

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: **“Efecto de la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama (*Pachyrhizus erosus*) a un yogur natural”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingenieras en Alimentos

AUTORAS: Chapues Puetate Daniela Alexandra
Lugo Bolaños Angela Raquel

TUTOR: Ing. León Revelo Gualberto Gerardo, PhD

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que las estudiantes Chapues Puetate Daniela Alexandra y Lugo Bolaños Angela Raquel con el número de cédula 0402007728 y 0450177035 respectivamente han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Efecto de la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama (*Pachyrhizus erosus*) a un yogur natural"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. León Revelo Gualberto Gerardo, PhD

TUTOR

Tulcán, julio de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingenieras en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Nosotras, Chapues Puetate Daniela Alexandra y Lugo Bolaños Angela Raquel con cédula de identidad número 0402007728 y 0450177035 respectivamente declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



Chapues Puetate Daniela Alexandra
AUTORA



Lugo Bolaños Angela Raquel
AUTORA

Tulcán, julio de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotras Chapues Puetate Daniela Alexandra y Lugo Bolaños Angela Raquel declaramos ser autoras de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Efecto de la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama (*Pachyrhizus erosus*) a un yogur natural" y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Chapues Puetate Daniela Alexandra

AUTORA



Lugo Bolaños Angela Raquel

AUTORA

Tulcán, julio de 2026

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por brindarme vida y salud, a mis padres por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante durante todo este proceso, siendo mi principal inspiración para seguir adelante y no rendirme ante las dificultades.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por abrirme las puertas de esta institución y permitirme formarme profesional y personalmente a lo largo de mi carrera. Asimismo, agradezco a mi tutor de tesis y docentes, quienes con sus conocimientos, orientación y paciencia contribuyeron significativamente al desarrollo de esta investigación.

De manera especial, agradezco a mi amiga y compañera de tesis por el esfuerzo compartido, el apoyo mutuo, la dedicación y el compañerismo demostrado durante esta etapa. De igual manera, agradezco a todas las personas que colaboraron de una u otra manera en la realización de este trabajo y me brindaron ánimo y confianza para alcanzar esta meta académica y personal.

Chapues Puetate Daniela Alexandra

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, Arturo Lugo y Carmen Bolaños quienes han sido el pilar fundamental durante mi formación académica. Gracias por su amor, apoyo incondicional, esfuerzo y confianza depositada en mí en cada etapa de este camino. Su dedicación y sacrificio han sido la motivación para continuar y alcanzar este importante objetivo profesional.

De manera especial, extiendo mi agradecimiento a nuestro tutor, Gualberto León, por su guía, acompañamiento y conocimientos compartidos durante el desarrollo de esta investigación. Su disposición, orientación académica y valiosos aportes fueron esenciales para fortalecer este trabajo y culminarlo satisfactoriamente.

Quiero expresar un agradecimiento muy especial a mi amiga Daniela Chapués, con quien compartí este importante proceso académico y desarrollamos juntas esta tesis. Gracias por el compromiso, la dedicación, el esfuerzo y el trabajo en equipo que hicieron posible alcanzar esta meta.

Asimismo, agradezco a los docentes que formaron parte de mi proceso universitario, por transmitir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas.

Lugo Bolaños Angela Raquel

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, salud y las fuerzas necesarias para lograr este sueño importante para mí.

A mis padres, por ser el pilar más importante de mi vida, por el amor incondicional, su comprensión, confianza y el apoyo que me brindan cada día, así como también la enseñanza de valores que me ayudaron en mi formación personal.

A mis hermanos, por brindarme su cariño, amor, comprensión en todo momento y darme las fuerzas para poder cumplir mi meta. Por ser mi motivo, mi inspiración de seguir adelante y no rendirme en los momentos más difíciles.

A mis abuelitos, por su aprecio, su ternura, sus consejos y palabras de aliento que me brindan para motivarme en el transcurso de mis estudios, por el apoyo incondicional en todo momento y por acompañarme con su amor en cada paso.

A mis demás familiares, por su confianza, motivación constante, por estar presentes en cada paso que doy y por acompañarme en momentos de alegría y momentos difíciles. Así como también, dedico a las personas que de una u otra manera me apoyaron durante este proceso.

Chapues Puetate Daniela Alexandra

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios por brindarme la vida, la salud y por darme las energías para seguir adelante y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, por su amor, esfuerzo, dedicación y por apoyarme incondicionalmente en cada etapa de mi vida siendo el pilar fundamental para cumplir mis metas.

A mis hermanos, quienes, con su amor, cariño me han ayudado a no rendirme motivándome a seguir adelante.

A mis abuelitas, quienes han estado apoyándome desde lejos con sus bendiciones, dándome palabras de aliento y amor incondicional.

A mi familia, por su motivación y comprensión, y por ayudarme a seguir adelante. Dándome la fortaleza para alcanzar esta meta tan importante en mi vida. A mis amigas con las que compartí recuerdos de alegría y por cada momento de aprendizaje vivido, también a una persona muy importante en mi vida la cual me ha brindado su apoyo constante, amor y confianza en cada etapa de este camino.

Lugo Bolaños Angela Raquel

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
I. EL PROBLEMA	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.4.3. Preguntas de Investigación	20
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Jícama (Pachyrhizus erosus)	24
2.2.2. Raíz tuberosa (hipocótilo engrosado).....	24
2.2.3. Composición nutricional de la jícama.....	25
2.2.4. Propiedades funcionales de la jícama	29
2.2.5. Extracto líquido	29
2.2.6. Liofilización.....	30
2.2.7. Yogur.....	30
2.2.8. Tipos de yogur	31
2.2.9. Yogur natural.....	31
III. METODOLOGÍA	33
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	33

3.1.1. Enfoque	33
3.1.2. Tipo de Investigación.....	33
3.2. HIPÓTESIS	33
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	33
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	36
3.4.1. Obtención de extracto líquido de jícama	36
3.4.2. Obtención del liofilizado de jícama	37
3.4.3. Elaboración del yogur natural	39
3.4.4. Propiedades nutricionales.....	40
3.4.5. Propiedades fisicoquímicas	41
3.4.6. Determinación de viscosidad.....	43
3.4.7. Análisis sensorial	43
3.4.8. Costos de producción y diseño de planta.....	44
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	46
3.5.1 Diseño experimental.....	46
3.5.2. Análisis estadístico.....	47
3.5.3. Formulación.....	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. RESULTADOS	50
4.1.1. Rendimiento del extracto líquido y liofilizado de jícama	50
4.1.2. Propiedades nutricionales del extracto líquido y liofilizado de jícama.....	50
4.1.3. Propiedades fisicoquímicas del yogur	51
4.1.4. Propiedades nutricionales del yogur	55
4.1.5. Propiedades reológicas del yogur	59
4.1.6. Análisis Microbiológico	61
4.1.7. Análisis sensorial	61
4.1.8. Diseño de planta del yogur con jícama liofilizada	66
4.1.9. Costo unitario de producción de yogur con jícama liofilizada.....	68

4.1.10. Diseño de planta del yogur con extracto líquido de jícama.	69
4.1.11. Costo unitario de producción de yogur con extracto líquido de jícama	70
4.2. DISCUSIÓN	71
4.2.1. El rendimiento en la obtención de extracto líquido y liofilizado de jícama	71
4.2.2. Propiedades nutricionales del extracto líquido y liofilizado de jícama.....	71
4.2.3. Propiedades fisicoquímicas del yogur con la incorporación de jícama....	72
4.2.4. Propiedades nutricionales del yogur con la incorporación de jícama	72
4.2.5. Propiedades reológicas del yogur	73
4.2.6. Propiedades microbiológicas del yogur con la incorporación de jícama	73
4.2.7. Propiedades sensoriales del yogur con la incorporación de jícama	73
4.2.8. Análisis del diseño de planta junto con costos de producción de yogur con extracto líquido y liofilizado de jícama	74
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. CONCLUSIONES.....	75
5.2. RECOMENDACIONES	76
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
VII. ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la jícama.....	27
Tabla 2. Composición del yogur natural	32
Tabla 3. Operacionalización de variables del yogur	35
Tabla 4. Escala de aceptabilidad sensorial	44
Tabla 5. Diseño factorial	47
Tabla 6. Combinaciones con el extracto líquido y liofilizado	47
Tabla 7. Formulación base para la elaboración de yogur natural.....	48
Tabla 8. Formulación para elaboración de yogur con extracto líquido y liofilizado de jícama.	48
Tabla 9. Rendimiento de la jícama liofilizada	50
Tabla 10. Rendimiento del extracto líquido de jícama.....	50
Tabla 11. Parámetros nutricionales del extracto líquido y liofilizado de jícama	51
Tabla 12. Análisis de pH del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama ..	51
Tabla 13. Valores de análisis de varianza del pH	52
Tabla 14. Diferencia significativa entre tratamientos del pH.....	52
Tabla 15. Acidez del yogur añadido extracto de jícama	53
Tabla 16. Valores de análisis de varianza de la acidez	53
Tabla 17. Diferencia significativa entre tratamientos de la acidez	53
Tabla 18. Proteína del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama	54
Tabla 19. Valores de análisis de varianza de la proteína	54
Tabla 20. Grasa del yogur añadido extracto y liofilizado de jícama	55
Tabla 21. Valores de análisis de varianza de la grasa	55
Tabla 22. Inulina del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama	56
Tabla 23. Valores de análisis de varianza de la inulina	56
Tabla 24. Diferencia significativa entre tratamientos de la inulina	56
Tabla 25. Azúcares reductores del yogur con extracto líquido y liofilizado de jícama	57
Tabla 26. Valores de análisis de varianza de azúcares reductores	57
Tabla 27. Diferencia significativa entre tratamientos de azúcares reductores	58
Tabla 28. Vitamina C del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama	58
Tabla 29. Valores de análisis de varianza de la vitamina C	59

Tabla 30. Diferencia significativa entre tratamientos de la vitamina C	27
Tabla 31. Viscosidad del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama	32
Tabla 32. Valores de análisis de varianza de la viscosidad	35
Tabla 33. Diferencia significativa entre tratamientos de la viscosidad	44
Tabla 34. Análisis microbiológico	47
Tabla 35. Valores de análisis de varianza del color.....	47
Tabla 36. Diferencia significativa entre tratamientos del color.....	48
Tabla 37. Valores de análisis de varianza del olor.....	48
Tabla 38. Diferencia significativa entre tratamientos del olor	50
Tabla 39. Valores de análisis de varianza del sabor.....	50
Tabla 40. Diferencia significativa entre tratamientos del sabor	51
Tabla 41. Valores de análisis de varianza de la textura	51
Tabla 42. Diferencia significativa entre tratamientos de la textura	52
Tabla 43. Valores de análisis de varianza de la aceptación general	52
Tabla 44. Diferencia significativa entre tratamientos de la aceptación general	53
Tabla 45. Análisis de costos de yogur con jícama liofilizada.....	53
Tabla 46. Análisis de costos de yogur con extracto líquido de jícama	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíz tuberosa de la jícama	25
Figura 2. Yogur natural.....	32
Figura 3. Diagrama de flujo de obtención del extracto líquido de jícama	36
Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención del liofilizado	38
Figura 5. Diagrama de flujo de elaboración de yogur	39
Figura 6. Diseño de planta del proceso de yogur natural con jícama liofilizada.....	66
Figura 7. Diseño de planta del proceso de yogur natural con extracto líquido de jícama	69
Figura 8. Proceso de liofilización	82
Figura 9. Extracto líquido de jícama	82
Figura 10. Yogur	82
Figura 11. Análisis de pH.....	83
Figura 12. Análisis de acidez.....	83
Figura 13. Análisis de grasa.....	83

Figura 14. Análisis de proteína.....	83
Figura 15. Análisis de Inulina	84
Figura 16. Análisis Azúcares reductores.....	84
Figura 17. Análisis de viscosidad	89
Figura 18. Análisis sensorial.....	94

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas	80
Anexo 2. Proceso de obtención de jícama liofilizada y extracto líquido	82
Anexo 3. Elaboración de yogur con adición de jícama	82
Anexo 4. Propiedades fisicoquímicas.....	83
Anexo 5. Propiedades nutricionales del yogur	84
Anexo 6. Análisis de Vitamina C	85
Anexo 7. Propiedades reológicas.....	89
Anexo 8. Análisis microbiológico.....	90
Anexo 9. Análisis sensorial	94

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama en concentraciones de 3 %, 4 % y 5 % a un yogur natural. Para el desarrollo del estudio se elaboró un yogur a partir de leche entera y cultivo láctico, al cual se incorporó al proceso de inoculación el extracto líquido y liofilizado de jícama. Se evaluó parámetros fisicoquímicos, nutricionales, reológicos, microbiológicos y análisis sensorial. En los resultados se obtuvo que todos los tratamientos cumplen las normativas de las propiedades fisicoquímicas obteniendo valores entre 4.12 a 4.31 de pH, 0.716 a 0.786 % de acidez, 2.79 a 3.35 % de proteína y 3.10 a 3.13 % de grasa. Tanto la adición de extracto líquido como liofilizado mejoraron en el análisis nutricional observando valores entre 0.14 a 0.59 % de inulina, 31.26 a 35.63 g/L de azúcares reductores y 2.17 a 2.74 mg/100 g de vitamina C y de viscosidad valores de 7333.33 cP a 9433.33 cP. El Tratamiento T4 obtuvo valores mayores en todas las propiedades sin embargo no obtuvo mejor aceptación sensorial debido a su alta viscosidad de 9433.33 cP. El T3 obtuvo valores adecuados siendo los siguientes: 4.31 de pH, 0.71 % de acidez, 3.31% de proteína, 3.10 % de grasa, 0.52 % de inulina, 34.86 g/L de azúcares reductores y 2.68 mg/100 g de vitamina C. Por otra parte, se evidenció que el proceso asociado al extracto líquido de jícama presentó un costo unitario de 1.47 USD/L, y el yogur elaborado con jícama liofilizada alcanzó un costo unitario de 2.51 USD/L. Como conclusión se determinó que el tratamiento T3 (4 % de jícama liofilizada) es la mejor alternativa, al presentar un equilibrio adecuado entre calidad fisicoquímica, valor nutricional, propiedades reológicas, aceptación sensorial y costo de producción.

Palabras Claves: yogur, jícama, extracto líquido, liofilización, inulina.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of adding liquid and freeze-dried jicama extract at concentrations of 3 %, 4 %, and 5 % to plain yogurt. For the development of the study, yogurt was produced from whole milk and a dairy culture, to which liquid and freeze-dried jicama extract were added during the inoculation process. Physicochemical, nutritional, rheological, and microbiological parameters were evaluated, along with sensory analysis. The results showed that all treatments complied with physicochemical standards, obtaining pH values ranging from 4.12 to 4.31, acidity values from 0.716 to 0.786 %, protein content from 2.79 to 3.35 %, and fat content from 3.10 to 3.13 %. Both liquid and freeze-dried extract additions improved the nutritional profile, with inulin values ranging from 0.14 to 0.59 %, reducing sugars from 31.26 to 35.63 g/L, vitamin C from 2.17 to 2.74 mg/100 g, and viscosity values from 7333.33 to 9433.33 cP. Treatment T4 achieved the highest values for all evaluated properties; however, it did not obtain the highest sensory acceptance due to its elevated viscosity of 9433.33 cP. Treatment T3 showed appropriate values, including a pH of 4.31, acidity of 0.71 %, protein content of 3.31 %, fat content of 3.10 %, inulin content of 0.52 %, reducing sugars of 34.86 g/L, and vitamin C content of 2.68 mg/100 g. Furthermore, it was found that the process associated with liquid jicama extract had a unit cost of USD 1.47/L, while the yogurt produced with freeze-dried jicama reached a unit cost of USD 2.51/L. In conclusion, treatment T3 (4 % freeze-dried jicama) was determined to be the best alternative, as it presented an adequate balance among physicochemical quality, nutritional value, rheological properties, sensory acceptance, and production cost.

Keywords: yogurt, jicama, liquid extract, freeze-dried, inulin.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una creciente demanda de alimentos que, además de aportar nutrientes básicos, contribuyan a la prevención o control de enfermedades (Rashwan et al., 2023). En este contexto, los productos lácteos fermentados como el yogur representan una alternativa importante debido a su alta digestibilidad y a la presencia de microorganismos benéficos (Hadjimbei et al., 2022). Sin embargo, resulta necesario innovar en su formulación para mejorar sus características nutricionales sin recurrir a la adición de aditivos no naturales.

El desarrollo de productos lácteos con mejor perfil nutricional cobra relevancia frente al incremento de enfermedades metabólicas como la diabetes, lo que impulsa la búsqueda de alimentos más saludables y funcionales. En este sentido, el yogur natural es un producto lácteo que se destaca por no contener aditivos, azúcares añadidos ni saborizantes artificiales, lo cual hace que sea una alternativa más saludable dentro de los productos lácteos fermentados, además, se caracteriza por su sabor ácido y textura cremosa que se desarrollan como resultado de la fermentación láctica, proceso en el cual las bacterias transforman la lactosa en ácido láctico (Sumi et al., 2023).

Por otra parte, la jícama es un tubérculo poco aprovechado en la industria alimentaria, pese a su contenido de compuestos de interés nutricional como azúcares reductores, vitamina C e inulina. La incorporación de jícama puede influir en características tecnológicas del producto, como la textura y la viscosidad, aspectos clave en la aceptación del consumidor. No obstante, a pesar de su potencial, su uso en la industria láctea especialmente en la formulación de yogur es limitado, evidenciando una falta de investigación en su aprovechamiento tecnológico (González-Vázquez et al., 2022).

El desarrollo de esta investigación contempla la incorporación de jícama liofilizada y líquida en el proceso de elaboración del yogur, evaluando su efecto en parámetros como pH, acidez titulable, contenido de grasa, proteína, azúcares reductores, vitamina C, inulina y viscosidad con el fin de evidenciar el enriquecimiento del producto (Quinlli Abarca, 2021).

De esta manera, el estudio permite analizar los resultados en cuanto a los parámetros mencionados y costos de producción, comparando el yogur con extracto líquido de jícama y el yogur con jícama liofilizada, determinando la alternativa más sostenible desde la perspectiva técnica y financiera.

La finalidad de la investigación se enfoca en la incorporación de extracto líquido y liofilizado de jícama en la producción de yogur natural, con el fin de enriquecer su perfil nutricional y evaluar propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, reológicas y sensoriales, dirigiendo el producto hacia su potencial consumo por personas con condiciones metabólicas, como la diabetes y con trastornos digestivos.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La diabetes se ha transformado en uno de los retos más significativos para la salud pública a nivel mundial. De acuerdo con la International Diabetes Federation, se estima que alrededor de 537 millones de adultos, con edades entre los 20 y 79 años, padecen esta enfermedad y se proyecta que esta cifra alcance los 643 millones para el año 2030 (Magliano & Boyko, 2025). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado a la diabetes como una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, impactando a millones de individuos anualmente (OMS, 2026). En el ámbito ecuatoriano, se estima que más del 7% de la población adulta cursa con diabetes, una proporción que exhibe una tendencia ascendente, influenciada por el consumo excesivo de azúcares, el sedentarismo y el sobrepeso, los cuales contribuyen al deterioro del control glucémico.

Además, en la elaboración industrial de muchos tipos de yogur, especialmente los de tipo comercial saborizado, es común la incorporación de aditivos químicos como saborizantes artificiales, colorantes sintéticos, estabilizantes, algunos yogures contienen niveles elevados de azúcares añadidos, lo que, junto con los aditivos químicos, puede provocar consecuencias perjudiciales para la salud del consumidor si existe un exceso de consumo, contribuyendo al desarrollo de enfermedades cardiovasculares, metabólicas como la obesidad y la diabetes (Epstein & Paluch, 2023).

Actualmente, la jícama es considerada un cultivo subutilizado y poco conocido en Ecuador, a pesar de poseer importantes propiedades nutricionales y funcionales. Diversos estudios señalan que muchas especies andinas y tradicionales no han sido plenamente aprovechadas debido al limitado conocimiento sobre su potencial, lo que ha restringido su desarrollo productivo y comercial (Duarte, González, & Romero, 2024).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo afecta la adición del extracto líquido y liofilizado de jícama en las propiedades fisicoquímicas, nutricionales, reológicas, microbiológicas y sensoriales del yogur natural?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los productos ancestrales, como la jícama (*Pachyrhizus erosus*), poseen un notable valor nutricional que ha sido aprovechado tradicionalmente en diversas culturas, especialmente por sus propiedades digestivas y energéticas (Jaiswal et al., 2022). La jícama se destaca como un ingrediente de alto potencial debido a su contenido de fructooligosacáridos (FOS), inulina, antioxidantes y otros compuestos bioactivos, que la convierten en una excelente opción para la fortificación de productos lácteos (Bhanja et al., 2023). Sus fructooligosacáridos (FOS) actúan como prebióticos, favoreciendo el crecimiento de bacterias intestinales beneficiosas y contribuyendo a un mejor equilibrio del microbiota intestinal, lo cual es crucial para la prevención y el control de enfermedades metabólicas (Dou et al., 2022).

En particular, las propiedades mencionadas de la jícama podrían ser beneficiosas en el manejo de la diabetes, debido a que su alto contenido de inulina, un tipo de fibra soluble que ayuda a regular los niveles de azúcar en la sangre, mejorando la sensibilidad a la insulina (Wenyue Zhang et al., 2020). Adicionalmente, la jícama posee propiedades endulzantes naturales gracias a su contenido de azúcares, lo que permite reducir la cantidad de azúcar añadido en productos como el yogur (Jaiswal et al., 2022), por lo que es especialmente relevante para consumidores interesados en opciones más saludables, alineándose con la creciente demanda de productos con menor contenido de azúcares refinados.

La aplicación de ingredientes funcionales en alimentos fermentados, como el yogur natural, el cual es uno de los productos lácteos más consumidos a nivel mundial debido a su alto valor nutricional y a los beneficios funcionales (Sumi et al., 2023), constituye una estrategia efectiva para enriquecer su perfil nutricional y mejorar sus características sensoriales (Bankole et al., 2023). Aunque la jícama es reconocida como una fuente natural de compuestos funcionales, son pocas las investigaciones que analizan su incorporación en yogur y acerca de los

cambios que este tubérculo puede generar en sus propiedades, por lo cual es una opción para la realización de nuevas investigaciones.

Según el estudio de Nabila et al., (2018), la incorporación de extracto o liofilizado de jícama en el proceso de inoculación del yogur permite mejorar propiedades como la viscosidad y estabilidad del producto, debido al contenido de inulina y otros compuestos funcionales. Por lo tanto, no solo revitaliza este tubérculo ancestral, sino que también agrega un valor funcional a un alimento ampliamente consumido, ofreciendo beneficios adicionales para la salud (Sri Melia et al., 2024). Asimismo, pueden mejorar la textura del yogur, otorgándole mayor viscosidad sin la necesidad de recurrir a aditivos artificiales (Sri Melia et al., 2024), lo que contribuye a la elaboración de productos más naturales.

El uso de ingredientes naturales locales, como la jícama no solo enriquece los alimentos, sino que también fomenta prácticas agrícolas más sostenibles. Promover su cultivo puede beneficiar a los pequeños agricultores, generando un impacto positivo tanto en la economía local como en la sostenibilidad del sector agrícola, al darle valor a estos tubérculos, se impulsa una forma más responsable y ecoamigable de producción alimentaria (Deaconu et al., 2021).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la adición del extracto líquido y liofilizado de jícama a un yogur natural, con relación a sus propiedades fisicoquímicas, nutricionales, reológicas, microbiológicas, sensoriales y costo unitario de producción del producto final.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros de obtención del extracto líquido y liofilizado de jícama.
- Determinar las propiedades nutricionales del extracto líquido y liofilizado de jícama.
- Evaluar el efecto de la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama sobre las propiedades nutricionales, fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales del yogur natural.

- Comparar los costos de producción del yogur elaborado con extracto frente al elaborado con liofilizado de jícama.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son los parámetros de obtención del extracto líquido y liofilizado de jícama?
- ¿Qué propiedades nutricionales tiene el extracto líquido y liofilizado de jícama?
- ¿Cuál es el efecto de la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama sobre las propiedades fisicoquímicas, nutricionales, reológicas, microbiológicas y sensoriales del yogur natural?
- ¿Cuál es el costo de producción del yogur elaborado con extracto líquido frente al elaborado con liofilizado de jícama?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Jaiswal et al., (2022), en su estudio llevaron a cabo un análisis sobre la composición nutricional, propiedades funcionales y compuestos bioactivos presentes en la jícama (*Pachyrhizus erosus*), considerada un cultivo subutilizado con potencial en la industria alimentaria. Los autores identificaron la presencia de fibra dietética, inulina, carbohidratos funcionales, vitamina C y diversos compuestos antioxidantes en los tubérculos de jícama. Asimismo, señalaron que este alimento contiene flavonoides y compuestos fenólicos que contribuyen a su capacidad antioxidante y a sus beneficios funcionales sobre la salud. Los investigadores concluyeron que la jícama representa una materia prima prometedora para la formulación de productos alimenticios con valor agregado nutricional, debido a su potencial prebiótico, antioxidante y tecnológico en diferentes aplicaciones alimentarias. No obstante, a pesar de estos hallazgos, la revisión no profundiza en la aplicación específica de la jícama en productos lácteos fermentados como el yogur.

Tang et al., (2024), evaluaron la incorporación de extracto de hoja de morera en yogur y analizaron sus efectos sobre las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes, microbiológicas y sensoriales durante el almacenamiento refrigerado. El extracto vegetal fue añadido durante la formulación del yogur con el fin de incrementar su valor funcional y antioxidante, los autores analizaron parámetros como pH, acidez titulable, viscosidad, capacidad de retención de agua, estabilidad y aceptabilidad sensorial. Los resultados mostraron que la adición del extracto mejoró significativamente la actividad antioxidante y favoreció la estabilidad estructural del yogur, además de reducir la sinéresis y mejorar algunas características texturales. Sin embargo, concentraciones elevadas del extracto produjeron cambios más notorios en color, sabor y consistencia del producto. Los investigadores concluyeron que el uso de extractos vegetales en niveles moderados puede mejorar la calidad funcional y tecnológica del yogur sin afectar negativamente su aceptación sensorial. No obstante, el estudio se centra en extractos vegetales y no aborda el uso de tubérculos

con compuestos prebióticos como la jícama, ni compara diferentes formas de incorporación

Iriondo-Dehond et al., (2020), consideraron concentraciones de 3 %, 7 % y 13 %, con el objetivo de analizar sus efectos sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del producto. Los resultados demostraron que la adición de inulina incrementa la viscosidad, firmeza y estabilidad del gel del yogur, debido a su interacción con la matriz proteica durante la fermentación. Asimismo, se observó que la concentración del 3 % mantuvo una mejor aceptabilidad sensorial sin efectos gastrointestinales adversos, mientras que el 7 % y 13 % mejoraron significativamente las propiedades texturales, aunque con mayor intensidad en la percepción del producto. Los autores concluyeron que la inulina mejora las propiedades tecnológicas del yogur cuando se utiliza en niveles adecuados.

Silyvridou et al., (2024), estudiaron acerca de la incorporación de extracto acuoso de espinillo amarillo liofilizado en yogur tipo set en concentraciones de 0 %, 0.5 %, 1 %, 2 % y 3 %. El objetivo del estudio fue analizar su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, fermentativas, texturales y sensoriales del yogur durante la fermentación y el almacenamiento. El extracto vegetal fue incorporado durante la formulación del producto, permitiendo su interacción con la matriz láctea. Los resultados mostraron que las concentraciones de 1 % y 2 % mejoraron la estabilidad del gel, la capacidad de retención de agua y algunas propiedades antioxidantes del yogur, mientras que el 3 % produjo cambios más notorios en color, acidez y textura. Asimismo, se observó una reducción de la sinéresis y una mejora en la consistencia del producto en comparación con el control. Los autores concluyeron que la incorporación de extractos vegetales liofilizados en concentraciones bajas a moderadas puede mejorar las propiedades tecnológicas y funcionales del yogur sin afectar negativamente su aceptabilidad sensorial. En este contexto, si bien existen estudios sobre la aplicación de extractos vegetales liofilizados en yogur, aún es limitada la investigación que incorpore específicamente extracto y liofilizado de jícama (*Pachyrhizus erosus*) como fuente prebiótica, evaluando de manera comparativa su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y funcionales del producto.

En el estudio de Korma et al., (2026), analizaron la incorporación de extracto acuoso de fruta de doum en yogur tipo set en concentraciones de 5 % y 10 %, con el objetivo de analizar sus propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales durante el almacenamiento. Se evaluaron parámetros como pH, acidez, textura, sinéresis, capacidad de retención de agua y actividad antioxidante. Los resultados mostraron que el 10 % mejoró la estabilidad del gel, la capacidad antioxidante y la retención de agua, mientras que el 5 % presentó mejor aceptabilidad sensorial. Los autores concluyeron que la incorporación de extractos vegetales en concentraciones moderadas mejora las propiedades tecnológicas y funcionales del yogur sin afectar su aceptabilidad. En relación con estos hallazgos, es importante considerar que, aunque el estudio evalúa parámetros texturales y de estabilidad, no profundiza específicamente en el comportamiento reológico del yogur, como la viscosidad, la cual es una variable clave para determinar la calidad y aceptación del producto.

Arango et al., (2020), estudiaron el efecto de la incorporación de inulina sobre las propiedades fisicoquímicas y texturales del yogur, la inulina fue añadida antes de la fermentación, permitiendo su interacción con la matriz proteica durante la formación del gel. Los autores analizaron parámetros como viscosidad, firmeza, sinéresis y comportamiento de fermentación, observando que la adición de inulina mejoró la estabilidad estructural, incrementó la viscosidad y redujo la separación de suero. Además, reportaron que la incorporación de inulina favoreció características de textura y cremosidad sin afectar negativamente la calidad del yogur. Los investigadores concluyeron que la inulina puede utilizarse como ingrediente funcional para mejorar las propiedades tecnológicas del yogur. A diferencia de este enfoque, en la presente investigación no se empleó inulina aislada, sino que se utilizó jícama (*Pachyrhizus erosus*) como fuente natural.

El estudio de (Świqder & Florowska, 2022) evaluó sobre calidad sensorial y propiedades físicas del yogur funcional con infusión de té verde e inulina, en concentraciones de (3-9%) mejorando significativamente las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto. En cuanto a los resultados, se reportó un aumento en la viscosidad y consistencia del yogur, lo que favorece una textura más cremosa y estable. El pH se mantuvo dentro de rangos adecuados para productos fermentados ($\approx 4,4-4,6$), sin afectar negativamente el proceso

de fermentación. Asimismo, la sinéresis disminuyó, indicando una mayor capacidad de retención de agua. Desde el enfoque sensorial, los tratamientos con concentraciones moderadas de inulina mostraron una mayor aceptación en atributos como sabor, textura y apariencia; mientras que niveles más elevados pueden provocar ligeras variaciones en estas características. Estos resultados evidencian que la inulina actúa como un mejorador tecnológico y funcional en el yogur, sin embargo, no evaluaron compuestos funcionales como contenido de vitamina C, azúcares reductores, lo cual justifica el presente estudio.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Jícama (*Pachyrhizus erosus*)

La jícama (*Pachyrhizus erosus*) es un tubérculo con origen en Mesoamérica, caracterizado por su interior blanco, un dulzor suave y una textura que cruje al morderse tiene su capacidad para aliviar el sistema digestivo y aportar vitalidad. Es cultivada por su raíz tuberosa comestible, aunque pertenece a la familia *Fabaceae*, solo su raíz se considera apta para el consumo humano, es apreciada por su textura crujiente y su sabor ligeramente dulce, similar al de la manzana o el nabo.

La jícama es baja en calorías y rica en fibra, agua e inulina, lo que la convierte en un alimento funcional con efectos prebióticos (Jaiswal, Chauhan, & Lee, 2022).

2.2.2. Raíz tuberosa (hipocótilo engrosado)

Es la parte comestible de la planta, de forma redonda u oblonga, con una piel delgada de color marrón claro y pulpa blanca, jugosa y crujiente. Rica en agua, fibra dietética e inulina, un tipo de fibra prebiótica. Se caracteriza por tener bajo contenido calórico y un sabor dulce natural. Es la parte más valorada comercialmente (Jaiswal, Chauhan, & Lee, 2022).

En la figura 1 se presenta la raíz tuberosa de la jícama empleada para la obtención de extracto líquido y liofilizado.



Figura 1. Raíz tuberosa de la jícama
Fuente: (Agroalimentaria y Pesquera, 2018)

2.2.3. Composición nutricional de la jícama

Por cada 100 gramos, contiene principalmente agua (90-92%), carbohidratos (8.8-9.6 g, con unos 5.0 g de fibra), azúcares naturales, una pequeña cantidad de proteína y grasa, además de vitamina C (20-24 mg), potasio (135-150 mg), calcio y fósforo. Sus compuestos fenólicos y flavonoides le dan propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Rodríguez, Castillo, & Herrera, 2021).

2.2.3.1. Azúcares reductores

Corresponden a azúcares simples, entre los que se encuentran la glucosa y la fructosa, son capaces de reducir compuestos químicos debido a su grupo funcional aldehído o cetona libre; estos azúcares tienen la capacidad de participar en reacciones de Maillard, lo cual puede influir en el color y sabor de los productos alimenticios procesados. Sin embargo, en el caso de la jícama, estos azúcares están presentes en pequeñas cantidades.

2.2.3.2. Los fructooligosacáridos (FOS)

Son carbohidratos no digestibles pertenecientes al grupo de los fructanos, presentes de manera natural en raíces y tubérculos como la jícama. Estos compuestos poseen propiedades prebióticas y tecnológicas de gran interés para la industria alimentaria. Según (Mudannayake, Jayasena, Wimalasiri, & Ranadheera, 2022), los fructanos tipo inulina y los FOS de cadena corta son utilizados como reemplazantes parciales de azúcar debido a sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Asimismo, los autores señalan que estos compuestos contribuyen al mejoramiento de la textura y aceptabilidad de los alimentos funcionales.

El poder endulzante de la jícama se debe principalmente a la presencia de inulina y fructooligosacáridos de cadena corta, los cuales contienen unidades de fructosa capaces de generar percepción dulce en el paladar. Diversos estudios indican que mientras menor es el tamaño de la cadena de fructanos, mayor es la sensación de dulzor.

2.2.3.3. Inulina

La inulina es un polisacárido del tipo fructano con efecto prebiótico, de origen vegetal formado por cadenas de fructosa con una glucosa terminal, cuya estructura impide su digestión en el organismo, permitiendo que sea fermentada por bacterias beneficiosas en el intestino y en la salud digestiva, además de promover el crecimiento de microorganismos como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. Se encuentra en diversas plantas, siendo la achicoria, alcachofa de Jerusalén y *Pachyrhizus erosus* las principales fuentes conocidas (Bhanja, Paikra, Sutar, & Mishra, 2022).

2.2.3.3.1. Beneficios de la inulina

Puede emplearse como sustituto de grasas o azúcares en alimentos, reduciendo su contenido calórico y mejorando sus características en el organismo y Favorece el funcionamiento adecuado del sistema digestivo e inmunológico, además de ayudar en la regulación de los niveles de glucosa en sangre y el manejo de la diabetes y la disminución de los niveles de colesterol. También en la formulación de alimentos tiene capacidad gelificante, retención de agua, mejora de textura y viscosidad (Deaconu et al., 2021).

2.2.3.4. Almidón resistente

Corresponde a un tipo de carbohidrato que resiste la digestión en el intestino delgado, por lo que llega al colon casi intacto y actúa como fibra fermentable. Este almidón tiene propiedades prebióticas y contribuye al crecimiento de bacterias beneficiosas en el microbiota intestinal. Además, por su lenta digestión, contribuye a mantener un adecuado equilibrio de la glucosa sanguínea.

En términos cuantitativos, el contenido de almidón en jícama varía dependiendo del grado de madurez y de las condiciones de cultivo, pero suele estar en un rango de 2 a 4 % en base fresca, lo cual es bajo en comparación

con otros tubérculos que pueden tener hasta 20-25 % de almidón (Kishore, Patil, Singh, & Pati, 2024).

En la tabla 1 se presentan los principales componentes nutricionales de la jícama.

Tabla 1. Composición de la jícama

Componente	Cantidad
Energía	38 kcal
Agua	90.1 g
Carbohidratos	8.8 g
Azúcares	1.8 g
Fibra dietética	4.9 g
Proteínas	0.72 g
Grasas	0.09 g
Vitamina C	20.2 mg (34% VD)
Calcio	12 mg
Fósforo	18 mg
Potasio	150 mg
Magnesio	12 mg
Hierro	0.6 mg
Sodio	4 mg

Fuente: (USDA FoodData Central, 2023)

En la actualidad, su perfil nutricional, que incluye abundante fibra dietética soluble como la inulina y los fructooligosacáridos (FOS), conocidos por su efecto prebiótico (Rodríguez, Serrano, & Peña, 2021).

Además de antioxidantes, vitamina C y minerales clave (potasio, hierro y calcio), la ha convertido en un ingrediente funcional. Sus componentes sugieren que la jícama puede ser especialmente útil para quienes buscan controlar sus niveles de glucosa, mejorar su salud digestiva y reducir el colesterol (Fernández, Gómez, & Ramírez, 2020).

2.2.3.5. Vitaminas

Las vitaminas son sustancias orgánicas indispensables para el adecuado funcionamiento del organismo, interviniendo en procesos metabólicos, de crecimiento y desarrollo. Estas sustancias no son producidas en cantidades suficientes por el organismo, por lo que deben ser obtenidas a través de los alimentos. Se encuentran en frutas, verduras, carnes, productos lácteos, cereales integrales y frutos secos. De acuerdo con su solubilidad, las vitaminas

se clasifican en dos categorías principales: liposolubles (A, D, E y K) e hidrosolubles (complejo B y vitamina C). Las vitaminas cumplen funciones fundamentales como fortalecer el sistema inmunológico, ayudar en la producción de energía y proteger las células del daño oxidativo (Kishore, Patil, Singh, & Pati, 2024).

2.2.3.5.1. Vitamina C

La vitamina C, conocida también como ácido ascórbico, es una vitamina hidrosoluble indispensable para el organismo debido a su participación en diversos procesos fisiológicos. Su función antioxidante permite proteger las células frente al daño ocasionado por los radicales libres, moléculas que pueden generarse durante el metabolismo normal o por la exposición a factores ambientales como la contaminación y la radiación solar. Además, interviene en la formación de colágeno, proteína esencial para mantener la integridad de la piel, los vasos sanguíneos, los tendones y los huesos.

Por otra parte, esta vitamina favorece la absorción del hierro de origen vegetal y contribuye al adecuado funcionamiento del sistema inmunitario. Una ingesta insuficiente puede provocar escorbuto, enfermedad asociada con síntomas como debilidad, anemia, hemorragias y alteraciones en la cicatrización. Entre las principales fuentes alimenticias de vitamina C se encuentran los cítricos, así como otras frutas y verduras frescas, como fresas, kiwi, pimientos, brócoli y espinacas. La ingesta diaria recomendada varía según la edad y el sexo, siendo de 90 mg para hombres adultos y 75 mg para mujeres adultas (Kishore, Patil, Singh, & Pati, 2024).

En el caso de la jícama (*Pachyrhizus erosus*) se destaca por su alto contenido de vitamina C, siendo esta la vitamina más abundante en su composición. Según el análisis nutricional, 100 gramos de jícama contienen aproximadamente 20 mg de vitamina C, lo que representa un aporte significativo al requerimiento diario recomendado para adultos. Esta vitamina es crucial por su acción antioxidante, su papel en la síntesis de colágeno, en la mejora de la función inmune y en la absorción de hierro (Kishore, Patil, Singh, & Pati, 2024). Por estas razones, la inclusión de jícama en la dieta puede contribuir a la prevención de enfermedades relacionadas con el déficit de vitamina C, como el escorbuto (Clinic, 2023).

2.2.4. Propiedades funcionales de la jícama

La fibra soluble que se encuentra en la jícama, siendo la inulina un ejemplo principal, experimenta un proceso de fermentación en el colon. Este proceso fomenta la proliferación de bacterias intestinales beneficiosas, como las bifidobacterias y los lactobacilos, lo que se traduce en una mejor salud del intestino. Adicionalmente, esta fibra contribuye a estabilizar los niveles de glucosa en la sangre, lo que representa un beneficio significativo para individuos con diabetes tipo 2 (Bhanja, Paikra, Sutar, & Mishra, 2022).

Diversos estudios han indicado que el consumo de jícama también podría favorecer una mayor absorción de minerales, modular la respuesta inmunológica del cuerpo y promover la sensación de plenitud, lo que la convierte en un alimento interesante para quienes buscan controlar su peso. Por otra parte, su bajo índice glucémico la hace una opción alimenticia pertinente para personas que desean disminuir la carga glucémica total de su dieta (Ortega, Muñoz, & Rojas, 2020).

2.2.5. Extracto líquido

Un extracto es el producto obtenido al separar los compuestos solubles de una materia prima, la manera de obtener el extracto de jícama puede ser a través de procesos físicos como la licuación, el prensado o la maceración del tubérculo, seguido de una filtración para separar las partes sólidas (Proestos, 2020).

El extracto de jícama es importante en el área de alimentos porque permite concentrar sus valiosos compuestos funcionales, facilitando su adición a productos como el yogur sin alterar significativamente sus características naturales. Además, esta forma de presentación ayuda a preservar mejor las propiedades beneficiosas de la jícama y a estandarizar la cantidad de estos componentes al formular el producto final.

Ventajas: Es la alta biodisponibilidad de los nutrientes y la facilidad para integrarse directamente en alimentos como el yogur sin alterar su estructura natural. Sin embargo, al contener gran cantidad de agua, su estabilidad puede verse comprometida, y requiere condiciones adecuadas de almacenamiento.

2.2.6. Liofilización

Es un proceso de deshidratación por congelación y sublimación del agua, lo que permite conservar sus propiedades bioactivas, mejorar su vida útil y facilitar su dosificación y transporte. Esta forma seca concentra aún más los compuestos funcionales, permitiendo su incorporación en menores cantidades, con efectos significativos sobre la textura, sabor, dulzor natural y funcionalidad del yogur.

Ventajas: Permite eliminar el agua de los alimentos a bajas temperaturas, conservando mejor sus propiedades nutricionales, especialmente compuestos sensibles como vitaminas y antioxidantes. Además, mantiene el color, sabor y aroma originales, así como la estructura del producto, lo que facilita su rehidratación proceso también prolonga la vida útil al reducir el crecimiento microbiano (Matsuura, Oliveira, & Bérghamo, 2020).

En comparación el extracto presenta mayor contenido de humedad y menor estabilidad, mientras que el producto liofilizado muestra menor actividad de agua, mejor conservación y mayor estabilidad durante el almacenamiento. Además, el liofilizado presenta mejores características físicas, como mayor capacidad de dispersión y facilidad de manejo, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones industriales. Sin embargo, el proceso de secado implica mayores costos y complejidad tecnológica en comparación con el extracto (Matsuura, Oliveira, & Bérghamo, 2020).

2.2.7. Yogur

Según la norma técnica del Codex Alimentarius 243-20023 el yogur es un alimento lácteo fermentado elaborado a partir de la leche mediante la actividad de microorganismos específicos, los cuales convierten la lactosa en ácido láctico. Este proceso genera la coagulación de las proteínas lácteas y contribuye al desarrollo de la textura y el sabor característicos del producto. Las bacterias tradicionalmente empleadas en su elaboración son *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilu*, las cuales deben estar presentes en el producto final en cantidades suficientes para ejercer efectos beneficiosos para la salud (Sangkaran & Rios-Solis, 2024).

2.2.8. Tipos de yogur

Existen diversas variantes del yogur según su preparación, como el yogur natural sin azúcar, el yogur griego (más concentrado), el yogur líquido, y el yogur enriquecido con frutas, cereales o cultivos probióticos específicos.

2.2.9. Yogur natural

El yogur natural, a diferencia de los yogures saborizados o endulzados, no contiene aditivos, azúcares añadidos ni saborizantes artificiales, lo que lo posiciona como una alternativa más beneficiosa para la salud dentro del grupo de los productos lácteos fermentados. Este tipo de yogur se caracteriza por su sabor ácido, textura cremosa y alto valor nutricional (Munteanu-Ichim & Florentina, 2024).

2.2.9.1. Valor nutricional

El yogur aporta proteínas de elevado valor biológico, calcio y vitaminas del complejo B, entre las que destacan la riboflavina (B2) y la cobalamina (B12), y probióticos naturales. Su consumo regular puede beneficiar la salud ósea, digestiva e inmunológica.

2.2.9.2. Fermentación y contenido probiótico

Durante la fermentación, las bacterias beneficiosas convierten la lactosa en ácido láctico. Estas bacterias probióticas pueden mejorar el equilibrio microbiano intestinal, favoreciendo la digestión y la salud inmunológica. Algunas cepas adicionales, como *Lactobacillus acidophilus* o *Bifidobacterium*, pueden agregarse para enriquecer su funcionalidad (Munteanu-Ichim & Florentina, 2024).

2.2.9.3. Beneficios para la salud

El yogur natural es reconocido por mejorar la salud digestiva, ayudar en la prevención de osteoporosis, fortalecer el sistema inmunológico, y ser bien tolerado por personas con intolerancia leve a la lactosa debido a la reducción del contenido de lactosa durante la fermentación.

En la tabla 2 se presenta la composición del yogur natural con cada uno de los componentes y su cantidad.

Tabla 2. Composición del yogur natural

Componente	Cantidad
Energía	61 kcal
Agua	85.1 g
Proteína	3.5 g
Grasa total	3.3 g
Grasa saturada	2.1 g
Carbohidratos	4.7 g
Azúcares	4.7 g
Calcio	121 mg
Fósforo	95 mg
Potasio	155 mg
Sodio	46 mg
Vitamina B2 (riboflavina)	0.14 mg
Vitamina B12	0.37 µg
Ácido láctico	aprox. 0.9 g

Fuente: (USDA FoodData Central, 2023)

La composición del yogur natural varía en función de la leche utilizada (entera, semidesnatada o desnatada), pero en general contiene agua (80-85%), proteínas (3-4%), grasas (0,1-3,5%), lactosa (3-4%), minerales (como calcio y fósforo) y vitaminas (como B2 y B12).

Su contenido proteico, especialmente de caseína y proteínas del suero, lo convierte en un alimento de alta calidad biológica, ideal para dietas equilibradas (Sangkaran & Rios-Solis, 2024).

Por ello, el consumo regular de yogur natural se ha relacionado con beneficios como la mejora de la digestión, la prevención de enfermedades gastrointestinales y la reducción del riesgo de obesidad y enfermedades cardiovasculares (Saleem, Gu, & Qu, 2024) .

En la figura 2 se presenta el yogur natural



Figura 2. Yogur natural
Fuente: (Bienestar, 2019)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Esta investigación presentó un enfoque cuantitativo debido a que la recolección de datos se realizó mediante mediciones numéricas de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y reológicas del yogur natural con adición de jícama, las cuales serán analizadas estadísticamente para evaluar el efecto de las diferentes concentraciones del extracto sobre el producto final.

3.1.2. Tipo de Investigación

Es de tipo experimental porque implica la manipulación y control de variables independientes que sería las concentraciones de extracto de jícama para observar su efecto en variables dependientes las cuales son propiedades nutricionales, fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales del yogur natural.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H_0): La adición de extracto líquido y liofilizado de jícama en las diferentes concentraciones no influye en las propiedades nutricionales, fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales del yogur natural.

Hipótesis alterna (H_i): La adición de extracto líquido y liofilizado de jícama en las diferentes concentraciones influye en las propiedades nutricionales, fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales del yogur natural.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables independientes:

Tipo de presentación

- Extracto líquido
- Liofilizado

Concentración

- 0%-3%-4%-5%

Variable dependiente:

1. Calidad del yogur:
 - Propiedades fisicoquímicas
 - Propiedades nutricionales
 - Propiedades reológicas
 - Propiedades microbiológicas
 - Propiedades sensoriales
2. Costo de producción

3.3.1. Operacionalización de las variables

En la Tabla 3 se presenta la definición y la operacionalización de las variables se presentan las dimensiones, indicadores, técnicas e instrumentos considerados para la investigación

Tabla 3. Operacionalización de variables del yogur

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Variable independiente: -Tipo de presentación de jícama -Concentración	Procesamiento	Extracto líquido Liofilizado	Prensado y filtración Liofilización	Catania et al., (2020) Uwineza & Zhang, (2026)
	Porcentaje	3%, 4%, 5%	Gravimetría	Singh, (2024)
Variable dependiente: Calidad del yogur	Nutricionales	Inulina	UV-Visible	AOAC 999.03
		Vitamina C	HPLC	AOAC 967.21
		Azúcares reductores	UV-Visible	AOAC 2001.03
	Fisicoquímicas	pH	Potenciometría	INEN 2395:2011
		Acidez	Titulación	INEN 13:1984
		Proteína	Kjeldahl	INEN 0016
		Grasa	Gerber	INEN 0012
	Reológicas	Viscosidad	Reología	ISO 3219
	Microbiológicas	Coliformes totales	Recuento microbiológico	NTE INEN 1529-7
		Mohos y levaduras	en superficie en placas	NTE INEN 1529-8
		E. coli	Petrifilm	NTE INEN 1529-10
	Sensoriales	Color, sabor, olor, textura y aceptación general	Escala hedónica de 7 puntos	Addo-Preko et al., (2023)
	Costos de producción	Análisis de costos unitarios	Costos	Análisis documental
				(Husnain, Anjum, Amjad, Faizan, & Hensel, 2023)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Obtención de extracto líquido de jícama

Proceso que implica la separación del líquido (extracto de jícama) de la pulpa y la fibra mediante su paso a través de un filtro o colador fino, resultando en un líquido que contiene los compuestos extraídos de la jícama.

En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo para la obtención del extracto de jícama.

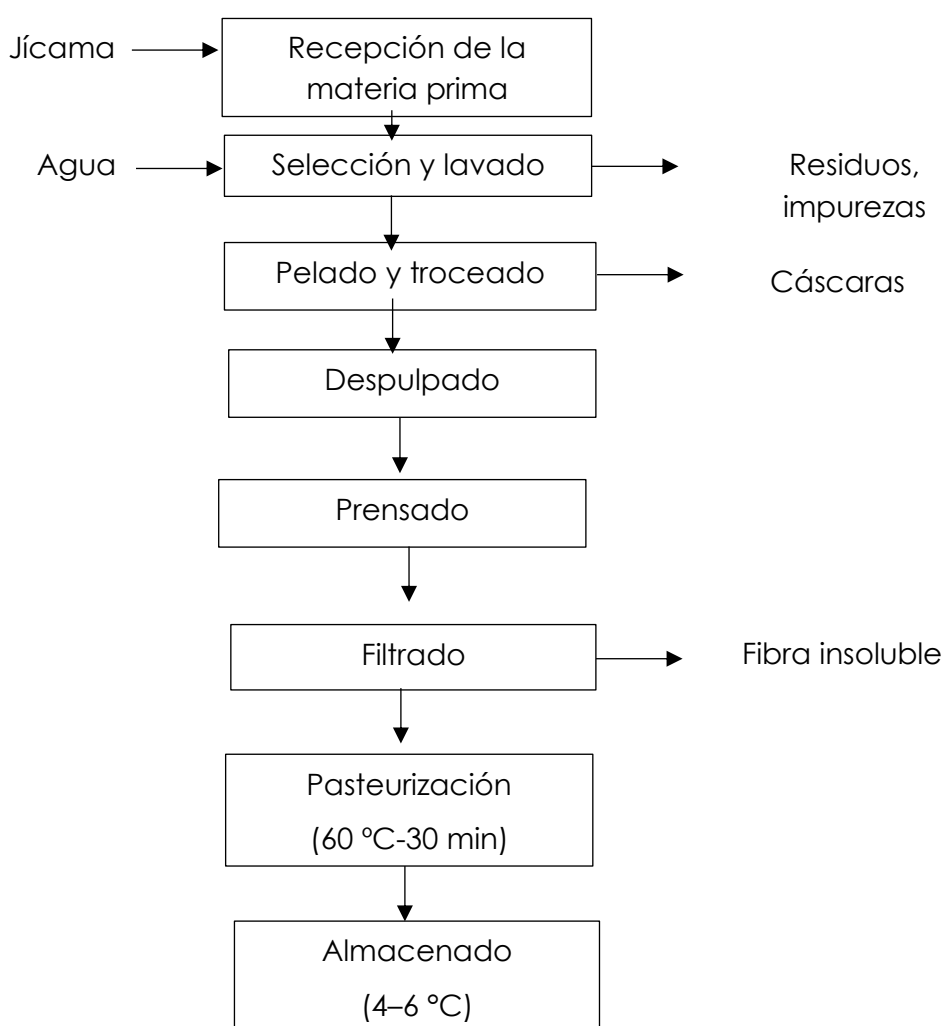


Figura 3. Diagrama de flujo de obtención del extracto líquido de jícama

Descripción del diagrama de flujo de obtención de extracto líquido de jícama

1. Recepción de materia prima: Asegurar que la jícama esté madura, sin golpes ni signos de deterioro.

2. Selección y lavado de la materia prima: Se seleccionan jícamas frescas, sanas y sin daño físico. Luego, se realiza un lavado para eliminar tierra, residuos e impurezas superficiales.
3. Pelado y troceado: Se pela y se corta en cubos o rodajas pequeñas para facilitar el procesamiento posterior.
4. Trituración: Se procesan en un extractor para facilitar la liberación del jugo y compuestos solubles.
5. Filtrado del extracto líquido: La mezcla se filtra utilizando un colador fino para separar el bagazo de la fase líquida, el filtrado obtenido constituye el extracto líquido de jícama.
6. Pasteurización: El extracto líquido se calienta a 60 °C por 30 minutos para eliminar microorganismos patógenos y aumentar su estabilidad.
7. Almacenamiento: El extracto líquido se puede usar inmediatamente o almacenar en botellas de vidrio o polietileno, a una temperatura de refrigeración (4–6 °C) para evitar fermentación o deterioro microbiano.

3.4.2. Obtención del liofilizado de jícama

Se realiza por medio de liofilización el cual es una técnica de deshidratación que preserva los compuestos nutricionales.

En la figura 4 se muestra el flujograma de proceso para la obtención del liofilizado de jícama.

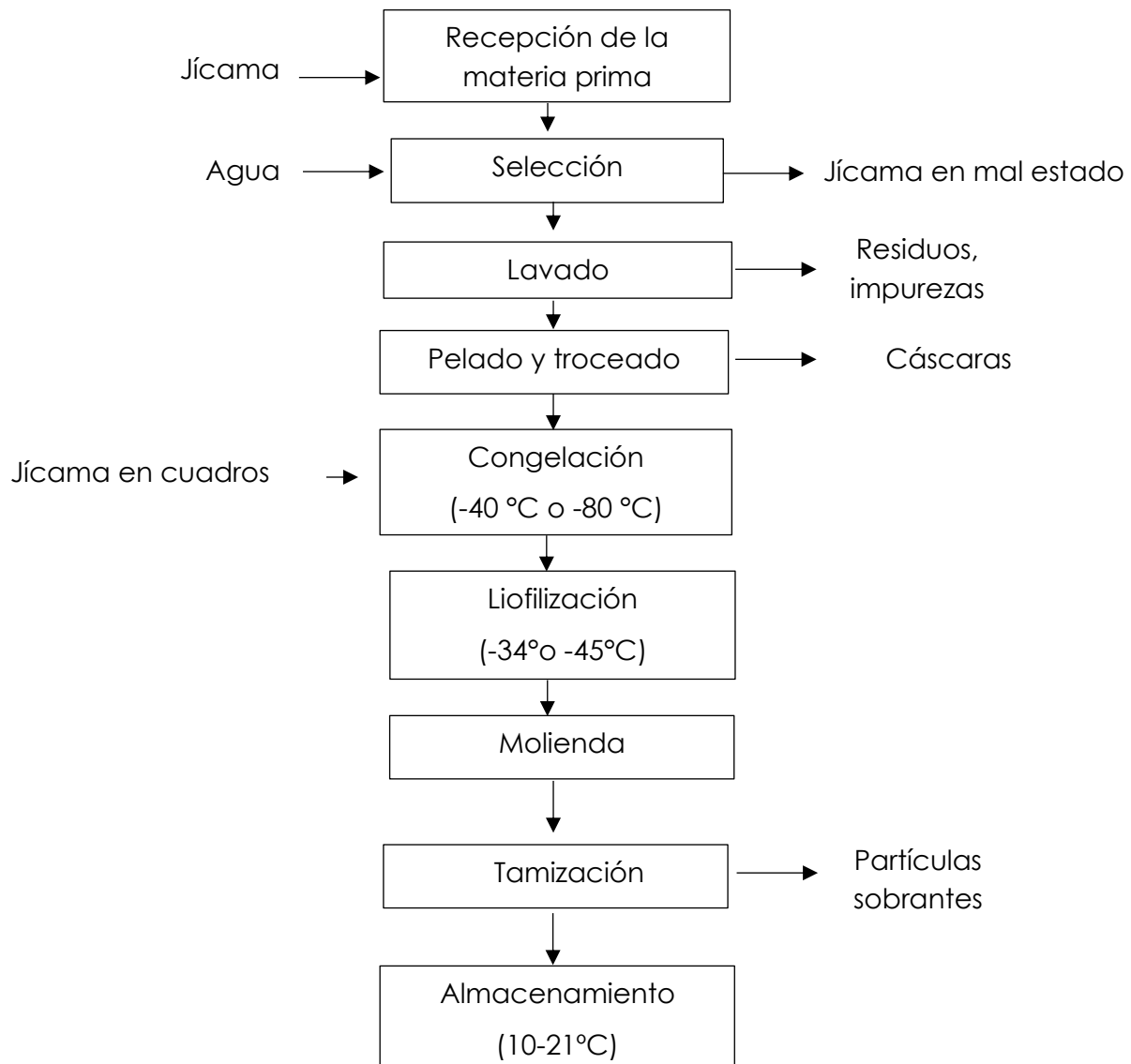


Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención del liofilizado

Descripción del procedimiento:

1. Recepción de materia prima: Asegurar que la jícama esté madura, sin golpes ni signos de deterioro.
2. Selección y lavado de la materia prima: Se seleccionan jícamas frescas, sanas y sin daño físico. Luego, se realiza un lavado para eliminar tierra, residuos e impurezas superficiales.
3. Pelado y troceado: Se pela y se corta en cubos pequeños para facilitar el procesamiento posterior.
4. Congelación: La jícama en cubos pequeños se somete a congelación rápida a -40 °C o -80 °C durante 12 a 24 horas, hasta obtener un sólido completamente congelado.

5. Liofilización: Los cubos congelados se introducen en bandejas de acero inoxidable en el liofilizador, bajo condiciones de vacío y temperatura controlada de (-34°, -45°C), el agua contenida se elimina por sublimación.
6. Molienda: El producto se retira, se muele y se pasa por un tamiz hasta obtener un polvo fino y homogéneo.
7. Tamizado: Separación de partículas grandes.
8. Almacenamiento: El polvo de jícama se guarda en bolsas herméticas.

3.4.3. Elaboración del yogur natural

En la figura 5 se presenta el diagrama de flujo de la elaboración de yogur con la adición del extracto líquido y liofilizado de jícama

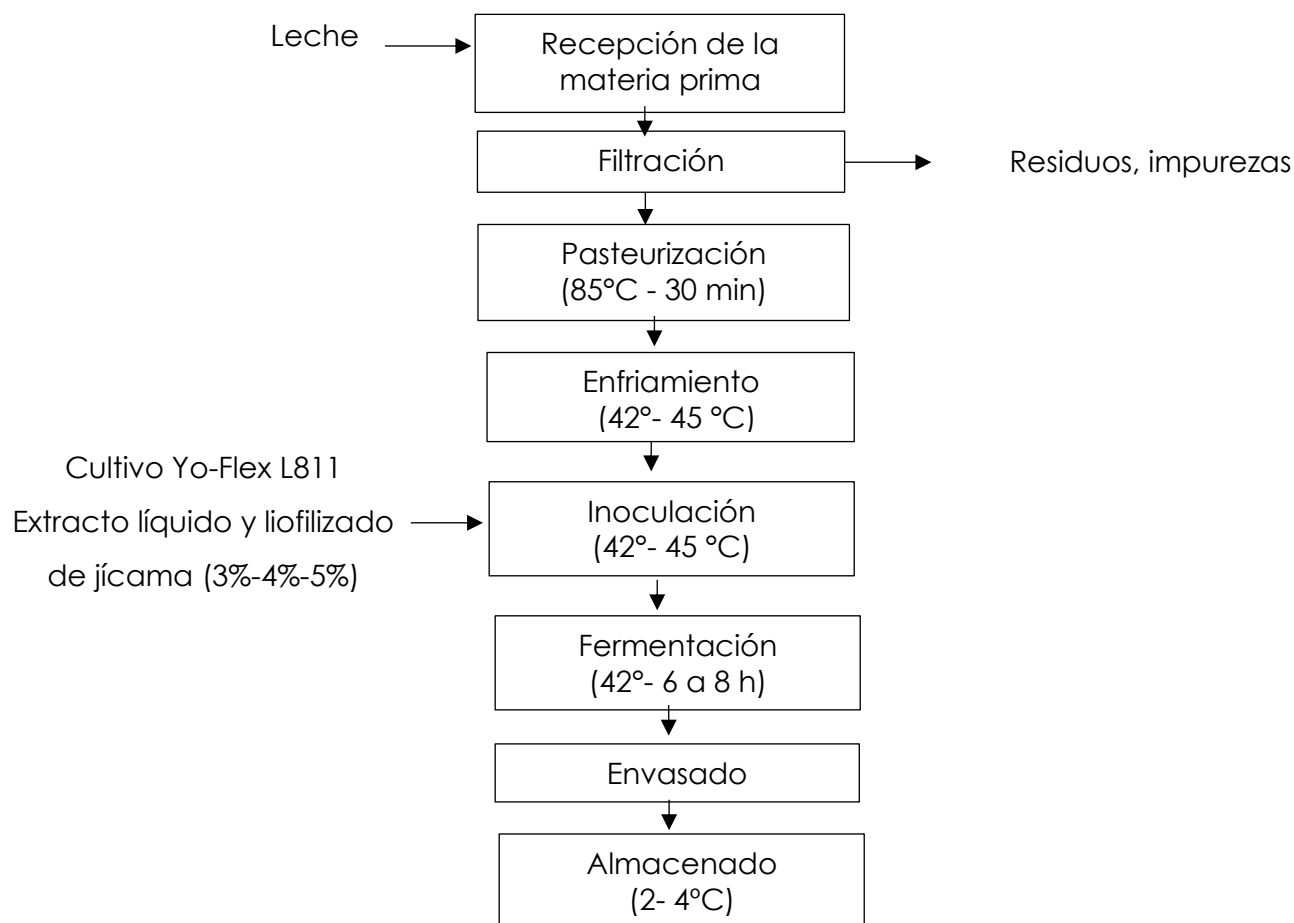


Figura 5. Diagrama de flujo de elaboración de yogur

Fuente: (Lee y Lucey, 2023)

La elaboración de yogur se realizó siguiendo la metodología de Lee y Lucey, (2023), la cual se indica a continuación:

1. Recepción de la materia prima: Se recibe la leche cruda, verificando sus condiciones sanitarias, organolépticas (olor, color, sabor) y fisicoquímicas (densidad, pH).
2. Filtración: La leche se filtra para eliminar impurezas indeseadas.
3. Pasteurización: Se calienta la leche a 85 °C durante 30 minutos, esto elimina microorganismos patógenos y desnaturaliza las proteínas, lo cual mejora la textura del yogur al facilitar la formación del gel.
4. Enfriamiento: Se enfría la leche hasta 42–45 °C, que es la temperatura ideal para que las bacterias del cultivo iniciador se desarrollen adecuadamente sin ser destruidas.
5. Inoculación: Se añade el cultivo iniciador, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, en una proporción de 2–3%. Estos microorganismos son los responsables de la fermentación de la lactosa y la producción de ácido láctico. Además, se incorpora el extracto o liofilizado de jícama.
6. Fermentación: Se deja incubar a 42–45 °C durante 6 a 8 horas, durante este tiempo, los microorganismos fermentan la lactosa y producen ácido láctico, lo cual reduce el pH y coagula las proteínas, formando la textura típica del yogur.
7. Envasado: Se envasa en recipientes previamente esterilizados de plástico para evitar contaminación para conservar su calidad.
8. Almacenado: Se almacena en refrigeración entre 2 y 4 °C lo que permite mantener sus propiedades y prolongar su vida útil.

3.4.4. Propiedades nutricionales

3.4.4.1. Determinación de inulina método fenol-ácido sulfúrico

Para la determinación de inulina se utilizó la metodología de López-Legarda et al., (2017), la cual tiene como procedimiento tomar 0,1 g de jícama liofilizada y añadir 100 mL de agua destilada. Posteriormente, se incorporan 3 mL de fenol al 5 % y 9 mL de ácido sulfúrico concentrado, realizando estas adiciones de forma rápida y directamente sobre la solución, evitando el contacto con las paredes del tubo. Luego, la mezcla se deja reposar durante 10 minutos, se agita por 30 segundos y se mantiene en baño de agua a temperatura ambiente durante 20 minutos. Finalmente, la absorbancia se mide en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 490 nm.

3.4.4.2. Determinación de azúcares reductores

Según la metodología propuesta por (CIATEJ, 2007), la se determina de manera indirecta mediante la cuantificación de azúcares reductores utilizando el reactivo DNS, preparado a partir de ácido 3,5-dinitrosalicílico, tartrato doble de sodio y potasio, hidróxido de sodio y agua destilada, y almacenado en frasco ámbar. Como sustrato se emplea carboximetilcelulosa preparada en tampón fosfato (50 mM, pH 7,0). El método se fundamenta en la reducción del DNS a ácido 3-amino-5-nitrosalicílico bajo condiciones alcalinas y elevada temperatura, originando una coloración rojo-anaranjada característica. Finalmente, la mezcla se diluye, se toma una alícuota de 200 μL y se registra la absorbancia a 540 nm mediante un espectrofotómetro.

3.4.5. Propiedades fisicoquímicas

3.4.5.1. Determinación de pH

La medición del pH se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en la norma NTE INEN 2395 para leches fermentadas, la cual se fundamenta en la determinación electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno mediante un potenciómetro. Antes del análisis, el equipo fue ajustado utilizando soluciones tampón con valores de pH 4 y 7. Posteriormente, se colocaron 25 mL de muestra en un vaso de precipitación y se sumergió completamente el electrodo para obtener la lectura correspondiente. Entre cada determinación, el electrodo fue lavado con agua destilada y todas las mediciones se realizaron por triplicado para garantizar la confiabilidad de los resultados.

3.4.5.2. Determinación de acidez titulable

La acidez titulable se determinó de acuerdo con el procedimiento volumétrico descrito en la norma NTE INEN 13. Para ello, se tomó una muestra homogénea de yogur de 5 g, a la que se añadieron 50 mL de agua destilada y tres gotas de fenolftaleína como indicador. Posteriormente, la mezcla fue titulada con una solución estandarizada de hidróxido de sodio (NaOH 0,1 N) hasta observar la aparición de una tonalidad rosada permanente. El volumen de solución alcalina utilizado durante la titulación permitió calcular la acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido láctico, aplicando la ecuación establecida en la normativa correspondiente:

$$\% \text{Acido láctico} = \frac{V \cdot N \cdot 0.09}{m} * 100$$

Donde:

- V = volumen de NaOH (mL)
- N = normalidad (0.1 N)
- m = masa o volumen de muestra (g o mL)
- 0.09 = factor del ácido láctico

3.4.5.3. Determinación de grasa

La determinación del contenido graso se llevó a cabo mediante el método de Gerber, de acuerdo con lo establecido en la Norma NTE INEN 0012 (1973). El análisis se realizó por triplicado. Para ello, se colocaron 10 mL de ácido sulfúrico concentrado en el butirómetro para yogurt, seguido de la adición de 5 mL de muestra previamente homogeneizada y 5 mL de agua destilada. Posteriormente, se incorporó 1 mL de alcohol isoamílico, mezclando cuidadosamente con movimientos suaves para evitar la carbonización de la muestra. Luego, los butirómetros fueron centrifugados durante 5 minutos y se sometieron a baño María a 65 °C durante 5 minutos. Finalmente, se efectuó la lectura directa del porcentaje de grasa en la escala graduada del butirómetro.

3.4.5.4 Determinación de proteína

La determinación del contenido de proteína se realizó mediante el método Kjeldahl, basado en la norma ISO 1871:2009 y métodos AOAC para productos lácteos. La muestra de yogur fue previamente homogenizada y se pesaron 10 g en un tubo de digestión Kjeldahl utilizando balanza analítica. Para la digestión, se añadió ácido sulfúrico concentrado, una pastilla digestora y antiespumante, sometiendo la mezcla a 420 °C durante aproximadamente 2 horas hasta obtener una solución clara. Posteriormente, el digestado se enfrió y se diluyó con agua destilada, en esta etapa de destilación, la muestra se alcalinizó con hidróxido de sodio al 40 % para liberar el amoníaco, el cual fue destilado y capturado en ácido bórico con indicador. Finalmente, el amoníaco se cuantificó mediante titulación con ácido sulfúrico 0,1 N, permitiendo calcular el contenido de nitrógeno y, a partir de este, el porcentaje de proteína del yogur.

3.4.6. Determinación de viscosidad

Se determinó utilizando un viscosímetro rotacional análogo, la muestra fue homogenizada suavemente durante 30 segundos para asegurar su uniformidad, evitando la incorporación de aire. Posteriormente, se colocaron 150 mL de yogur en un vaso de precipitación, asegurando que el volumen cubra completamente el husillo hasta la marca de inmersión indicada por el fabricante. La medición se realizó a una temperatura controlada de 20–25 °C, empleando el husillo No. 3 a una velocidad de 12 rpm, dejando girar el equipo hasta que la lectura se estabilice. Finalmente, la viscosidad se registró en centipoise (cP), realizándose las determinaciones por triplicado y reportando el valor promedio.

Donde

- Viscosidad (cP): viscosidad del yogur expresada en centipoise.
- Lectura (%): valor que muestra el viscosímetro
- Factor del husillo: Constante que depende del tipo de husillo y la velocidad (rpm) utilizada.

3.4.7. Análisis sensorial

La valoración sensorial del yogur natural fortificado con extracto y liofilizado de jícama fue llevado a cabo mediante un panel no entrenado conformado por 80 panelistas no entrenados. La prueba se desarrolló en el laboratorio sensorial bajo condiciones controladas de iluminación blanca y temperatura ambiente, con el propósito de reducir la influencia de factores externos que pudieran afectar la percepción de los evaluadores.

Se aplicó una prueba de aceptación utilizando una escala hedónica de siete puntos para determinar el nivel de agrado de los diferentes tratamientos. Se evaluaron ocho muestras correspondientes a todos los tratamientos experimentales, se presentó las muestras codificadas con números aleatorios y fueron servidas a una temperatura aproximada de 4 °C y se proporcionó agua purificada como neutralizador de sabor entre cada evaluación. Los panelistas calificaron los atributos sensoriales de color, olor, sabor, textura y aceptación general. La escala hedónica se muestra en la tabla 4 la cual estuvo estructurada de la siguiente manera: 7 = excelente a 1 = muy malo.

En la tabla 4 se muestra la escala hedónica de 7 puntos para la aceptabilidad sensorial.

Tabla 4. Escala de aceptabilidad sensorial

Puntaje	Escala hedónica
7	Excelente
6	Muy bueno
5	Bueno
4	Aceptable
3	Poco aceptable
2	Malo
1	Muy malo

3.4.8. Costos de producción y diseño de planta

3.4.8.1. Análisis de costos de producción

Para evaluar la viabilidad económica del yogur natural enriquecido con extracto líquido o liofilizado de jícama, se efectuó un análisis detallado de los costos asociados al proceso productivo. En este estudio se identificaron y cuantificaron todos los recursos requeridos, desde la adquisición de las materias primas hasta la obtención del producto final. El objetivo fue estimar el costo real de producción y comparar la rentabilidad entre ambos tipos de extracto.

El cálculo del Costo de Producción Unitario (CPU) se determinó mediante la siguiente expresión:

$$CPU = \frac{CP}{p}$$

$$CPU = \frac{MP + I + SB + TH + DM + CI}{P}$$

Donde:

- **CPU** = Costo de producción unitario
- **CMP** = Costo de materia prima
- **CTH** = Costo de talento humano
- **CDM** = Costo de depreciación de maquinaria
- **COS** = Costos de servicios básicos
- **GVV** = Gastos por depreciación de infraestructura
- **CE** = Costo de empaque
- **P** = Producción mensual

CPU: Costo de producción unitario es el costo que tiene producir una unidad de yogur (litro), y se calcula dividiendo los costos totales entre la producción obtenida.

CMP: El costo de materia prima incluyó la leche fresca, el cultivo iniciador, la jícama utilizada para la obtención de los extractos y los insumos necesarios para el procesamiento. En el caso del extracto líquido, los gastos estuvieron asociados principalmente al lavado, desinfección, triturado y filtrado de la jícama. Por su parte, el liofilizado implicó costos adicionales debido al proceso de congelación previa, secado por liofilización y posterior molienda, lo que incrementa el consumo energético y el uso de equipos especializados. Por esta razón, el tratamiento liofilizado presenta un mayor costo de materia prima y procesamiento en comparación con el extracto.

CTH: El costo de talento humano contempla los salarios del personal operativo y de supervisión. Se considera constante, ya que no varía entre tratamientos.

CDM: La depreciación de maquinaria se calculó considerando una vida útil estimada de cinco años para los equipos empleados, tales como pasteurizador, incubadora, refrigeración, licuadora industrial y, en el caso del liofilizado, el liofilizador y molino. Debido a la incorporación de este último equipo, el tratamiento con extracto liofilizado presenta un mayor costo por depreciación.

COS: Los costos de servicios incluyeron consumo de energía eléctrica, agua potable y otros gastos operativos básicos. El proceso de liofilización demanda mayor energía debido a la congelación y al secado al vacío, lo que representa un incremento en este componente frente al tratamiento con extracto. Asimismo, se consideró la depreciación mensual de la infraestructura utilizada para la producción, excluyendo el valor del terreno.

GVV: Los gastos generales y administrativos (GVV) incluyen los costos indirectos necesarios para el funcionamiento del proceso productivo, como insumos de limpieza, materiales de protección personal, papelería, transporte y mantenimiento básico. Estos gastos no dependen del tipo de extracto utilizado, por lo que se consideran constantes y no generan diferencias significativas entre el yogur con extracto líquido y el liofilizado.

CE: El costo de empaque contempló envases, tapas y etiquetado, el cual depende directamente del volumen producido. La producción mensual puede

variar ligeramente entre tratamientos debido a pérdidas durante el procesamiento del extracto, lo que influye en el costo unitario final.

P: La producción corresponde al volumen total de yogur obtenido en un periodo determinado, generalmente expresado litros por mes. Este valor representa la cantidad final producida y se utiliza para dividir los costos totales y calcular el costo de producción unitario. Puede variar entre el yogur con extracto líquido y el liofilizado debido a diferencias en rendimiento, pérdidas durante el procesamiento o cambios en la concentración de sólidos, lo cual influye directamente en el costo por unidad del producto.

3.4.8.2. Diseño de planta

El diseño de la planta piloto para la elaboración de yogur enriquecido con extracto líquido y liofilizado de jícama se desarrolló mediante software Autocad especializado para representar la distribución de áreas, equipos y zonas de circulación. Este diseño tiene una secuencia lógica desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto final, bajo criterios de eficiencia, higiene y seguridad alimentaria.

Se consideraron las etapas del proceso, las áreas fueron organizadas estratégicamente para evitar cruces entre materia prima y producto terminado, garantizando un flujo unidireccional y reduciendo riesgos de contaminación.

Asimismo, se incluyó la ubicación de equipos junto con superficies de trabajo adecuadas.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1 Diseño experimental

El estudio se desarrollará bajo un diseño experimental factorial $A \times B$, con el fin de evaluar el efecto del tipo y la concentración del extracto de jícama en la elaboración de yogur natural. El Factor A corresponderá al tipo de incorporación (2 niveles extracto líquido y liofilizado), mientras que el Factor B estará representado por la concentración del extracto en cuatro niveles: 0 % (control), 3 %, 4 % y 5 %, generándose un total de ocho tratamientos experimentales que permitirán analizar los efectos individuales y la interacción de ambos factores sobre las características del producto.

En la tabla 5 presenta el diseño factorial (A x B) donde, A es el tipo de presentación y B son las diferentes concentraciones.

Tabla 5. Diseño factorial

Factor A	Factor B
A1 Liofilizado	B0: 0%
A2 Extracto líquido	B1: 3%
	B2: 4%
	B3: 5%

Indica los factores representados con A como tipo de incorporación (extracto líquido y liofilizado), mientras que el factor B está representado por la concentración del extracto en cuatro niveles: 0 % (control), 3 %, 4 % y 5%.

En la tabla 6 presenta el diseño factorial con las combinaciones del extracto líquido y liofilizado.

Tabla 6. Combinaciones con el extracto líquido y liofilizado

Tratamientos	Combinaciones	Repeticiones	Unidades experimentales
T1	A1B0	3	3
T2	A1B1	3	3
T3	A1B2	3	3
T4	A1B3	3	3
T5	A2B0	3	3
T6	A2B1	3	3
T7	A2B2	3	3
T8	A2B3	3	3
Total			24

La tabla indica los 8 tratamientos con sus diferentes combinaciones correspondientes al extracto líquido y liofilizado, cada tratamiento por tres repeticiones dando un total de 24 unidades experimentales.

3.5.2. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en la elaboración del yogur natural enriquecido con extracto líquido y liofilizado de jícama, se verificó previamente el cumplimiento de los supuestos necesarios para la aplicación de pruebas paramétricas. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que la homogeneidad de varianzas se determinó a través de la prueba de Levene, estos procedimientos permitieron validar la idoneidad del modelo estadístico y definir el tipo de análisis a emplear.

Cuando los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA), con el fin de identificar diferencias significativas entre los tratamientos correspondientes a las distintas concentraciones y tipos de extracto de jícama. En caso de evidenciarse diferencias estadísticamente significativas, se aplicó una prueba post hoc de Tukey para comparar las medias y determinar específicamente entre qué tratamientos existían variaciones.

El nivel de significancia establecido fue del 5 % ($\alpha = 0,05$), equivalente a un 95 % de confianza, los resultados se reportaron como media de tres repeticiones $\pm$ desviación estándar, este análisis permitió determinar el efecto del extracto líquido y liofilizado de jícama sobre las propiedades evaluadas, con el objetivo de identificar el tratamiento con mejor desempeño integral y mayor eficacia tecnológica.

3.5.3. Formulación

La Tabla 7 presenta la formulación base empleada para la elaboración de yogur natural, indicando las materias primas utilizadas y su respectivo porcentaje.

Tabla 7. Formulación base para la elaboración de yogur natural

Materia prima	Porcentaje
Leche	99.8%
Cultivos lácticos (<i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaricus</i>)	0.2%
Total	100%

La tabla indica que para la elaboración del yogur se utilizara el 99.8% de leche, 0.2% de cultivo dando el total de 100%.

En la tabla 8 se presenta la formulación utilizada para la elaboración de 1 litro de yogur natural, al cual se le incorporará extracto de jícama en distintas concentraciones como factor experimental.

Tabla 8. Formulación para elaboración de yogur con extracto líquido y liofilizado de jícama.

Ingredientes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Leche entera	99.8%	96.8%	95.8%	94.8%	99.8%	96.8%	95.8%	94.8%
Cultivo	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
Extracto líquido y liofilizado de jícama	0%	3%	4%	5%	0%	3%	4%	5%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Los tratamientos tienen diferentes formulaciones de acuerdo con la concentración de la jícama, sin embargo, todas tienen un total de 100%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Rendimiento del extracto líquido y liofilizado de jícama

En la tabla 9 se presenta el rendimiento de la jícama liofilizada expresado en porcentajes.

Tabla 9. Rendimiento de la jícama liofilizada

Peso de jícama troceada (g)	Peso de jícama liofilizada (g)	Rendimiento (%)
800	91	11

Se peso 800 gramos de jícama troceada del cual se obtuvo 91 g de jícama liofilizada y se obtuvo 11 % de su rendimiento en base seca.

En la tabla 10 se presenta el rendimiento del extracto líquido de jícama expresado en porcentajes.

Tabla 10. Rendimiento del extracto líquido de jícama

Peso de jícama troceada (g)	Peso de extracto líquido de jícama (g)	Rendimiento (%)
800	560	70

Se peso 800 gramos de jícama troceada del cual se obtuvo 560 g del extracto líquido de jícama en base húmeda dando un rendimiento del 70 %.

4.1.2. Propiedades nutricionales del extracto líquido y liofilizado de jícama

En la Tabla 11 se presentan los parámetros nutricionales tanto del extracto líquido como liofilizado de la jícama.

Tabla 11. Parámetros nutricionales del extracto líquido y liofilizado de jícama

Parámetro	Unidad	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Resultado
Inulina	%	Liofilizado	12.95
	%	Líquido	5.07
Azúcares reductores	g/L	Liofilizado	81.61
	g/L	Líquido	46.12
Vitamina C	mg/100g	Liofilizado	18.82
	mg/100g	Líquido	4.22

Los resultados observados en cuanto al contenido de inulina, se observa que el liofilizado de jícama presenta un valor de 12.95 %, mientras que el extracto líquido registra 5.07 %. Respecto a los azúcares reductores, el liofilizado de jícama alcanza una concentración de 81.61 g/L, mientras que en el extracto líquido 46.12 g/L. En relación con la vitamina C, el liofilizado presenta un contenido de 18.82 mg/100 g, mientras que el extracto líquido muestra un valor de 4.22 mg/100 g.

En conjunto, los resultados demuestran que el liofilizado de jícama posee una mayor concentración de sus compuestos.

4.1.3. Propiedades fisicoquímicas del yogur

4.1.3.1. Análisis de pH

En la tabla 12 se presentan los resultados, de pH del yogur con adición de extracto líquido y liofilizado de jícama.

Tabla 12. Análisis de pH del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Resultado (%)
T1	—	0	4.12
T2	Liofilizado	3	4.21
T3	Liofilizado	4	4.31
T4	Liofilizado	5	4.31
T5	—	0	4.12
T6	Líquido	3	4.21
T7	Líquido	4	4.22
T8	Líquido	5	4.23

Los resultados muestran valores entre 4.12 a 4.31, lo que indica que todos los tratamientos se mantienen dentro del rango según la norma NTE INEN 2395:2011 con un valor de 4 a 4.6.

En la tabla 13 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos.

Tabla 13. Valores de análisis de varianza del pH

Factor	P-Valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	1.80×10^{-10}
B: Concentraciones	6.21×10^{-16}
A x B	7.58×10^{-9}

El análisis de varianza mostró que tanto el Factor A: extracto líquido y liofilizado de jícama, el Factor B: concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$) por lo cual influyen en el pH del yogur.

En la tabla 14 se presenta la prueba de Tukey para determinar en qué tratamientos existe diferencias.

Tabla 14. Diferencia significativa entre tratamientos del pH

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T3	Liofilizado	4	4.313	A
T4	Liofilizado	5	4.310	A
T8	Líquido	5	4.233	B
T7	Líquido	4	4.220	BC
T2	Liofilizado	3	4.216	BC
T6	Líquido	3	4.210	C
T1	—	0	4.123	D
T5	—	0	4.123	D

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. Los tratamientos T3, T4 pertenecen al grupo A lo que indica que presentan las medias más altas. Los T8, T7, T2 se ubican en el grupo B y BC teniendo valores intermedios. El T6 se ubica en el grupo C y T1, T5 con valores más bajos se ubican en el grupo D.

4.1.3.2. Análisis de acidez

En la tabla 15 se presentan los valores promedios en cuanto a la acidez titulable de cada tratamiento del yogur con la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama.

Tabla 15. Acidez del yogur añadido extracto de jícama

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Resultado (%)
T1	—	0	0.786
T2	Liofilizado	3	0.760
T3	Liofilizado	4	0.716
T4	Liofilizado	5	0.716
T5	—	0	0.783
T6	Líquido	3	0.760
T7	Líquido	4	0.743
T8	Líquido	5	0.746

Los valores de acidez presentaron variaciones entre los tratamientos, con medias entre 0.716 y 0.786. Lo que indica que todos los tratamientos se mantienen en el rango min de 0,6 % según la norma NTE INEN 2395:2011.

En la tabla 16 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 16. Valores de análisis de varianza de la acidez

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	8.33×10^{-5}
B: Concentración	6.28×10^{-10}
A x B	0.002790

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$). por lo cual influyen en la acidez del yogur.

En la Tabla 17 se presenta la prueba de Tukey evidencia diferencias significativas en la acidez titulable entre los tratamientos.

Tabla 17. Diferencia significativa entre tratamientos de la acidez

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T1	—	0	0.786	A
T5	—	0	0.783	A
T2	Liofilizado	3	0.760	B
T6	Líquido	3	0.760	B
T8	Líquido	5	0.746	B
T7	Líquido	4	0.743	B
T3	Liofilizado	4	0.716	C
T4	Liofilizado	5	0.716	C

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. Los tratamientos T1, T5 pertenecen al grupo A lo que indica que presentan las medias más altas. Los T2, T6, T7, T8 se ubican en el grupo B teniendo valores intermedios. El T3 y T4 con valores más bajos se ubican en el grupo C.

4.1.3.3. Análisis de proteína

En la tabla 18 se presentan los valores promedios en cuanto a la proteína de cada tratamiento del yogur natural con la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama.

Tabla 18. Proteína del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Resultado (%)
T1	—	0	2.79
T2	Liofilizado	3	3.07
T3	Liofilizado	4	3.31
T4	Liofilizado	5	3.35
T5	—	0	3.32
T6	Líquido	3	3.14
T7	Líquido	4	3.31
T8	Líquido	5	3.33

Los resultados de la tabla indican valores de 2.79 a 3.35, en general, todos los tratamientos cumplen con la norma INEN 16 con el min de 2.7 % de proteína.

En la tabla 19 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 19. Valores de análisis de varianza de la proteína

Factores	P-Valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	0.1151
B: Concentraciones	0.0787
A x B	0.1171

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) no presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p > 0.05$) por lo cual no influyen en el porcentaje de proteína de yogur.

4.1.3.4. Análisis de grasa

En la tabla 20 se presentan los valores promedios en cuanto a la grasa de cada tratamiento del yogur natural con la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama.

Tabla 20. Grasa del yogur añadido extracto y liofilizado de jícama

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Resultado (%)
T1	—	0	3.13
T2	Liofilizado	3	3.13
T3	Liofilizado	4	3.10
T4	Liofilizado	5	3.13
T5	—	0	3.10
T6	Líquido	3	3.13
T7	Líquido	4	3.13
T8	Líquido	5	3.10

Los resultados indican valores entre 3.10 a 3.13, lo que indica que todos los tratamientos cumplen con la norma INEN 12 con un valor min de 2.5% de grasa

En la tabla 21 se presentan los valores del análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 21. Valores de análisis de varianza de la grasa

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	0.895
B: Concentración	0.661
A x B	0.547

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) no presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p > 0.05$) por lo cual no influyen en el contenido de grasa del yogur.

4.1.4. Propiedades nutricionales del yogur

4.1.4.1. Análisis de inulina

En la tabla 22 se presentan los valores promedios de la inulina de cada tratamiento del yogur con la adición del extracto líquido y liofilizado de jícama.

Tabla 22. Inulina del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Resultado (%)
T1	—	0	0.14
T2	Liofilizado	3	0.36
T3	Liofilizado	4	0.52
T4	Liofilizado	5	0.59
T5	—	0	0.14
T6	Líquido	3	0.22
T7	Líquido	4	0.26
T8	Líquido	5	0.32

Los resultados muestran valores entre 0.14 a 0.59%.

En la tabla 23 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 23. Valores de análisis de varianza de la inulina

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	$< 2 \times 10^{-16}$
B: Concentraciones	$< 2 \times 10^{-16}$
A x B	$< 2 \times 10^{-16}$

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$) por lo cual influyen en el porcentaje de inulina del yogur.

En la tabla 24 se indican los valores de que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas.

Tabla 24. Diferencia significativa entre tratamientos de la inulina

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T4	Liofilizado	5	0.59	A
T3	Liofilizado	4	0.52	B
T2	Liofilizado	3	0.36	C
T8	Líquido	5	0.32	D
T7	Líquido	4	0.26	E
T6	Líquido	3	0.22	F
T1	—	0	0.14	G
T5	—	0	0.14	G

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El tratamiento T4 pertenece al grupo A lo que indica que presenta la media más alta. El tratamiento T3 se ubica en el grupo B, el T2 en el grupo C, el T8 en el grupo D, el T7 en el grupo E, el T6 en el grupo F, teniendo valores intermedios y los tratamientos T1 y T5 pertenecen al grupo G con valores más bajos.

4.1.4.2. Análisis de azúcares reductores

En la tabla 25 se presentan los valores promedios en cuanto a los azúcares reductores de cada tratamiento.

Tabla 25. Azúcares reductores del yogur con extracto líquido y liofilizado de jícama

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Resultado (g/L)
T1	—	0	31.36
T2	Liofilizado	3	34.10
T3	Liofilizado	4	34.86
T4	Liofilizado	5	35.63
T5	—	0	31.26
T6	Líquido	3	32.33
T7	Líquido	4	32.90
T8	Líquido	5	33.30

Los resultados muestran valores entre 31.26 a 35.63, siendo el mayor el T4 lo que indica que al aumentar la concentración de jícama se incrementa el valor del parámetro evaluado en el yogur.

En la tabla 26 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 26. Valores de análisis de varianza de azúcares reductores

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	2×10^{-16}
B: Concentración	2×10^{-16}
A x B	1.71×10^{-14}

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$) por lo cual influyen en el contenido de azúcares reductores del yogur.

En la tabla 27 se indican los valores que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas.

Tabla 27. Diferencia significativa entre tratamientos de azúcares reductores

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T4	Liofilizado	5	35.36	A
T3	Liofilizado	4	34.86	B
T2	Liofilizado	3	34.10	C
T8	Líquido	5	33.30	D
T7	Líquido	4	32.90	E
T6	Líquido	3	32.33	F
T1	—	0	31.36	G
T5	—	0	31.26	G

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El tratamiento T4 pertenece al grupo A lo que indica que presenta una media más alta. El tratamiento T3 se ubica en el grupo B, el T2 en el grupo C, el T8 en el grupo D, el T7 en el grupo E, el T6 en el grupo F, teniendo valores intermedios. Los tratamientos T1 y T5 pertenecen al grupo G con medias más bajas.

4.1.4.3. Análisis de vitamina C

En la tabla 28 se presentan los valores promedios en cuanto a la vitamina C de cada tratamiento del yogur con la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama.

Tabla 28. Vitamina C del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama

Tratamiento	Extracto y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Resultado (mg/100g)
T1	—	0	2.17
T2	Liofilizado	3	2.53
T3	Liofilizado	4	2.68
T4	Liofilizado	5	2.74
T5	—	0	2.17
T6	Líquido	3	2.19
T7	Líquido	4	2.28
T8	Líquido	5	2.31

Los resultados muestran valores entre 2.17 2.74, lo que indica que al aumentar la concentración de jícama se incrementa el valor del parámetro evaluado.

En la tabla 29 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 29. Valores de análisis de varianza de la vitamina C

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	$< 2 \times 10^{-16}$
B: Concentración	$< 2 \times 10^{-16}$
A x B	3.38×10^{-16}

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$) por lo cual influyen en el contenido de vitamina C del yogur.

En la tabla 30 se indican los valores que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas.

Tabla 30. Diferencia significativa entre tratamientos de la vitamina C

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (mg/100g)	Media	Rango
T4	Liofilizado	5	2,74	A
T3	Liofilizado	4	2.68	B
T2	Liofilizado	3	2.53	C
T8	Líquido	5	2.31	D
T7	Líquido	4	2.28	E
T6	Líquido	3	2.19	F
T1	—	0	2.17	F
T5	—	0	2.17	F

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El tratamiento T4 pertenece al grupo A lo que indica que presenta la media más alta. El tratamiento T3 se ubica en el grupo B, el T2 en el grupo C, el T8 en el grupo D, el T7 en el grupo E, teniendo valores intermedios. Los tratamientos T6, T1 y T5 pertenecen al grupo F con medias más bajas.

4.1.5. Propiedades reológicas del yogur

4.1.5.1. Análisis de viscosidad

En la tabla 31 se presentan los valores promedios en cuanto a la viscosidad de cada tratamiento del yogur con la adición de extracto líquido y liofilizado de jícama.

Tabla 31. Viscosidad del yogur añadido extracto líquido y liofilizado de jícama

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Resultado (Cp)
T1	—	0	8333.33
T2	Liofilizado	3	8900
T3	Liofilizado	4	9100
T4	Liofilizado	5	9433.33
T5	—	0	8566.66
T6	Líquido	3	7866.66
T7	Líquido	4	7566.66
T8	Líquido	5	7333.33

Los valores de viscosidad presentaron variaciones entre los tratamientos, con medias entre 7333.33 a 9433.33 cP.

En la tabla 32 se presentan los valores del análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 32. Valores de análisis de varianza de la viscosidad

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	$< 2 \times 10^{-16}$
B: Concentración	0.00863
A x B	$< 2 \times 10^{-16}$

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$) por lo cual influyen en la viscosidad del yogur.

En la tabla 33 se indican los valores que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas.

Tabla 33. Diferencia significativa entre tratamientos de la viscosidad

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T4	Liofilizado	5	9433.33	A
T3	Liofilizado	4	9100	B
T2	Liofilizado	3	8900	C
T1	—	0	8566.66	D
T5	—	0	8333.33	E
T6	Líquido	3	7866.66	F
T7	Líquido	4	7566.66	G
T8	Líquido	5	7333.33	H

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El T4 pertenecen al grupo A lo que indica que presentan las medias más altas, seguido del T3 en el grupo B y T2 en el grupo C, evidenciando que los tratamientos con liofilizado ocupan los primeros grupos. El T1 se ubica en el grupo D y T5 en el grupo E, representando valores intermedios. Por otro lado, los tratamientos con extracto líquido se encuentran en los últimos grupos: T6 en el grupo F, T7 en el grupo G y T8 en el grupo H.

4.1.6. Análisis Microbiológico

En la Tabla 34 se presentan los resultados del análisis microbiológico de los diferentes tratamientos de yogur, evidenciando que todos cumplen con los criterios de calidad e inocuidad establecidos.

Tabla 34. Análisis microbiológico

Tratamiento	Coliformes totales m:10	<i>Escherichia coli</i> m:<1	Mohos y levaduras m:200	Unidad	Cumple
T1	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^0$	$3,0 \times 10^1$	UFC/g	Cumple
T2	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^0$	$3,0 \times 10^1$	UFC/g	Cumple
T3	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^0$	$3,0 \times 10^1$	UFC/g	Cumple
T4	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^0$	$3,0 \times 10^1$	UFC/g	Cumple
T5	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^0$	$3,0 \times 10^1$	UFC/g	Cumple
T6	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^0$	$3,0 \times 10^1$	UFC/g	Cumple
T7	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^0$	$3,0 \times 10^1$	UFC/g	Cumple
T8	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^0$	$3,0 \times 10^1$	UFC/g	Cumple
Referencia	INEN 1529-7	INEN 1529-8	INEN 1529-10		

Los coliformes totales mostraron valores menores a $1,0 \times 10^1$ UFC/g, conforme a la norma NTE INEN 2395:2011, <100 UFC/g. En el caso de *Escherichia coli*, los resultados fueron menores a $1,0 \times 10^0$ UFC/g, cumpliendo con lo establecido en la norma NTE INEN-ISO 4832/4831, <10 UFC/g. Por su parte, los mohos y levaduras presentaron valores de $3,0 \times 10^1$ UFC/g, encontrándose dentro de los límites aceptables < 500 UFC/g.

4.1.7. Análisis sensorial

Color

En la tabla 35 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 35. Valores de análisis de varianza del color

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	0.01509
B: Concentración	2×10^{-16}
A x B	0.00765

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$).

En la tabla 36 se indican los valores que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas hacia el color.

Tabla 36. Diferencia significativa entre tratamientos del color

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T6	Líquido	3	6.08	A
T1	—	0	6.04	A
T5	—	0	6.02	A
T2	Liofilizado	3	6.00	A
T3	Liofilizado	4	5.24	B
T7	Líquido	4	5.04	B
T4	Liofilizado	5	5.00	B
T8	Líquido	5	4.32	C

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El T6, T1, T5, T2 pertenecen al grupo A lo que indica que presentan las medias más altas, seguido de los T3, T7, T4 en el grupo B y T8 en el grupo C con un valor más bajo.

Olor

En la tabla 37 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 37. Valores de análisis de varianza del olor

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	5.81×10^{-8}
B: Concentración	$< 2 \times 10^{-16}$
A x B	6.42×10^{-9}

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$).

En la tabla 38 se indican los valores de que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas hacia el olor.

Tabla 38. Diferencia significativa entre tratamientos del olor

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T3	Liofilizado	4	6.04	A
T4	Liofilizado	5	5.36	B
T8	Líquido	5	5.92	B
T7	Líquido	4	5.12	C
T2	Liofilizado	3	5.08	C
T6	Líquido	3	5.02	C
T1	—	0	5.02	C
T5	—	0	5.00	C

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El T3 pertenece al grupo A lo que indica que presenta la media más alta, seguido del T4, T8 en el grupo B y T7, T2, T6, T1, T5 en el grupo C con valores más bajos.

Sabor

En la tabla 39 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 39. Valores de análisis de varianza del sabor

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	0.002
B: Concentración	$< 2 \times 10^{-16}$
A x B	1.44×10^{-10}

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$).

En la tabla 40 se indican los valores de que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas hacia el sabor.

Tabla 40. Diferencia significativa entre tratamientos del sabor

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T3	Liofilizado	4	6.28	A
T8	Líquido	5	6.18	AB
T2	Liofilizado	3	6.08	AB
T7	Líquido	4	5.78	B
T4	Liofilizado	5	5.12	C
T6	Líquido	3	5.08	C
T1	—	0	5.08	C
T5	—	0	4.70	C

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El T3, T8, T2 pertenecen al grupo A y AB lo que indica que presentan las medias más altas, seguido del T7 en el grupo B y T4, T6, T1, T5 en el grupo C con un valor más bajo.

Textura

En la tabla 41 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 41. Valores de análisis de varianza de la textura

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	6.89×10^{-5}
B: Concentración	0.267
A x B	$< 2 \times 10^{-16}$

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$).

En la tabla 42 se indican los valores de que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas hacia la textura.

Tabla 42. Diferencia significativa entre tratamientos de la textura

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T3	Liofilizado	4	6.12	A
T2	Liofilizado	3	5.58	B
T4	Liofilizado	5	5.22	B
T7	Líquido	4	5.18	B
T8	Líquido	5	5.14	B
T6	Líquido	3	5.12	B
T1	—	0	4.12	C
T5	—	0	4.06	C

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El T3 pertenece al grupo A lo que indica que presenta la media más alta, seguido del T2, T4, T7, T8, T6 en el grupo B y T1, T5 en el grupo C con un valor más bajo.

Aceptación general

En la tabla 43 se presentan los valores del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre tratamientos.

Tabla 43. Valores de análisis de varianza de la aceptación general

Factor	P-valor
A: Extracto líquido y liofilizado de jícama	0.0013
B: Concentración	2.75×10^{-14}
A x B	5.13×10^{-5}

El análisis de varianza mostró que tanto el factor A: Extracto líquido y liofilizado de jícama, el factor B: Concentraciones y la interacción (A x B) presentan diferencia significativa sobre la variable evaluada al tener un ($p < 0.05$).

En la tabla 44 se indican los valores de que dio de resultado al aplicar la prueba de Tukey para determinar entre que tratamientos hay diferencias significativas hacia la aceptación general.

Tabla 44. Diferencia significativa entre tratamientos de la aceptación general

Tratamiento	Extracto líquido y liofilizado de jícama	Concentración (%)	Media	Rango
T3	Liofilizado	4	6.18	A
T2	Liofilizado	3	6.00	A
T7	Líquido	4	6.00	A
T4	Liofilizado	5	5.40	B
T6	Líquido	3	5.22	B
T8	Líquido	5	5.16	B
T5	—	0	5.16	B
T1	—	0	5.12	B

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos mediante agrupación por letra. El T3, T2, T7 pertenecen al grupo A lo que indica que presentan las medias más altas, seguido del T4, T6, T8, T5, T1 en el grupo B con un valor más bajo.

4.1.8. Diseño de planta del yogur con jícama liofilizada

En la figura 6 se presenta el diseño de planta para 500 litros de yogur con jícama liofilizada, la cual esta distribuida en las diferentes áreas con el fin de organizar los equipos necesarios del proceso productivo.

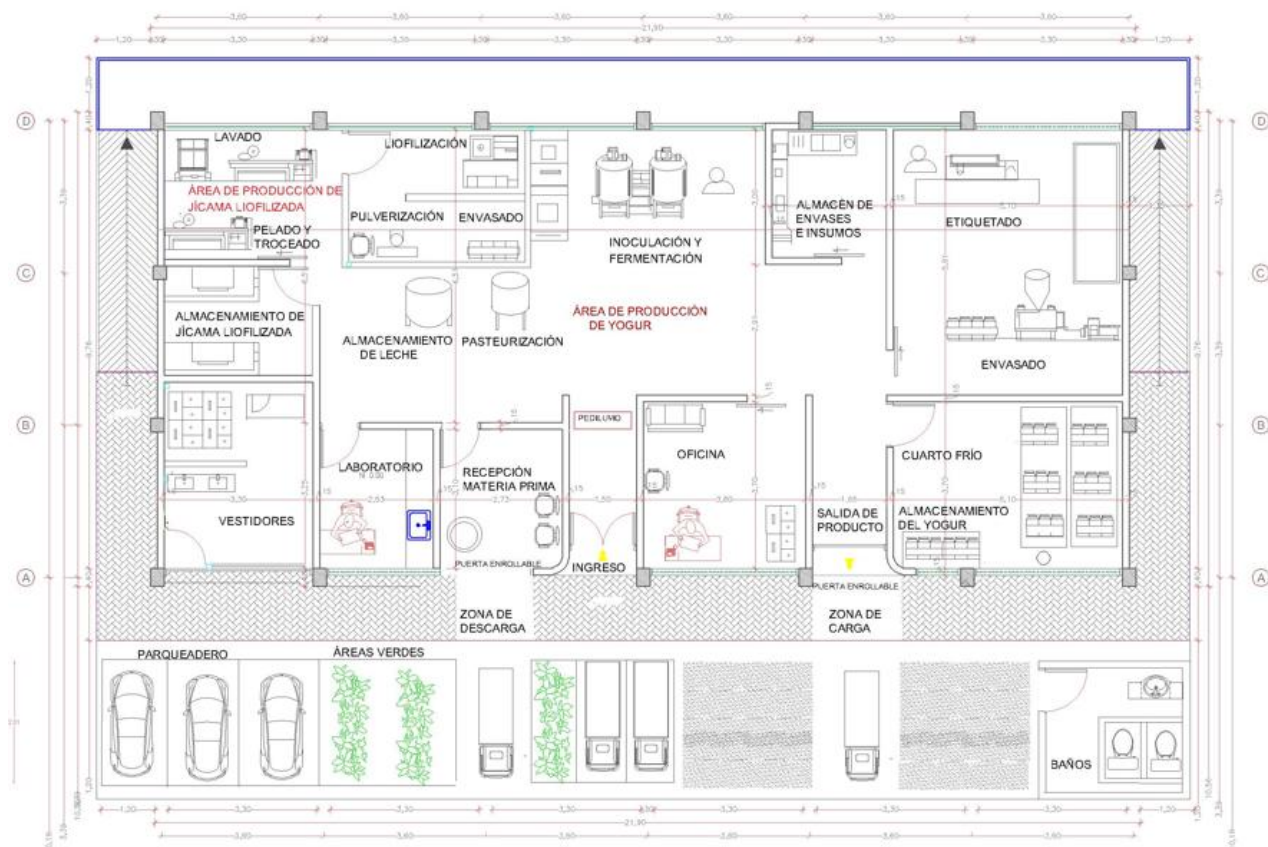


Figura 6. Diseño de planta del proceso de yogur natural con jícama liofilizada

4.1.8.1. Descripción del diseño de planta para la producción de yogur con jícama liofilizada.

- Área de parqueadero: Dispone de parqueadero de vehículos para el ingreso de materia prima o despacho de productos, y para consumidores o personal.
- Área de sanitización: Esta ubicada a un lado de la zona de producción para poder vestirse y realizar la limpieza adecuadamente.
- Laboratorio: Se encuentra junto a la recepción de materia prima para realizar los controles de calidad correspondientes.
- Oficina: Cuenta de una oficina con el fin de gestionar la producción, llevar un control de registros y planificación.
- Área de producción de jícama liofilizada:
- Área de recepción de materia prima: La jícama se pesa se verifica que este en buen estado y pasa al área de lavado.
- Área de lavado de jícama: En esta área se selecciona en buen estado la jícama y se lava para eliminar impurezas.
- Área de pelado y troceado: Se pela con un pelador mecánico para posteriormente trocearla en cuadros pequeños para facilitar el proceso de liofilización.
- Liofilización: es el proceso en el cual elimina agua que contiene la jícama para obtener polvo.
- Pulverización: Se somete al proceso de molienda mediante un molino para obtener partículas más pequeñas y finas, luego se tamiza mediante el tamiz más fino para obtener polvo fácil de incorporarse al yogur.
- Envasado: La jícama liofilizada se pesa en una balanza analítica para ver su rendimiento y se coloca en bolsas plásticas grado alimenticio con cierre hermético.
- Almacenamiento: Se almacena en lugar seco que no le dé la luz.
- Área de producción de yogur:
- Área de recepción de materia prima: Se realiza la recepción de leche cruda y pasa por pruebas de calidad una vez cumplidas pasa al tanque de almacenamiento mediante bomba de transferencia.
- Área de pasteurización: se pasteuriza la leche a 85°C por 30 min, se deja enfriar hasta 40°C.

- Área de inoculación y fermentación: Se adiciona los cultivos lácticos y la jícama que ya se había liofilizado, se deja fermentar durante 8 horas hasta obtener el yogur y se deja enfriar.
- Área de envasado: Se coloca el yogur en sus respectivos envases plásticos con tapa.
- Área de etiquetado: Mediante una etiquetadora manual se coloca la fecha de elaboración y vencimiento y estas etiquetas se pegan en el envase del yogur.
- Área de almacenado: El producto terminado pasa al cuarto frío donde se almacenan hasta su entrega.

4.1.9. Costo unitario de producción de yogur con jícama liofilizada.

En la tabla 45 se indican los costos de materia prima e insumos en la producción del yogur natural liofilizado de jícama.

Tabla 45. Análisis de costos de yogur con jícama liofilizada

Criterios	Producción de yogur con jícama liofilizada
Materia prima	\$ 26.500
Talento humano	\$ 2.676
Depreciación de maquinaria	\$ 375
Servicios básicos	\$ 1.850
Depreciación de construcción	\$ 375
Envases	\$ 5.820,62
Producción	15.000 L
Costo unitario \$/L de yogur natural liofilizado de jícama	\$ 2,51
Precio estimado de venta al público	\$ 3,01

La fórmula usada:

$$CPU = \frac{26.500 + 2.676 + 375 + 1.850 + 375 + 5.820,62}{15.000}$$

$$CPU = \$ 2,51$$

El análisis de costos para la elaboración del yogur natural liofilizado de jícama, donde se obtuvo un costo unitario de \$ 2,51 por litro. Se puede observar que los gastos más altos corresponden a la materia prima y al envase, lo que indica que estos son los factores que más influyen en el costo final del producto. Por otro lado, los costos de mano de obra, maquinaria, servicios y construcción son menores, pero igualmente necesarios para llevar a cabo la producción.

4.1.10. Diseño de planta del yogur con extracto líquido de jícama.

En la figura 7 se presenta el diseño de planta para 500 litros de yogur con jícama extracto de jícama, la cual esta distribuida en las diferentes áreas del proceso productivo.

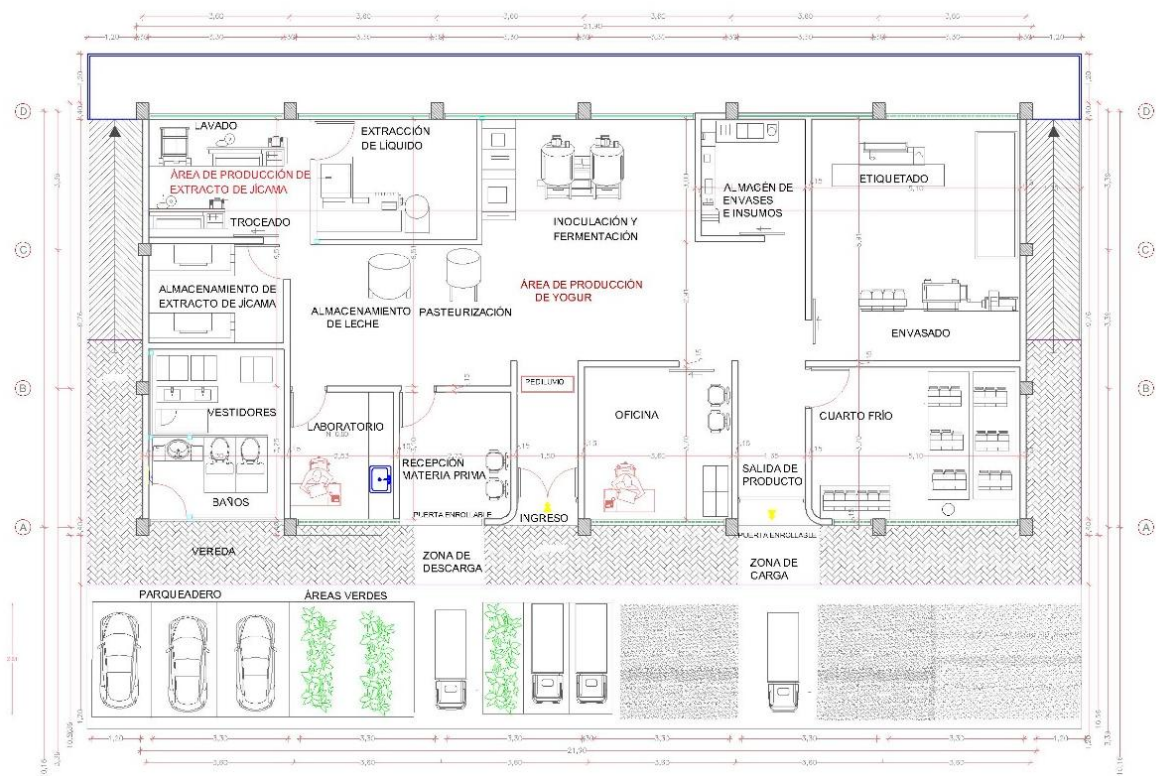


Figura 7. Diseño de planta del proceso de yogur natural con extracto líquido de jícama

4.1.10.1. Descripción del diseño de planta para la producción de yogur con extracto líquido de jícama

- Área de parqueadero: Dispone de parqueadero de vehículos para el ingreso de materia prima o despacho de productos, y para consumidores o personal.
- Área de sanitización: Esta ubicada a un lado de la zona de producción para poder vestirse y realizar la limpieza adecuadamente.
- Laboratorio: Se encuentra junto a la recepción de materia prima para realizar los controles de calidad correspondientes.
- Oficina: Cuenta de una oficina con el fin de gestionar la producción, llevar un control de registros y planificación.
- Área de producción de extracto de jícama:

- Área de recepción de materia prima: La jícama se pesa se verifica que este en buen estado y pasa al área de lavado.
- Área de lavado de jícama: En esta área se selecciona en buen estado la jícama y se lava para eliminar impurezas.
- Área de pelado y troceado: Se pela con un pelador mecánico para posteriormente trocearla en cuadros pequeños para facilitar el proceso.
- Extracción de jugo: es el proceso en el cual se utiliza un extractor de jugo tipo tornillo para obtener el jugo de jícama puro.
- Envasado: El extracto o jugo se coloca en envases de vidrio para su mejor conservación.
- Almacenamiento: Se almacena en refrigeración.
- Área de producción de yogur:
- Área de recepción de materia prima: Se realiza la recepción de leche cruda y pasa por pruebas de calidad una vez cumplidas pasa al tanque de almacenamiento mediante bomba de transferencia.
- Área de pasteurización: se pasteuriza la leche a 85°C por 30 min, se deja enfriar hasta 40°C.
- Área de inoculación y fermentación: Se adiciona los cultivos lácticos y el extracto de jícama, se deja fermentar durante 8 horas hasta obtener el yogur y se deja enfriar.
- Área de envasado: Se coloca el yogur en sus respectivos envases plásticos con tapa.
- Área de etiquetado: Mediante una etiquetadora manual se coloca la fecha de elaboración y vencimiento y estas etiquetas se pegan en el envase del yogur.
- Área de almacenado: El producto terminado pasa al cuarto frío donde se almacenan hasta su entrega.

4.1.11. Costo unitario de producción de yogur con extracto líquido de jícama

En la tabla 46 se indica los costos de materia prima e insumos en la producción del yogur natural con extracto de jícama.

Tabla 46. Análisis de costos de yogur con extracto líquido de jícama

Criterios	Producción de yogur con extracto líquido de jícama
Materia prima	\$ 12.300
Talento humano	\$ 2.676
Depreciación de maquinaria	\$ 375
Servicios básicos	\$ 432,38
Depreciación de construcción	\$ 375
Envases	\$ 5.820,62
Producción	15.000 L
Costo unitario \$/L de yogur natural con extracto líquido de jícama	\$ 1,47
Precio estimado de venta al público	\$1,76

La fórmula usada:

$$CPU = \frac{12300 + 2.676 + 375 + 432,38 + 375 + 5.820,62}{15.000 L}$$

$$CPU = \$ 1,47$$

El análisis de costos para la elaboración del yogur natural con extracto líquido de jícama, donde se obtuvo un costo unitario de \$1.47 por litro. Se puede observar que los gastos más altos corresponden a la materia prima y al envase, lo que indica que estos son los factores que más influyen en el costo final del producto. Por otro lado, los costos de mano de obra, maquinaria, servicios y construcción son menores, pero igualmente necesarios para llevar a cabo la producción.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. El rendimiento en la obtención de extracto líquido y liofilizado de jícama

En estos resultados se comprobó que la liofilización elimina gran parte de humedad, obteniendo un rendimiento del 11% debido a la concentración de los sólidos del producto, favoreciendo la conservación de las propiedades nutricionales (Nowak & Jakubczyk, 2020). En comparación con el extracto líquido conservo la mayor parte de agua natural de materia prima debido a que la jícama tiene un alto contenido de agua y permitió obtener un mayor rendimiento de 70%.

4.2.2. Propiedades nutricionales del extracto líquido y liofilizado de jícama

En el análisis se observó que la jícama liofilizada presentó mayores contenidos de inulina (12.95 %), vitamina C (18.82 mg/100 g) y azúcares reductores (81.61 g/L) en comparación con el extracto líquido de jícama, cuyos valores fueron de 5.07 % de inulina g, 4.22 mg/100g de vitamina C y 46.12 g/L de azúcares reductores. Por lo tanto, quiere decir que la liofilización permite conservar mayor cantidad de compuestos

bioactivos que se presentan en la jícama. Así como menciona en su estudio Adeleke et al., (2020), que la liofilización permite preservar en mayor proporción compuestos antioxidantes, vitamina C y carbohidratos contribuyendo a una mayor estabilidad nutricional.

4.2.3. Propiedades fisicoquímicas del yogur con la incorporación de jícama

Las propiedades fisicoquímicas del yogur mostraron que el tratamiento más adecuado es el T4, correspondiente al 5 % de jícama liofilizada, presentó un pH de 4.31. Este resultado fue similar al reportado por Bankole et al., (2023), quienes observaron valores de pH entre 4.20 y 4.35 en yogures naturales enriquecidos con compuestos funcionales, indicando que la incorporación de ingredientes bioactivos no altera significativamente el proceso normal de fermentación. De la misma manera, la acidez titulable de 0.71 % fue comparable a la registrada por Cabrera-Ramírez et al., (2021), quienes obtuvieron valores de 0.72 % en yogures enriquecidos con fibra vegetal, demostrando que la adición del ingrediente mantuvo la estabilidad ácido-láctica del producto. El contenido de proteína de 3.35 % fue semejante al informado por Chen et al., (2022), quienes reportaron 2.91 % – 3.43 % en yogures fortificados con ingredientes prebióticos, mientras que la grasa de 3.13 % fue cercana a la descrita por Çelik ÖF & Karakus B, (2025), quienes reportaron valores en el rango de 3 %–3.5 % en yogures naturales, los cuales presentaron una mejor aceptación sensorial en comparación con formulaciones con mayor contenido graso.

4.2.4. Propiedades nutricionales del yogur con la incorporación de jícama

En el análisis nutricional se observó que el tratamiento T4 correspondiente al 5% liofilizado, es el más favorable debido a que, presentó 0.59 % de inulina, 35.63 g/L de azúcares reductores y 2.74 mg/100 g de vitamina C, valores superiores a los observados en los demás tratamientos. Estos resultados sugieren que la incorporación de jícama liofilizada favoreció el aporte y conservación de compuestos funcionales en el yogur. A comparación con el estudio de (Silyvridou et al., (2024), que incorporaron extracto acuoso de espinillo amarillo liofilizado en concentraciones de 0 %, 0,5 %, 1 %, 2 % y 3 % en yogur tipo set, reportando un incremento en compuestos bioactivos y propiedades funcionales del producto al aumentar la concentración.

4.2.5. Propiedades reológicas del yogur

De acuerdo con el análisis de viscosidad el tratamiento T4 (5% liofilizado) presentó una mayor viscosidad de 9433.33 cP, sin embargo, el tratamiento T3 (4% liofilizado) el cual presentó una viscosidad de 9100 cP, se considera adecuado por tener una consistencia firme y homogénea, a comparación del estudio por (Ahmed et al., 2023), donde evaluaron yogures simbióticos adicionados con gel de aloe vera en concentraciones de 5 %, 10 % y 15 %, obtuvieron valores entre (1121–5193 cP) registrando un incremento de viscosidad asociado a la interacción de compuestos funcionales con la red de caseína del yogur.

Según Ndhlala et al., (2022), indicaron que la adición de compuestos funcionales en yogur natural favorece el aumento de la viscosidad debido al fortalecimiento de la matriz proteica, resultado similar al encontrado en el presente estudio.

4.2.6. Propiedades microbiológicas del yogur con la incorporación de jícama

En el análisis microbiológico del yogur, todos los tratamientos cumplieron con la normativa NTE INEN 2395 (2011), la cual presenta límite máximo permisible de $<1,0 \times 10^1$ para *Escherichia coli*, ≤ 100 UFC/g para coliformes totales y ≤ 500 UFC/g para mohos y levaduras. En esta investigación se obtuvo resultados de <10 UFC/g demostrando que la incorporación de jícama no afectó la inocuidad del producto, lo que confirma la seguridad del producto.

4.2.7. Propiedades sensoriales del yogur con la incorporación de jícama

De acuerdo con los resultados de cada atributo sensorial se dedujo que el tratamiento T3 correspondiente al 4% liofilizado mostró la mayor aceptación sensorial en sabor, olor, textura, excepto en color. Sin embargo, en aceptación general se obtuvo que T3 fue el más aceptado.

En el estudio realizado por Iriondo-Dehond et al., (2020), señalaron que concentraciones moderadas de ingredientes funcionales en yogur natural presentan mayor aceptabilidad que niveles elevados, debido a que conservan mejor las características sensoriales tradicionales del producto.

En relación con estos resultados, aunque el tratamiento T4 fue el mejor en propiedades fisicoquímicas y nutricionales, se puede deducir que el tratamiento más adecuado fue el T3 debido a que obtuvo mayor aceptación sensorial y su viscosidad fue la mejor.

4.2.8. Análisis del diseño de planta junto con costos de producción de yogur con extracto líquido y liofilizado de jícama

Mediante el diseño de planta se identificó los requerimientos operativos de cada proceso, lo cual fue fundamental para la estimación de los costos de producción del yogur. En este sentido, se evidenció que el proceso asociado al extracto líquido de jícama presentó un menor costo unitario 1,47 USD/L), debido a la simplicidad de sus operaciones y al menor uso de equipos especializados, lo que redujo el consumo energético y el tiempo de procesamiento.

Mientras que, el yogur elaborado con jícama liofilizada alcanzó un costo unitario de 2,51 USD/L, como consecuencia de la incorporación de etapas adicionales como la liofilización, que demandan mayor energía y tecnología (Uwineza & Zhang, 2026).

Iriondo-Dehond et al., (2020), señalaron que los procesos de liofilización incrementan los costos de producción en comparación con métodos convencionales de procesamiento, aunque permiten una mejor conservación de compuestos funcionales y calidad nutricional del producto.

Sin embargo, este costo puede considerarse competitivo dentro del mercado de yogures naturales y nutritivos, debido a que productos con características diferenciadas y valor agregado nutricional suelen presentar precios similares o superiores. En general el tratamiento T3 (4 % liofilizado) mostró un mejor equilibrio entre calidad y costo, lo que indica que una mayor inversión puede considerarse favorable cuando contribuye a mejorar el perfil nutricional del yogur.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se establecieron adecuadamente los parámetros para la obtención del extracto líquido y del liofilizado de jícama, evidenciándose que el extracto líquido fue el método más eficiente, debido a su menor complejidad operativa, menor tiempo de procesamiento, menor requerimiento energético y mayor rendimiento en la obtención del producto. Por su parte, la liofilización, aunque más compleja, costosa y con menor rendimiento, presentó ventajas tecnológicas al permitir una mejor conservación de los compuestos bioactivos y mayor estabilidad.
- El análisis nutricional evidenció que la jícama liofilizada presentó una mayor concentración de compuestos funcionales: inulina (12.95 %); azúcares reductores: (81.61 g/L) y vitamina C: (18.82 mg/100g), valores superiores en comparación con el extracto líquido: inulina (5.07 %); azúcares reductores: (46.12 g/L) y vitamina C: (4.22 mg/100g), debido a la eliminación de agua durante el proceso, lo que favorece la conservación de nutrientes como la fibra dietaria y compuestos prebióticos.
- La incorporación de extracto líquido y liofilizada de jícama influyó significativamente en las propiedades del yogur natural, observándose mejoras en las características fisicoquímicas, nutricionales, reológicas y sensoriales, mientras que los parámetros microbiológicos se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la INEN 2935:2011, garantizando la inocuidad del producto.
- De acuerdo con los análisis se determinó que el tratamiento T3 (4 % de jícama liofilizada) es la mejor alternativa, al presentar un equilibrio adecuado entre calidad fisicoquímica en: pH (4,31); acidez (0,71 %); proteína (3,31 %); grasa (3,10 %) valor nutricional: inulina (0,52 %); azúcares reductores (34,86 g/L); vitamina C (2,68 mg/100g); viscosidad (9.100 cP); aceptación sensorial (6 A)

- El análisis de costos determinó que el yogur elaborado con extracto líquido presentó un menor costo unitario (1,47 USD) en comparación con el yogur con jícama liofilizada (2,51 USD), debido a la mayor complejidad del el proceso de liofilización y su alto consumo energético; sin embargo, este último mostró mejores propiedades tecnológicas y nutricionales.
- En termino de viabilidad comercial se pudo evidenciar que esta entre rangos comerciales de costos de 1,47 y 2,51 \$, los costos estimados se ubican en un rango que podría ser competitivo.
- Por otro lado, el uso de yogur con jícama liofilizada, aunque implica mayores costos operativos, ofrece ventajas relacionadas con la estabilidad, conservación de compuestos bioactivos y mayor valor agregado del producto, lo que permite su aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales especializados.

5.2. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar estudios de vida útil para determinar la estabilidad del producto en almacenamiento, considerando cambios en pH, acidez, viscosidad y crecimiento microbiológico a lo largo del tiempo.

Se propone analizar la incorporación de otros ingredientes que puedan evaluar el efecto prebiótico de la inulina y mejorar su valor nutricional.

Se recomienda evaluar la estabilidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial del yogur enriquecido durante el almacenamiento refrigerado para determinar su vida útil y mantener la aceptación del consumidor

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addo-Preko, E., Amissah, J. G. N., & Adjei, M. Y. B. (2023). The relevance of the number of categories in the hedonic scale to the Ghanaian consumer in acceptance testing. *Frontiers in Food Science and Technology*, 3. <https://doi.org/10.3389/frfst.2023.1071216>
- Adeleke, D., Shittu, T., Abass, A., Awoyale, W., Awonorin, S., & Eromosele, O. (2020). *Propiedades fisicoquímicas, reología y estabilidad de almacenamiento de cremas para ensaladas elaboradas con diferentes variedades de almidón de yuca*. 44:e14662 (Journal of Food Processing and Preservation).
- Ahmed, S., Noor, A., Tariq, M., & Zaidi, A. (2023). Functional improvement of synbiotic yogurt enriched with *Lactobacillus rhamnosus* and aloe vera gel using the response surface method. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00153-0>
- Aline de Carvalho Correa, Melina Savioli Lopes, Rafael Firmani Perna, & Eric Keven Silva. (2024). *Fibras dietéticas prebióticas de tipo fructano: Estudios clínicos que informan sobre sus efectos en la salud y avances recientes en su aplicación tecnológica en productos de panadería, lácteos, cárnicos y bebidas*.
- Bankole, A. O., Ironi, E. A., Awoyale, W., & Ajani, E. O. (2023). Application of natural and modified additives in yogurt formulation: types, production, and rheological and nutraceutical benefits. In *Frontiers in Nutrition* (Vol. 10). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1257439>
- Bhanja, A., Paikra, S. K., Sutar, P. P., & Mishra, M. (2022). Caracterización e identificación de la inulina de *Pachyrhizus erosus* y evaluación de su eficacia antioxidante y prebiótica in vitro. *J Food Sci Technol*, 1-11.
- Clinic, c. (19 de Abril de 2023). *¿Qué es la jícama?* Obtenido de clinic, cleveland: <https://health.clevelandclinic.org/jicama-nutrition>
- Duarte, R., González, J., & Romero, J. C. (2024). Cinco frutas ecuatorianas subutilizadas y su potencial bioactivo como alimentos funcionales y en el síndrome metabólico: una revisión. *Molecules*, 1-13.
- Epstein, L. H., & Paluch, R. A. (2023). La resistencia a la insulina y la HbA1c en la obesidad se asocian con la preferencia por el yogur azucarado: un estudio piloto. *Medicina psicosomnográfica*, 289–293.

- Epstein, L. H., Biondolillo, M. J., Rizwan, A., Ghanim, H., Bickel, W. K., & Paluch, R. A. (2023). Insulin Resistance and Glycated Hemoglobin in Obesity Are Associated with Preference for Sugar-Sweetened Yogurt: A Pilot Study. *Psychosomatic Medicine*, 289-293.
- Fernández, J., Gómez, M., & Ramírez, L. (2020). Estudio del contenido nutricional y compuestos bioactivos en la jícama (*Pachyrhizus erosus*) durante su desarrollo. *Revista de Ciencias Agroalimentarias*, 35(2), 123–130.
- Husnain, S. N., A. M., Amjad, W., F. M., & Hensel, O. (2023). Análisis comparativo de calidad y viabilidad económica de una unidad de procesamiento de yogur asistida por energía solar para una cadena de valor láctea descentralizada. *Informes científicos*, Volumen 13 , 6878.
- Jaiswal, V., Chauhan, S., & Lee, H.-J. (2022). La bioactividad y los fitoquímicos de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.: una planta de cultivo multifuncional subutilizada. *Antioxidantes*, 1-58.
- Kishore, A., Patil, R. J., Singh, A., & Pati, K. (2024). Jícama (*Pachyrhizus* spp.), un almidón no convencional: una revisión sobre su aislamiento, composición, estructura, propiedades, modificaciones y aplicación. *Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas*, 1-18.
- Magliano, D. J., & Boyko, E. J. (2025). *11 Edith Diabetes Atlas* . Canada : International Diabetes Federation .
- Matsuura, F., Oliveira, F., & Bérghamo, D. (2020). Extractos vegetales como ingredientes funcionales en productos lácteos: aspectos tecnológicos y nutricionales. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 40(1), 45–53.
- Mudannayake, D. C., Jayasena, D. D., Wimalasiri, K. M., Ranadheera, C. S., & SaidAjouni. (2022). Inulin fructans– food applications and alternative plant sources: a review. *Department of Food Science and Technology*, 1-17.
- Munteanu-Ichim, R., & Florentina, M. (2024). Tradición e innovación en el yogur desde una perspectiva funcional: una revisión. *Fermentación*, 1-357.
- Nutrición. (10 de 02 de 2020). Yogur. ABC, 1-6. Obtenido de ABC Bienestar: https://www.abc.es/bienestar/alimentacion/abci-yogur-201910091012_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fbienestar%2Falimentacion%2Fabci-yogur-201910091012_noticia.htm
- OMS. (1 de Enero de 2026). OMS. Obtenido de OMS: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- Ortega, L., Muñoz, J., & Rojas, C. (2020). Efectos del consumo de fibra dietética en la regulación glucémica. *Revista Salud y Nutrición*.

- Proestos, C. (2020). Los beneficios de los extractos de plantas para la salud humana. *Foods*, 1-11.
- Quinlli Abarca, N. R. (2021). *Caracterización nutricional y funcional de la jícama (Smallanthus sonchifolius) y su utilización en la elaboración de mermelada*. Riobamba – Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.
- Rodríguez, H., Serrano, M., & Peña, C. (2021). *Caracterización nutracéutica de tubérculos andinos*. . Lima: Universidad Nacional Agraria.
- Rodríguez, M., Castillo, L., & Herrera, G. (2021). *Propiedades nutricionales y potencial funcional de la jícama (Pachyrhizus erosus)*. México: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(3), 577–586.
- Saleem, G. N., Gu, R., & Qu, H. (2024). Potencial terapéutico de los productos lácteos fermentados más populares y sus beneficios para la salud humana. *Nutrición Frontal*, 1-29.
- Sangkaran, P., & Rios-Solis, L. (2024). Yogur funcional: una revisión exhaustiva de su composición nutricional y beneficios para la salud. *Food y Fuction*, 1-29.
- Świqder, K., & Florowska, A. (2022). Calidad sensorial y propiedades físicas del yogur funcional con infusión de té verde e inulina. *Avances recientes y tendencias futuras en alimentos fermentados y funcionales*, 11 (4), 566.
- Villalba, C. I., Liberio, R. V., Zambrano, C. M., & González, E. A. (2021). Gestión y costos de producción: Balances y perspectivas. *Revista de Ciencias Sociales* , 1-12.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Chapues Puetate Daniela Alexandra - Lugo Bolaños Angela Raquel				
DATE: Wednesday, June the 3rd of 2026				
Topic: "Effect of the addition of liquid and lyophilized jicama (Pachyrhizus erosus) extract to a natural yogurt"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☒	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE		TOTAL 9		
9 - 10: EXCELLENT				
7 - 8,9: GOOD				
5 - 6,9: AVERAGE				
0 - 4,9: LIMITED				



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: Chapues Puetate Daniela Alexandra - Lugo Bolaños Angela Raquel

Fecha de recepción del abstract: Martes, 2 de junio de 2026

Fecha de entrega del informe: Miércoles, 3 de junio de 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Tras evaluar el resumen presentado, se concluye que la traducción al inglés es adecuada y fiel al contenido. De acuerdo con la rúbrica aplicada para su valoración, se le asigna una calificación de 9, por lo que el trabajo queda aprobado.

Atentamente



MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN

Anexo 2. Proceso de obtención de jícama liofilizada y extracto líquido



Figura 8. Proceso de liofilización



Figura 9. Extracto líquido de jícama

Anexo 3. Elaboración de yogur con adición de jícama



Figura 10. Elaboración de yogur

Anexo 4. Propiedades fisicoquímicas

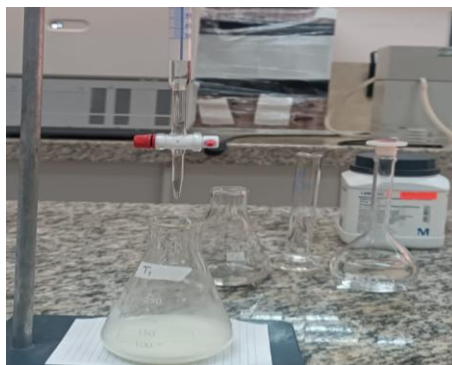


Figura 11. Análisis de pH



Figura 12. Análisis de acidez



Figura 13. Análisis de grasa



Figura 14. Análisis de proteína

Anexo 5. Propiedades nutricionales del yogur



Figura 15. Análisis de Inulina



Figura 16. Análisis Azúcares reductores

Anexo 6. Análisis de Vitamina C



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-MI.101482a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	LUGO BOLAÑOS ANGELA RAQUEL
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980121613

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural con jícama (8 muestras)		
Lote:	LT27012026	Contenido declarado:	1000g
Fecha de elaboración:	2026-02-23		
Fecha de recepción:	2026/02/24		
Fecha de análisis:	2026/03/04		
Material de envase:	Polietileno de alta densidad		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.5 °C		

RESULTADO VITAMINA C

Muestra 1 Liofilizado sin extracto

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Repetición 1	2,18	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 2	2,17	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 3	2,18	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV

Muestra 2 Liofilizado (3%)

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Repetición 1	2,52	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 2	2,54	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 3	2,55	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV

Muestra 3 Liofilizado (4%)

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Repetición 1	2,68	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 2	2,69	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 3	2,68	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV



Jesdrro g, Jo po ^-1 itty<.otL>:lg1n;1 j).

RMI / ti DI / E--liciónRG 1

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-MI.101482a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	LUGO BOLAÑOS ANGELA RAQUEL
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980121613

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural con jicama (8 muestras)		
Lote:	LT27012026	Contenido declarado:	1000g
Fecha de elaboración:	2026-02-23		
Fecha de recepción:	2026/02/24		
Fecha de análisis:	2026/03/04		
Material de envase:	Polietileno de alta densidad		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.5 °C		

RESULTADO VITAMINA C

Muestra 1 Liofilizado sin extracto

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Repetición 1	2,18	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 2	2,17	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 3	2,18	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV

Muestra 2 Liofilizado (3%)

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Repetición 1	2,52	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 2	2,54	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 3	2,55	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV

Muestra 3 Liofilizado (4%)

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Repetición 1	2,68	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 2	2,69	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV
Repetición 3	2,68	mg/100g	MIN-10	AOAC 967.21/ HPLC-UV



Jesdrro 6, Jo po '1 illy< ott. > ig1n;1 j)

RMI / t l DI / E--lici0RG 1

Nota 1: * Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Nota 2: UFC/mL= unidades formadoras de colonia por mililitro.

Nota 3: "La incertidumbre informada es una incertidumbre expandida calculada usando un factor de cobertura de $k=2$, lo que da un nivel de confianza de aproximadamente el 95%".

Nota 4: Para declaración de conformidad el laboratorio tomará como referencia la Guía ISO/IEC 98-4. Regla de Decisión basadas en zonas de seguridad: CUMPLE si el resultado de la medición está por debajo del límite de aceptación (Considerando mínimos y máximos de dichos límites cuando apliquen), para ello se considerará el 100% de la incertidumbre.

Nota 5: Las opiniones, interpretaciones, conclusiones, etc., aplican únicamente para los parámetros dentro del alcance de acreditación.

Nota 6: Cumple: "Cumple con la especificación".

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis. Posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE

ORC: E.T.AIC N50-1C9 '1' 5 FOBA SANDOVA. E.L.P 'IIA QUITO PICI' 'IIC-Ia E.CUADOR
:021 j l, Q44, j l, Qb14, C-1? 86'.1 U9L8, 09..J 42& 8140 / 1forT 2 ,a.,r Jlt in ye e cor,



Jesdrro 2, Jo po '1illy<.ott. >lg1n:1 j)

RMI / II DI / E--ilicióRG I



Firmado electrónicamente por:
Quim. Mercedes Parra

Quim. Mercedes Parra
Jefe División Físico Químico -
Instrumental



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 2/2

RFQ-7.8-01 / Edición RG: 12

Anexo 7. Propiedades reológicas



Figura 17. Análisis de viscosidad

Anexo 8. Análisis microbiológico



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-MI.101482a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	LUGO BOLAÑOS ANGELA RAQUEL
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980121613

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural con jícama (8 muestras)		
Lote:	LT27012026	Contenido declarado:	1000g
Fecha de elaboración:	2026-02-23		
Fecha de recepción:	2026/02/24		
Fecha de análisis:	2026/03/04		
Material de envase:	Polietileno de alta densidad		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.5 °C		

RESULTADO MICROBIOLOGÍA

Muestra 1

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 2

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 3

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 4

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 5

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 6

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 7

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 8

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple



Muestra 4

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 5

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832-2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832-2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 6

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832:2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 7

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832-2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832-2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple

Muestra 8

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	U	ESPECIFICACIÓN	CUMPLE
Recuento de Mohos	30	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.73 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Levaduras	<10	UFC/mL	MMI-02	AOAC 997.02/ Petrifilm	±0.28 Log	M=500 UFC/mL	Cumple
Recuento de Coliformes totales	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832-2016/ REP.	±5.96 %	M=100 UFC/mL	Cumple
Recuento de Escherichia coli	<10	UFC/mL	MMI-108	NTE INEN-ISO 4832-2016/ REP.	±6.25 %	m=<10 UFC/mL	Cumple



INEN- ISO/IEC 17025:2018).

Notas Adicionales:

Las especificaciones fueron tomadas de la NORMA NTE INEN 2395:2011 LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS.



Quím. Nadia Torres
Asistente Técnico Microbiología



ORC: E.T.AIC N50-1C9 Y- 1. 5fOBA SANDOVA. E.L P 'IIA QUITO PICI- 'IIC-IA E.CUADOR
 :02 1,1(, Q44 /, 1(, Qb 14, C-? 86'.1 U9L8, 09.:J 42& 8140 / 1forT 2 ,a.,t Jlt itc ye e cor,

Resarc é"lc .ic .1 ility'-oft 'lg1n,1 /12

RMI / II DI / E-riJiór RG 1

Anexo 9. Análisis sensorial



Figura 18. Análisis sensorial



Evaluación Sensorial

Proyecto: Efecto de la adición de extracto y liofilizado de jicama en yogur natural

Fecha: _____

Instrucciones para el evaluador:

1. Cada muestra de yogur será presentada en un recipiente codificado con un número de tres dígitos.
2. Pruebe una muestra a la vez y tome agua para limpiar el paladar entre muestras.
3. Evalúe cada atributo sensorial según la escala hedónica de 7 puntos, donde:

Valor	Escala hedóni
7	Excelente
6	Muy bueno
5	Bueno
4	Aceptable
3	Poco aceptable
2	Malo
1	Muy malo

Código de muestra	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación general

Observaciones: