de la desecación, $m_1 =$ masa de la cápsula con los sólidos totales (después de la desecación)

- **Determinación de proteínas**

Se siguió la metodología descrita en NTP 202.119:1998 revisión 2014. Se empleó el método Kjeldahl. Se añadió 15 g de K_2SO_4, 1 mL solución de CuSO4 y 8 a 10 perlas para control de ebullición al matraz de digestión. Se calentó a 38 °C. Se pesó 5 mL de muestra y se mezcló los reactivos previamente pesados en el matraz. Se añadió 25 mL H_2SO_4, se enjuagó en el cuello del matraz. Se digestó y destiló un blanco. Se procedió a colocar el matraz en un posición inclinada y caliente hasta que cese la formación de espuma, se hirvió hasta que la solución se aclaró, luego de 60 minutos. Al término de la digestión, la muestra digestada debe ser clara y libre de material sin digestar. Se enfrió a temperatura ambiente (25 min), se agregó 300 mL de agua. En la destilación, se añadió 50 mL de solución de H_3BO_3 con indicador a un matraz Erlenmeyer de 500 mL graduado y se colocó el matraz debajo de la punta del condensador. Se añadió 75 mL NaOH 50 %, sin agitación. Se conectó el matraz al destilador, y calentó hasta que se haya destilado el NH3. El condesado se recepcionó. Finalmente, se valoró con HCl 0,1 N hasta obtener un color rosáceo, se expresó la relación de la proteína y nitrógeno. Se empleó un factor (K) de 6,38.

$$\% N = \frac{1{,}4007\ x\ (V_1 - V_2) x\ N}{W}$$

Siendo: $V_1 =$ mL del titulante de HCl utilizado para la muestra, $V_2 =$ mL del titulante HCl utilizado para el blanco, $N =$ normalidad de solución de HCl.
Se multiplicó % N por el factor 6,38 para calcular el porcentaje de proteína. Es la proteína obtenida de un nitrógeno total básico.

- **Determinación de grasa**

Se siguió la metodología descrita en FIL-IDF 116A:1987. Se empleó el método gravimétrico de Rose-Gottlieb. Se pesó 10 g de muestra en un matraz extractor de grasa. Se añadió 1,5 mL de solución de NH_3 al 25 % y mezcló completamente. Se añadió 10 mL de alcohol etílico y se agitó el contenido. Seguidamente, se añadió 25 mL de éter dietílico, se tapó y agitó por 1 minuto. Se agregó 25 mL de éter de petróleo, se tapó y mezcló agitando e invirtiendo durante 30 segundos. Se centrifugó el matraz a 600 RPM por 20 min. Se decantó la solución de éter en un matraz, con precaución de no arrastrar ninguna porción de capa acuosa. Se repitió la extracción dos veces más usando 15 mL éter dietílico y 15 mL éter de petróleo. Seguidamente, se evaporó completamente los solventes en un baño de vapor a una temperatura que no cause salpicaduras. Se secó la grasa hasta peso constante a 102 °C por 1 hora. Se dejó enfriar el matraz en el desecado y pesó el matraz enfriado, sin limpieza previa al pesaje. Se agregó 20 mL de éter de petróleo para verificar si el material extraído es completamente soluble, se calentó suavemente y agitó hasta que toda la grasa se haya disuelto. Es así que, si el material extraído es completamente soluble en el éter de petróleo, la masa de grasa es la diferencia entre la masa final del matraz con el extracto y la masa original del matraz vacío. Se empleó la siguiente ecuación:

$$G = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} \; x \; 100$$

Siendo: m =masa de la muestra analizada, m_1= masa del matraz con el extracto, m_2=masa del matraz vacío o del matraz con el material insoluble, m_3=masa del matraz con el extracto resultante en la determinación en blanco, m_4 = masa del matraz vacío empleado en la determinación del blanco

- **Determinación de fibra cruda**

Se siguió la metodología descrita en NTP 205.003:1980 revisión 2011. Se pesó 2 g de muestra desengrasada y seca. Se pesó 5 g de la muestra homogeneizada en un crisol, evaporar hasta que presente peso constante, luego se dejó enfriar en un desecador y pesarlo. Se colocó en un matraz y se le agregó 200 mL de H_2SO_4. Luego, se colocó en el aparato de digestión con la plancha de calentamiento. Se digestó a temperatura de ebullición por 30 minutos. Se filtró usando un embudo de Buchner, se aplicó la succión, y se vertió al vaso de digestión. Se agregó 200 mL de NaOH en ebullición y se dejó hervir por 30 minutos. Se lavó el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, para terminar con tres lavados con éter de petróleo. Se colocó el crisol en el horno a 105°C por 12 horas y luego se enfrió en el desecador. Se pesó los crisoles con el residuo y se colocó en la mufla a 550°C por 3 horas. Finalmente, se pesó y por diferencia se halló el peso final. Se empleó la siguiente ecuación:

$$F = \frac{A - B}{W}\ x\ 100$$

Siendo: $A =$ pérdida en masa de la incineración de la muestra, $B =$ pérdida en masa de la incineración del blanco, $W =$ masa

- **Determinación de cenizas**

Se siguió la metodología descrita en AOAC 945.46:2019. Se empleó el método gravimétrico. Se pesó 5 g de la muestra homogeneizada en un crisol, se evaporó hasta peso constante a 130 °C por 3 horas, luego se enfrió en un desecador y se pesó. Luego, se calcinó en el horno a 550 °C (rojo opaco) hasta que se formó cenizas de color gris claro o hasta un peso constante. Se enfrío en un desecador y se pesó. Luego se pesó, y por diferencia se halló el peso final. Se empleó la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(m_3 - m\,)}{(m_2 - m)}\ x\ 100$$

Siendo: m =masa de la cápsula vacía, m_2= masa de la cápsula con leche (antes de incineración), m_3= masa de la cápsula con las cenizas (después de incineración)

- **Recuento de coliformes**

Se siguió la metodología descrita en ICMSF vol. 1, parte II, ed. II Pág. 131-134. Se pesó 25 g en 225 mL de agua peptonada bufferada, se homogeneizó. Se transfirió 1 mL a cada tubo que contiene Caldo Lauril Sulfato de Triptosa las diluciones decimales 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}. Se incubó los tubos a 35 °C por 24 horas, para detectar la formación de gas. Seguidamente, a los tubos que no mostraron producción de gas, se les reincubó a 35 °C por 24 horas adicionales. Finalmente, se anota los tubos que muestren producción de gas los cuales se emplearon para calcular el Número Más Probable (NMP).

- **Recuento de mohos y levaduras**

Se siguió la metodología descrita en ICMSF vol. 1, parte II, ed. II Pág. 166-167. Se pesó 25 g en 225 mL de agua peptonada bufferada, se homogeneizó. Se transfirió 1 mL a una placa Petri estéril. A las placas Petri se le agregó 15 mL de agar oxitetraciclina glucosa, fundido y templado a 44 °C y se homogeneizó. Luego se invirtió las placas cuando haya solidificado el agar. Se incubó a 20 °C a 24 °C durante 3 a 5 días. Finalmente, se realizó el recuento directo.

- **Recuento de bacterias ácido lácticas**

Se siguió la metodología descrita en APHA/CMMEF 5th edition chapter 19, página 231-233, 2015 para el yogur con mayor aceptabilidad. Se pesó 25 g en 225 mL de agua peptonada bufferada, se homogeneizó. Se realizó hasta la dilución 10^{-6}. Se transfirió 1 mL a una placa Petri estéril. A las placas Petri se le agregó 15 mL de agar MRS. Se distribuyó el inóculo de manera homogénea. Se incubó en jarra de anaerobiosis a 35 °C ± 1°C por 72 horas.

Anexo 2. Consentimiento informado para la evaluación sensorial

CONSENTIMIENTO INFORMADO

En la evaluación sensorial a realizarse se evaluarán diez muestras de yogur con tumbo y piña adicionado con extracto biotransformado de algarrobo.

Yo, _____ acepto participar en la evaluación sensorial. Comprendo que algunos ingredientes del producto pueden ser alérgicos, como el caso de derivado lácteos o de los cítricos u de otro ingrediente empleado elaborado en el producto.

Firma:

DNI:

Fecha:

Muchas gracias por su tiempo

Anexo 3. Ficha de test de evaluación sensorial

TEST DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombres y Apellidos:

Fecha:

 # Juez:

Instrucciones

Evalúe la calidad de las siguientes muestras codificadas y califique el sabor, el color y la aceptabilidad sensorial de cada muestra del producto según la escala preferida.

Escala	Puntuación
Me gusta mucho	7
Me gusta	6
Me gusta ligeramente	5
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta ligeramente	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

Código	Color	Sabor	Aceptabilidad sensorial
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Comentarios:

_____

_____

_____

Muchas gracias por su tiempo 😊

Anexo 4. Diagrama de flujo de jalea de piña y tumbo y su descripción de proceso

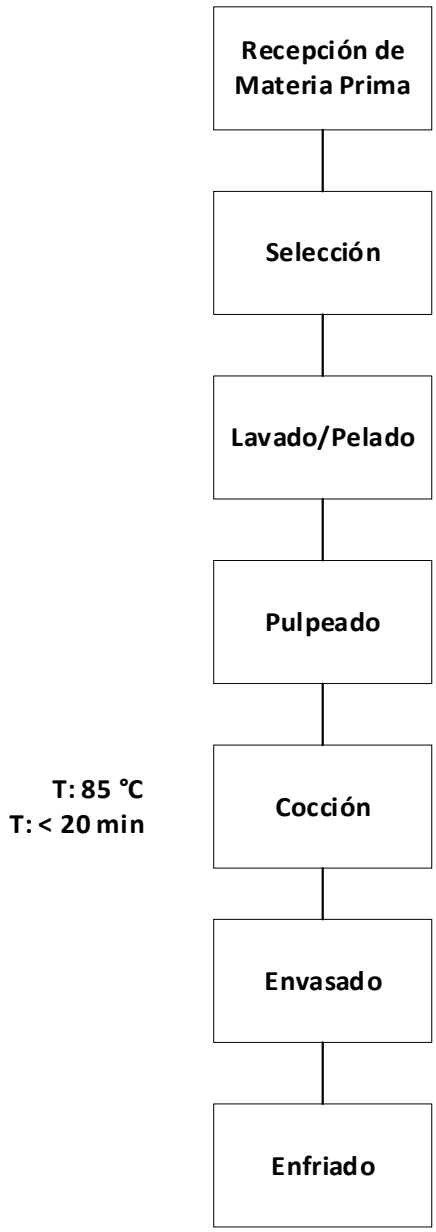

Figura 21. Diagrama de flujo de elaboración de jalea de tumbo y piña

Descripción del proceso de obtención de jalea

- **Recepción de Materia prima**

En esta etapa se comprueba el cumplimiento de requisitos de la piña y tumbo, es decir, que estén en buen estado, la madurez, tamaños requeridos y características necesarias.

- **Selección**

Esta etapa tiene por objetivo separar las frutas que presenten algún daño físico o muchedumbres, entre otros.

- **Lavado**

Las frutas se sumergen en solución de agua clorada, en la piña se cepilla la cáscara para eliminar cualquier material extraño.

- **Pelado**

Esta operación se elimina la cáscara, el objetivo es mantener la mayor cantidad de pulpa posible. Para la piña se descarta el corazón, y se trocea la pulpa.

- **Pesado**

Se realiza el pesado de la pulpa de piña y tumbo y se calcula las cantidades de azúcar que se adicionará para obtener el producto final.

- **Pulpeado**

Se procede a separar semillas de tumbo que pueda presentarse en exceso y se queda con una cantidad necesaria.

- **Cocción**

Previamente se agrega la azúcar de forma gradual. Se realiza la cocción de la pulpa de tumbo y trozos de piña. El tiempo de cocción de la mezcla no debe de sobrepasar los 20 minutos. Se realiza en agitación constante, hasta obtener 68 °Bx.

- **Envasado**

El envasado se realiza cuando la jalea esté por los 85°C para evitar contaminación con el envase previamente esterilizado.

- **Enfriado**

Cuando el envase ha sido llenado y sellado herméticamente, se procede a disminuir la temperatura con agua a chorro

Anexo 5. Gráficas de los supuestos estadísticas de las variables respuestas.

Las gráficas de los supuestos estadísticos para la respuesta color: prueba de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia, respectivamente, se presentan en las Figuras 22, 23 y 24.

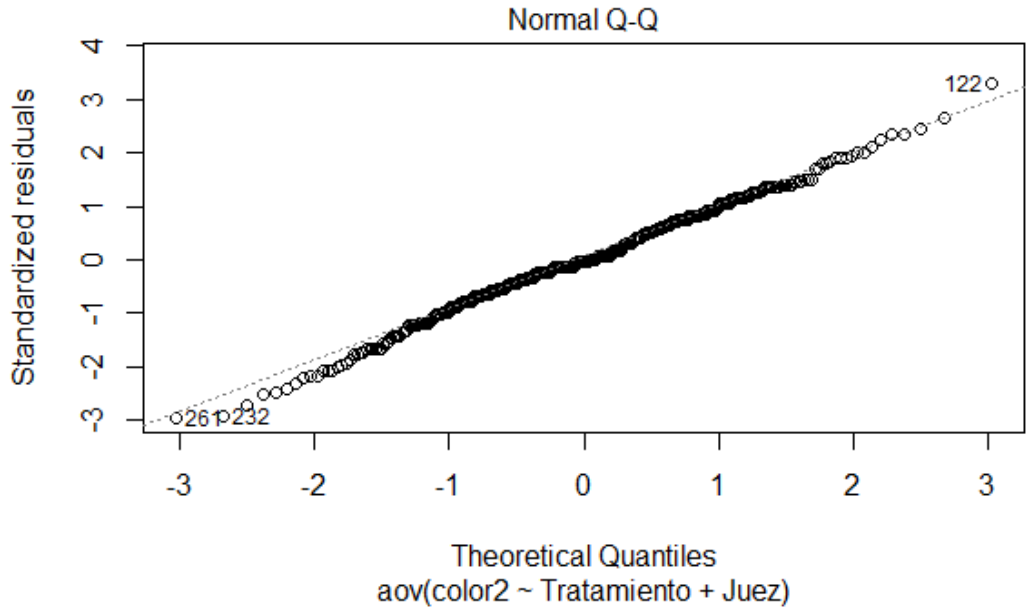

Figura 22. Supuesto de normalidad de color

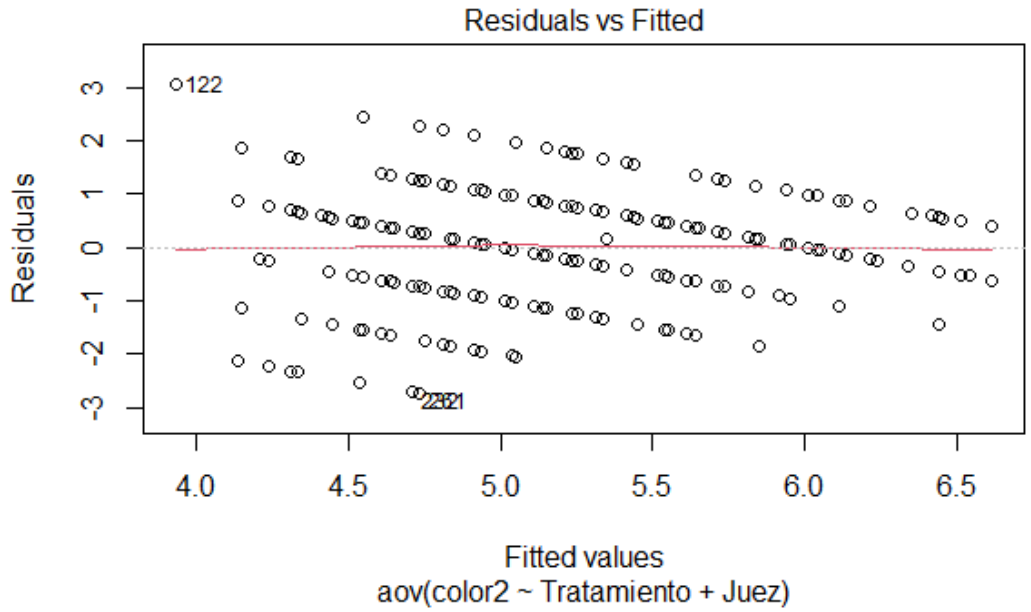

Figura 23. Supuesto de homogeneidad de varianza de color

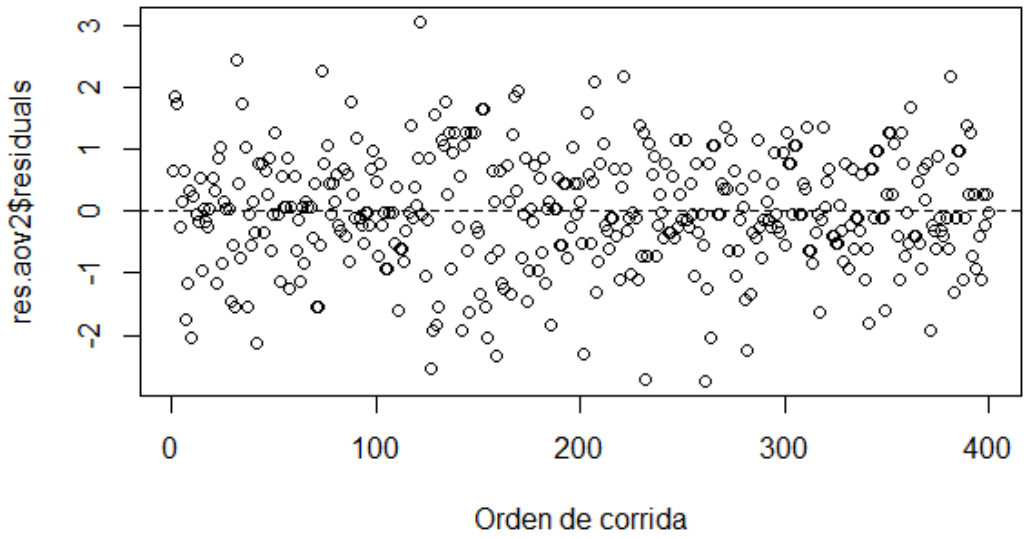

Figura 24. Supuesto de independencia de color

Las gráficas de los supuestos estadísticos para la respuesta sabor: prueba de normalidad, homocedasticidad e independencia, se presentan en las Figuras 25, 26 y 27.

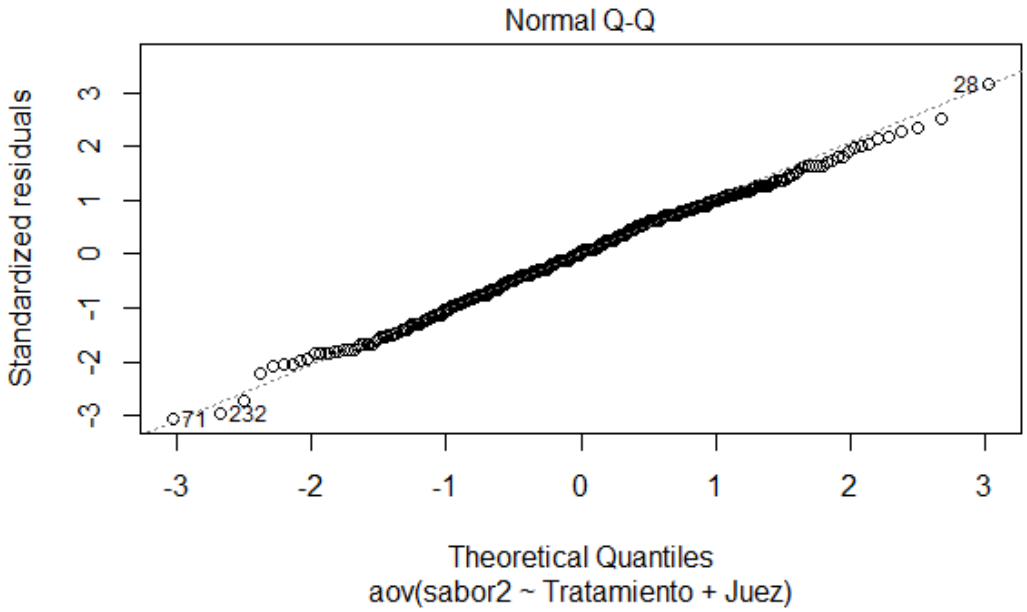

Figura 25. Supuesto de normalidad de sabor

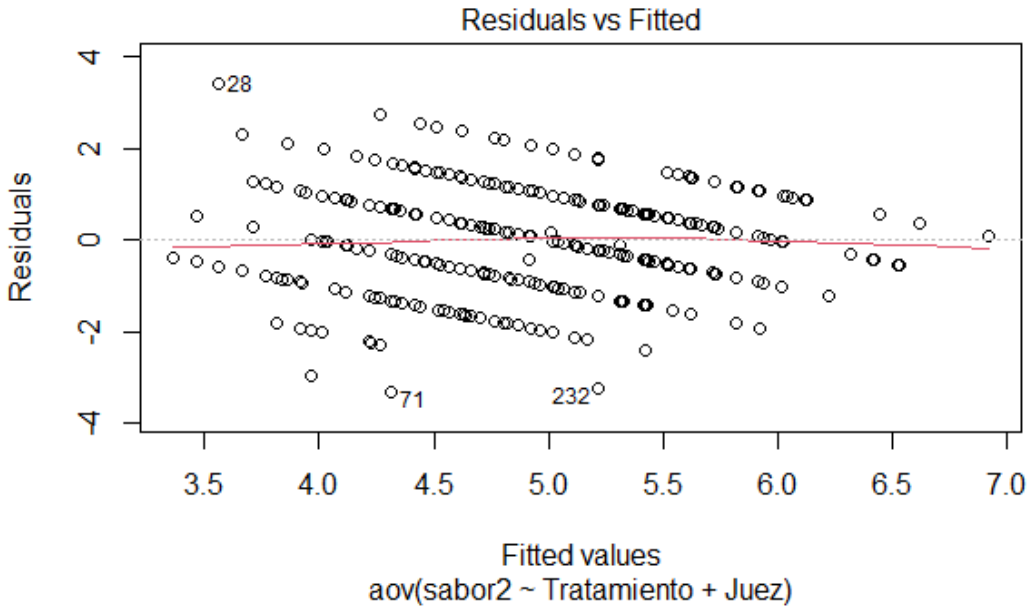

Figura 26. Supuesto de homogeneidad de varianza de sabor

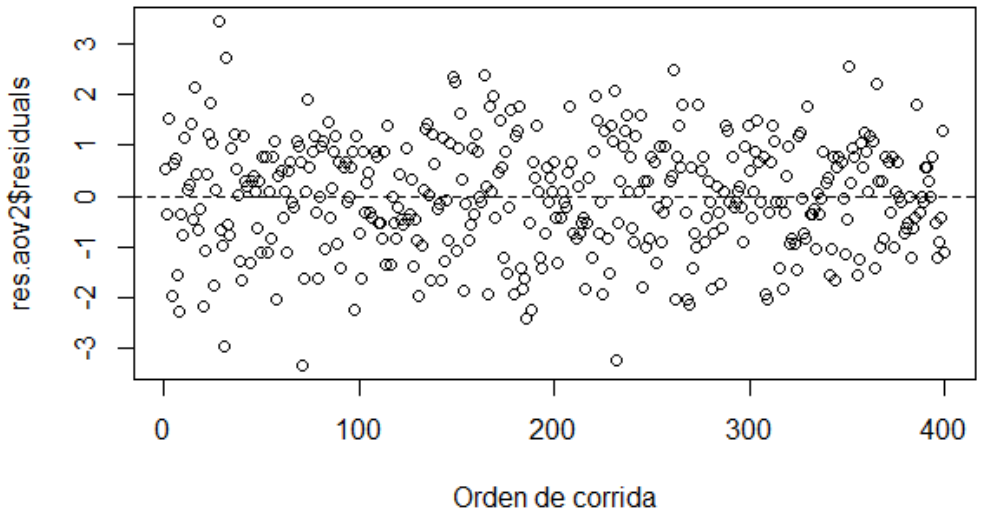

Figura 27. Supuesto de independencia de sabor

Las gráficas de los supuestos estadísticos para la respuesta aceptabilidad: prueba de normalidad, homocedasticidad e independencia, se presentan en las Figuras 28, 29 y 30.

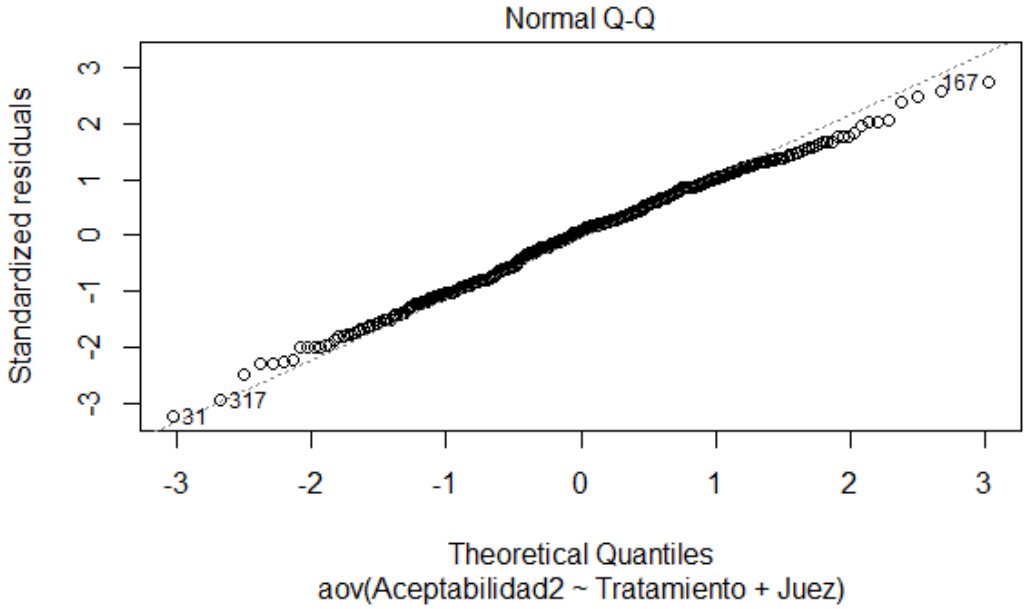

Figura 28. Supuesto de normalidad de aceptabilidad

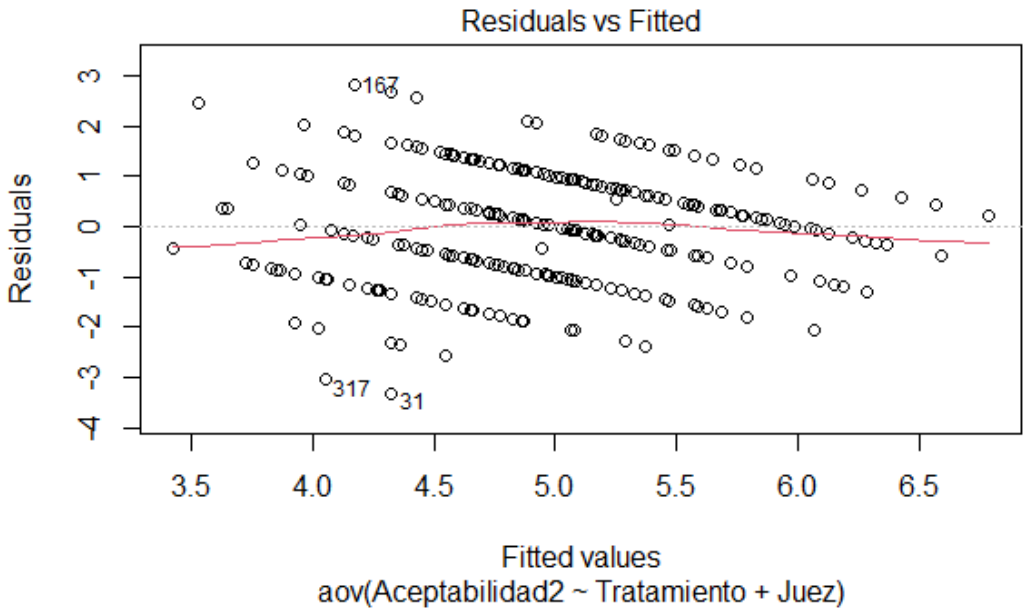

Figura 29. Supuesto de homogeneidad de varianza de aceptabilidad

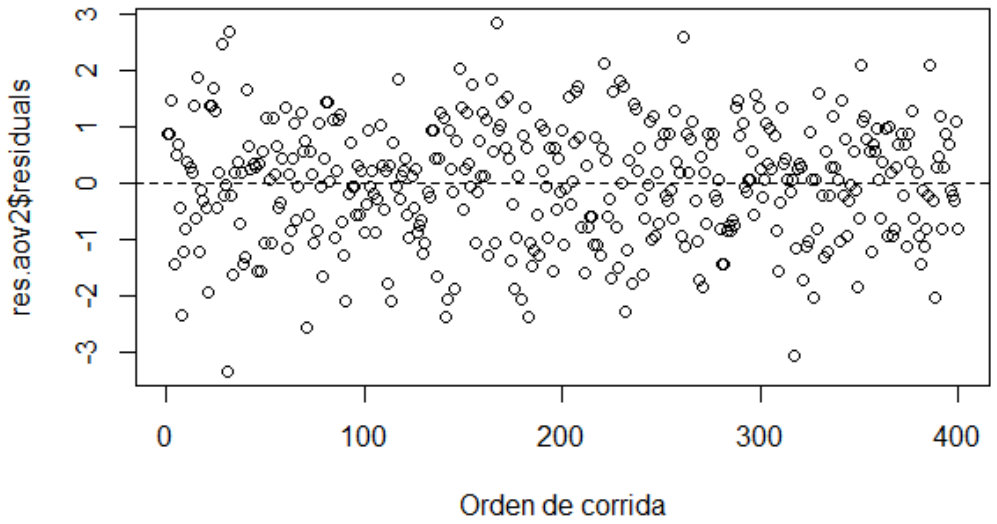

Figura 30. Supuesto de independencia de sabor

En las Figuras 31, 32 y 33 se presentan las gráficas de los supuestos estadísticos para la respuesta pH: prueba de normalidad, homocedasticidad e independencia, respectivamente.

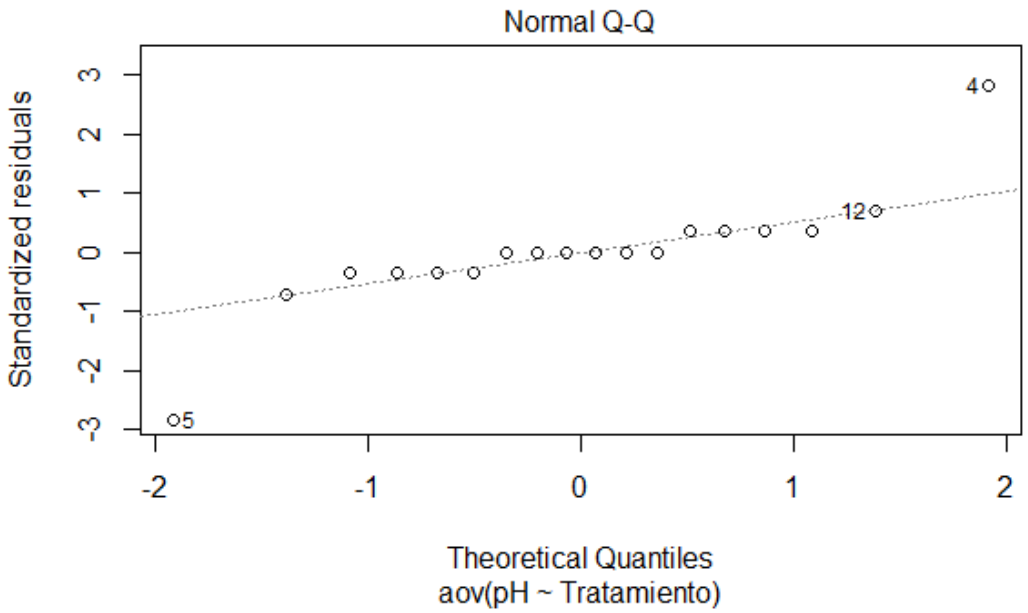

Figura 31. Supuesto de normalidad del pH

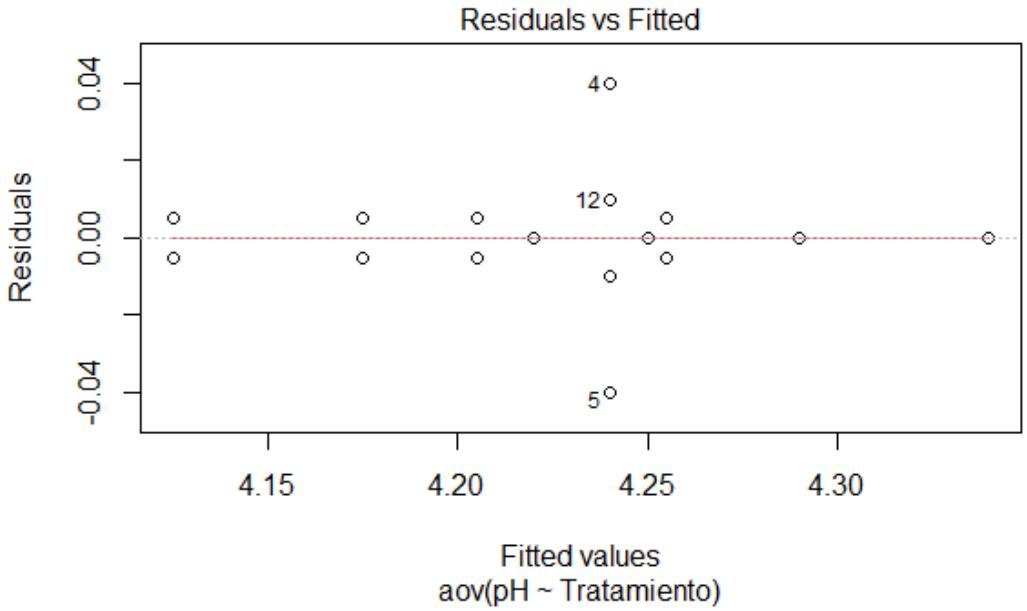

Figura 32. Supuesto de homogeneidad de varianza de pH

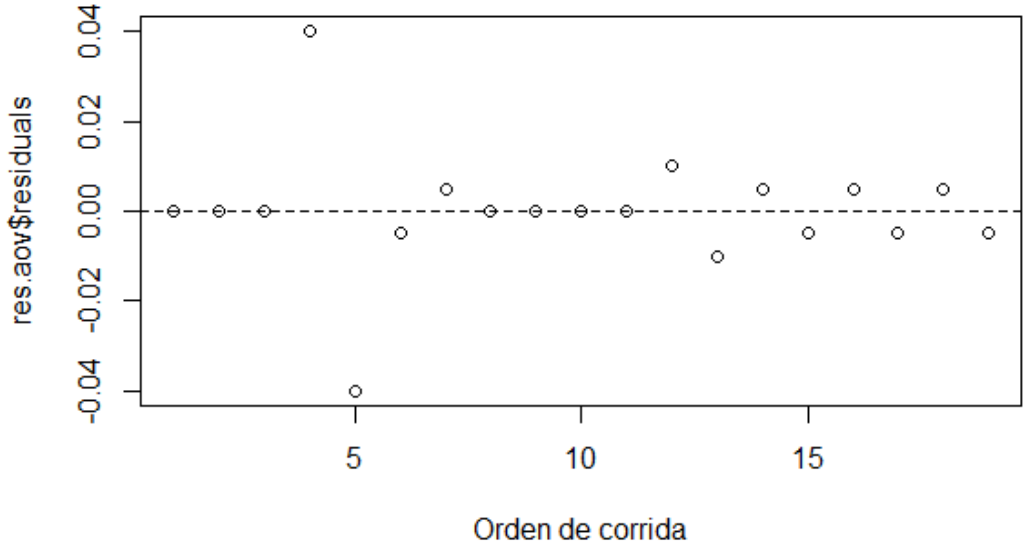

Figura 33. Supuesto de independencia de pH

Anexo 5. Fotografías

Etapa I

En la Figura 34, se seleccionó las mejores vainas de algarrobo.



Figura 34. Vainas de algarrobo

En la Figura 35, se muestra la harina fina de la vaina de algarrobo que fue sometido a molienda pasando por malla.



Figura 35. Harina de vainas de algarrobo

En la Figura 36, se evidencia el extracto biotransformado de algarrobo, que luego de extraer el sobrenadante en la centrifugación del extracto acuoso de algarrobo se sometió a baño maría con la enzima pectinasa donde se obtuvo luego de 12 horas en agitación a una temperatura de 54°C.



Figura 36. Extracto biotransformado de algarrobo

Etapa II

En la Figura 37, se elaboró 10 formulaciones con concentraciones diferentes de jalea y extracto biotransformado de algarrobo para luego pasar por un panel no entrenado.



Figura 37. Formulaciones de yogur

En la Figura 38, se presentá el tumbo y piña que fueron seleccionados. Aquellos frutos sin daños y con una madurez alta, donde haya desaparición del color verde, que estén por lo menos en 12 °Bx y tenga reducción de firmeza y desprende olor característico.



Figura 38. Tumbos y piña empleados en el yogur

Etapa III

En la Figura 39, se presenta cada formulación se almacenó en dos botellas de polietileno de alta densidad de 500 mL, y se almacenó a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su uso.



Figura 39. Formulación de yogur con mayor aceptabilidad