

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Tema: "Evaluación de una bebida láctea prebiótica a base de almidones resistentes de papa (*Solanum Tuberosum*) y arroz (*Oryza Sativa*)"**

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

AUTOR: Molina Salazar Johann Alexander

TUTOR: Ing. Paredes Pita Carlos Arturo MSc.

Tulcán, 2025.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Johann Alexander Molina Salazar con el número de cédula 0401335831 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de una bebida láctea prebiótica a base de almidones resistentes de papa (*Solanum Tuberosum*) y arroz (*Oryza Sativa*)"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

---

Ing. Paredes Pita Carlos Arturo MSc.

**TUTOR**

Tulcán, marzo de 2025

## **AUTORÍA DE TRABAJO**

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

Yo, Johann Alexander Molina Salazar con cédula de identidad número 040133583 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

Molina Salazar Johann Alexander

**AUTOR**

Tulcán, marzo de 2025

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Molina Salazar Johann Alexander declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de una bebida láctea prebiótica a base de almidones resistentes de papa (*Solanum Tuberosum*) y arroz (*Oryza Sativa*)" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Molina Salazar Johann Alexander

**AUTOR**

Tulcán, marzo de 2025

## AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por brindarme la oportunidad de formarme como ingeniero en este distinguido centro educativo. A lo largo de mi travesía académica, esta institución ha sido mi hogar intelectual, proporcionándome las herramientas y conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos del mundo profesional.

Un agradecimiento especial se dirige al MSc Carlos Arturo Paredes Pita, mi tutor y guía durante el desarrollo de este proyecto de tesis. Su dedicación, orientación y experiencia han sido fundamentales en cada etapa de esta investigación. La paciencia con la que respondió a mis preguntas y la sabiduría con la que compartió sus conocimientos han dejado una huella imborrable en mi formación como ingeniero.

Agradezco también a todos los profesores y personal de la universidad que contribuyeron a mi educación, su compromiso con la excelencia académica ha sido una inspiración constante. Mi reconocimiento se extiende a mis compañeros de clase, quienes compartieron conmigo este viaje lleno de desafíos y logros. Sus aportes y amistad han enriquecido mi experiencia universitaria.

A mi familia, por ser mi soporte incondicional. Vuestra confianza y amor han sido el motor que impulsó cada paso que di en este camino.

Este proyecto no habría sido posible sin el respaldo y apoyo de todas las personas mencionadas. A cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento.

## DEDICATORIA

A todos los ingenieros que han marcado mi camino académico con su sabiduría y experiencia, este proyecto está dedicado a ustedes. Vuestras lecciones, consejos y ejemplo han sido faros que iluminaron mi travesía por la ingeniería.

A mi familia, mi eterna fuente de apoyo y motivación. Cada logro en este proyecto es un reflejo de vuestro amor incondicional y confianza en mi capacidad. A mis padres, quienes me enseñaron el valor del esfuerzo y la dedicación, y a mis hermanos, cuyo aliento constante ha sido mi inspiración. A mis profesores, cuya dedicación a la enseñanza ha forjado en mí el deseo de buscar el conocimiento y la excelencia. Agradezco a aquellos que desafiaron mis límites y creyeron en mi potencial, guiándome a través de este trayecto académico.

A mis amigos y compañeros de estudios, quienes compartieron risas, desafíos y triunfos. Su amistad ha sido un regalo invaluable en este viaje, haciéndolo más significativo y memorable.

A mi universidad, por brindarme un espacio de crecimiento, aprendizaje y descubrimiento. Cada rincón de esta institución ha sido testigo de mi evolución como estudiante y como persona. Este proyecto es un tributo a todos los que han formado parte de mi trayectoria, dejando una huella imborrable en mi corazón. Que este esfuerzo contribuya de alguna manera al avance del conocimiento en nuestra disciplina y sirva como agradecimiento a aquellos que han contribuido a mi formación como ingeniero.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	16
<b>ABSTRACT</b> .....	17
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	19
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	19
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	20
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	20
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	21
1.4.1. Objetivo General.....	21
1.4.2. Objetivos Específicos .....	21
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	22
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	23
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	23
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	24
2.2.1 Almidón .....	24
2.2.1.1 Composición química del almidón.....	25
2.2.1.2 Métodos de extracción de almidón.....	26
2.2.1.2.1 Método vía húmeda.....	26
2.2.1.3 Propiedades funcionales del almidón .....	27
2.2.1.3.1 Gelatinización.....	27
2.2.1.3.2 Aditivo.....	27
2.2.1.4 Uso de almidón en la industria alimentaria.....	28
2.2.2 Almidón resistente (AR).....	28
2.2.2.1 Composición química del almidón resistente (AR) .....	28
2.2.2.2 Tipos de almidón resistente (AR) .....	29
2.2.2.3 Métodos de obtención de almidón resistente .....	30

2.2.2.3.1 Gelatinización del almidón resistente TIPO (III).....	30
2.2.2.3.2 Ciclos de enfriamiento y calentamiento almidón resistente TIPO (III). .....	30
2.2.2.4 Cuantificación de almidón Resistente tipo (III) .....	31
2.2.2.5 Beneficios fisiológicos asociados al almidón existente (AR) .....	32
2.2.2.5.1 Salud microbiota de los almidones resistentes (AR). .....	32
2.2.2.6 Ventajas del almidón resistente.....	33
2.2.3 Almidón de papa.....	34
2.2.4 Almidón de arroz .....	34
2.2.4.1 Información nutricional del arroz.....	35
2.2.4.2 Beneficios nutricionales del arroz.....	35
2.2.4.3 Composición química del arroz.....	36
2.2.4.4 Beneficios nutricionales del arroz.....	37
2.2.5 Leche .....	37
2.2.5.1 Información nutricional de la leche .....	37
2.2.5.2 Composición química de la leche.....	38
2.2.5.3 Composición vitamínica de la leche .....	38
2.2.6 Prebióticos.....	38
2.2.6.1 Diferencias entre prebiótico y probiótico.....	39
2.2.6.2 Fuentes de prebióticos .....	39
2.2.6.3 Efectos sobre el metabolismo .....	40
2.2.6.4 Aplicaciones en la industria alimentaria.....	41
2.2.7 Bacterias ácido-lácticas.....	41
2.2.7.1 Medición del nivel prebiótico .....	41
2.2.8 Streptococcus thermophilus .....	42
2.2.9 Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus .....	42
2.2.10 Conservantes y aditivos.....	44
2.2.10.1 Benzoatos .....	44

2.2.10.2 Sorbatos .....	44
2.2.10.3 Gelificantes .....	44
2.2.10.4 Pectina.....	45
2.2.10.5 Gelatina.....	45
2.2.11 Análisis Sensorial.....	45
2.2.12 Análisis fisicoquímico .....	46
2.2.13 Análisis Reológico.....	46
III. METODOLOGÍA .....	47
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....</b>	<b>47</b>
3.1.1. Enfoque. ....	47
3.1.2. Tipo de Investigación.....	47
<b>3.2. IDEA A DEFENDER .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>48</b>
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....</b>	<b>50</b>
3.4.1 Extracción de almidón de papa por vía húmeda .....	50
3.4.1.2 Diagrama de extracción de almidón de papa por método vía húmeda. .....	51
3.4.2 Extracción de almidón de arroz por vía húmeda .....	51
3.4.2.2 Diagrama de extracción de almidón de arroz por método vía húmeda. .....	52
3.4.3 Gelatinización del almidón de papa / arroz .....	53
3.4.4 Ciclos de enfriamiento/ calentamiento para la obtención de Almidón retrogradado. ....	53
3.4.5 Estabilidad al descongelamiento.....	54
3.4.6 Determinación del contenido de almidón resistente (Método Lager) .....	54
3.4.7 Cálculo para la cuantificación de almidón resistente. ....	56
3.4.8 Elaboración de la bebida prebiótica.....	57

3.4.9 Medición del nivel prebiótico: .....	57
3.4.10 Evaluación sensorial .....	58
3.4.11 Caracterización fisicoquímica .....	58
3.4.11.1 pH .....	58
3.4.11.2 Método volumétrico (Determinación de Acidez) .....	59
3.4.11.3 Sólidos solubles (°Brix) .....	59
3.4.11.4 Análisis reológico de Viscosidad (Reómetro de pulso) .....	59
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>60</b>
3.5.1 Arreglo factorial .....	61
3.5.2 Procesamiento y análisis de datos .....	61
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>62</b>
<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>
4.1.1 Evaluación sensorial .....	62
4.1.1.1 Valoración del Color .....	62
4.1.1.2 Valoración del Sabor .....	63
4.1.1.3 Valoración del Aroma .....	63
4.1.1.4 Valoración de la Textura .....	64
4.1.1.5 Valoración de la Apariencia .....	64
4.1.1.6 Determinación del mejor tratamiento. ....	64
4.1.2 Extracción de Almidón de papa y arroz (Método vía húmeda) .....	65
4.1.3 Retrogradación de Almidón. ....	65
4.1.3.1 Ciclos de calentamiento / enfriamiento .....	65
4.1.4 Gelatinización de Almidón.....	66
4.1.4.1 Cantidad de agua requerida para gelatinizar almidón .....	66
4.1.5 Determinación del contenido de Almidón Resistente Tipo (III) de Papa Chola .....	67
4.1.5.1 Cálculo para la cuantificación de almidón resistente de papa. ....	67

4.1.6 Determinación del contenido de Almidón Resistente Tipo (III) de Arroz. ....	67
4.1.6.1 Cálculo para la cuantificación de almidón resistente de arroz. ....	68
4.1.7 Análisis Físicoquímicos. ....	69
4.1.7.1 Sólidos solubles (°Brix). ....	69
4.1.7.2 pH. ....	69
4.1.7.3 Acidez titulable. ....	71
4.1.7.4 Viscosidad. ....	72
4.1.7.5 Nivel prebiótico. ....	75
<b>4.2. DISCUSIÓN</b> .....	80
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	84
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	84
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b> .....	86
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
VII. ANEXOS .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de algunos tubérculos que contienen almidón .....	26
Tabla 2. Contenido de almidón (AR) en algunos productos vegetales.....	33
Tabla 3. Composición nutricional del arroz en 100 g.....	35
Tabla 4. Contenido de Vitaminas y minerales del arroz.....	36
Tabla 5. Información nutricional de la leche con límites de variación en porcentaje. .....	37
Tabla 6. Composición química de la leche .....	38
Tabla 7. Operacionalización de variables. ....	49
Tabla 8. Formulación de la bebida.....	60
Tabla 9. Factores de estudio.....	61
Tabla 10. Escala hedónica (7 puntos) utilizada en la evaluación sensorial.....	62
Tabla 11. Análisis de varianza para el parámetro de Color.....	63
Tabla 12. Análisis de varianza para el parámetro de Sabor.....	63
Tabla 13. Análisis de varianza para el parámetro del Aroma. ....	63
Tabla 14. Análisis de varianza para el parámetro de la textura.....	64
Tabla 15. Análisis de varianza para el parámetro de la Apariencia.....	64
Tabla 16. Medias de la evaluación sensorial obtenidas de todos los tratamientos....	64
Tabla 17. Rendimiento de almidón natural obtenido.....	65
Tabla 18. Ciclos de temperatura usados para la retrogradación de almidón de papa. .....	65
Tabla 19. Ciclos de temperatura usados para la retrogradación de almidón de arroz. .....	66
Tabla 20. Contenido de almidón gelatinizado por método de Retrogradación. ....	66
Tabla 21. Concentración de almidón resistente de papa Chola obtenido después de la Hidrólisis HCL. ....	67

Tabla 22. Concentración de almidón resistente de arroz procesado obtenido después de la Hidrolisis HCL.....	68
Tabla 23. Cantidad de almidón resistente obtenido de papa y arroz.....	68
Tabla 24. Análisis de varianza °Brix .....	69
Tabla 25. Análisis de varianza pH .....	70
Tabla 26. Análisis de varianza Acidez titulable .....	71
Tabla 27. Análisis de varianza Viscosidad. ....	74

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Química del almidón. ....	24
Figura 2. Composición química de la Amilopectina. ....	25
Figura 3. Composición química de almidón modificado (resistente). ....	29
Figura 4. Representación gráfica de los gránulos de almidón retrogradado. ....	30
Figura 5. Retrogradación para obtención de RS. ....	31
Figura 6. Beneficios fisiológicos asociados al consumo de AR en humanos. ....	32
Figura 7. Morfología de los granos de almidón de papa. ....	34
Figura 8. Estructura química alimento prebiótico. ....	39
Figura 9. Imagen de prebióticos vistos en microscopio digital.....	40
Figura 10. Diagrama de extracción de almidón de papa por vía húmeda .....	51
Figura 11. Diagrama de extracción de almidón de arroz por vía húmeda.....	53
Figura 12. Diagrama de la gelatinización del almidón. ....	53
Figura 13. Diagrama de ciclos de enfriamiento y calentamiento. ....	54
Figura 14. Diagrama de proceso para la determinación del contenido de almidón resistente por hidrolisis HCL.....	56
Figura 15. Diagrama de elaboración de la bebida. ....	57
Figura 16. Gráfica de las medias obtenidas en la medición de °Brix. ....	69
Figura 17. Gráfica de las medias obtenidas en la medición de pH. ....	70

Figura 18. Gráfica de las medias obtenidas en la medición de acidez titulable. ....	71
Figura 19. Análisis de viscosidad Ajuste al Modelo de Potencial de Corte.....	73
Figura 20. Análisis de viscosidad Ajuste al Modelo de Potencial de Corte Completo. .....	73
Figura 21. Gráfica de las medias obtenidas en el análisis de Viscosidad.....	74
Figura 22. Crecimiento Exponencial de Colonias Homofermentativas y Heterofermentativas en la Bebida con almidón resistente de arroz. ....	76
Figura 23. Crecimiento Exponencial de Colonias Homofermentativas y Heterofermentativas en el Blanco. ....	77
Figura 24. Comportamiento del pH y Acidez - Bebida Madre. ....	78
Figura 25. Comportamiento del pH y Acidez – Blanco. ....	79
Figura 26. Comportamiento de los Grados Brix .....	79
Figura 27. Programa utilizado en el reómetro de pulso.... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 28. Configuración del reómetro de pulso.....	90
Figura 29. Potenciómetro utilizado medición de pH.....	90
Figura 30. Refractómetro utilizado medición de Brix .....	90
Figura 31. Medición de acidez titulable. ....	90
Figura 32. Almidón gelatinizado .....	90
Figura 33. Solución de NA(OH) 0,1 N.....	91
Figura 34. Bacterias acido lácticas Yomix 833 .....	91
Figura 35. Almidón de papa .....	91
Figura 36. Almidón de arroz .....	91

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	92
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas .....	93
Anexo 3. Hojas de captación utilizadas en la evaluación sensorial .....	95
Anexo 4. Ficha técnica Bacterias Acido Lácticas (Yomix 833).....	96
Anexo 5. Evidencias .....	98

## RESUMEN

La presente investigación desarrolla una bebida láctea prebiótica a base de almidones resistentes de papa (*Solanum tuberosum*) y arroz (*Oryza sativa*). El proyecto se dividió en dos fases principales: extracción de almidón mediante el método de vía húmeda y retrogradación para aumentar su funcionalidad, y la caracterización química y sensorial de la bebida final. Se evaluó el contenido de almidón resistente tipo III mediante ciclos de enfriamiento y calentamiento, obteniendo un mayor porcentaje en el almidón de arroz (0,34 %) en comparación con el almidón de papa (0,23 %). El análisis del efecto prebiótico se realizó sobre el tratamiento 1, que fue el más aceptado estadísticamente en la evaluación sensorial. Este tratamiento contenía 20 % de almidón resistente de arroz, 80 % de leche, 20 ml de pulpa de maracuyá y 10 g de azúcar. Se utilizaron bacterias ácido-lácticas (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) como indicadores prebióticos, observando un crecimiento constante hasta el sexto día. Los resultados destacaron que los almidones resistentes actúan como agentes gelificantes, mejorando la textura y viscosidad de la bebida, sin comprometer las características organolépticas como sabor, aroma y color. Estos hallazgos consolidan el potencial de los almidones resistentes para desarrollar alimentos funcionales, contribuyendo a la salud intestinal y la diversificación de productos saludables en la industria alimentaria.

**Palabras Claves:** almidón, almidón resistente, retrogradación, prebióticos, microbiota intestinal, propiedades organolépticas, viscosidad, bacterias ácido lácticas.

## ABSTRACT

The present research develops a prebiotic dairy beverage based on resistant starches from potato (*Solanum tuberosum*) and rice (*Oryza sativa*). The project was divided into two main phases: starch extraction using the wet method and retrogradation to increase its functionality, as well as the chemical and sensory characterization of the final beverage. The type III resistant starch content was evaluated through cooling and heating cycles, obtaining a higher percentage of rice starch (0.34%) compared to potato starch (0.23%). The prebiotic effect was analyzed in treatment 1, which was the most statistically accepted in the sensory evaluation. This treatment contained 20% resistant rice starch, 80% milk, 20 ml of passion fruit pulp, and 10 g of sugar. Lactic acid bacteria (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) were used as prebiotic indicators, observing constant growth until the sixth day. The results highlighted that resistant starches act as gelling agents, improving the texture and viscosity of the beverage without compromising organoleptic characteristics such as flavor, aroma, and color. These findings consolidate the potential of resistant starches for developing functional foods, contributing to intestinal health and the diversification of healthy products in the food industry.

**Keywords:** Starch, resistant starch, retrogradation, prebiotics, intestinal microbiota, organoleptic properties, viscosity, lactic acid bacteria.

## INTRODUCCIÓN

La investigación radica en demostrar que los almidones derivados de fuentes naturales como la papa y el arroz influyen de manera benéfica en el crecimiento del microbiota intestinal, para ello se emplearon bacterias ácido-lácticas como indicadores probióticos, una herramienta precisa que permite evaluar la naturaleza prebiótica. Este análisis cronológico revela una visión profunda de cómo la bebida láctea prebiótica interviene y modula la comunidad microbiana en el intestino, aportando valiosa información sobre sus efectos a lo largo del tiempo.

No menos crucial es el abordaje bibliográfico que corrobora científicamente que los almidones resistentes, en su estado natural, no comprometen las propiedades organolépticas de los productos alimenticios. Este punto es de suma importancia, ya que garantiza que, al incorporar almidones resistentes de papa y arroz en la formulación de la bebida, no solo se promueve la salud intestinal, sino que también se mantiene la calidad sensorial de la misma. Este equilibrio entre beneficios funcionales y aceptabilidad sensorial abre la puerta a innovaciones en la creación de productos alimenticios saludables y atractivos.

Un hallazgo significativo en este proyecto se centra en la función gelificante de los almidones resistentes, una propiedad que agrega una dimensión adicional a su utilidad en la formulación de alimentos. Este dato, respaldado por evidencia científica sólida, establece que la formulación de la bebida con mayor contenido de almidón resistente de papa se traduce en una mayor viscosidad, información valiosa para la optimización de la textura y consistencia de productos alimenticios líquidos.

## **I. EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Ecuador es conocido por su diversidad en la producción de alimentos, incluyendo los tubérculos. Estos, por su accesibilidad económica y riqueza nutricional, se han convertido en una opción alimentaria principal para los habitantes del país. A pesar de esto, aún no se ha explotado al máximo su potencial en la creación de nuevos alimentos (Loza, 2019).

Por otra parte, Ensanut (2018), en Ecuador se registra una pérdida anual de aproximadamente 46,000 toneladas de raíces y tubérculos, generando preocupación en el sector agroindustrial. Esta situación se atribuye a diversos factores como prácticas postcosechas inadecuadas, alto contenido de humedad, metabolismo activo y la falta de conocimiento por parte de los productores para diversificar productos. Estos desafíos han contribuido a subestimar el valor alimentario y nutricional de estos recursos.

La gestión de los residuos de papa generados por la población no ha sido eficiente por parte de las industrias, lo que resulta en desechos orgánicos y un aprovechamiento insuficiente de la biomasa. La cáscara y otros residuos que se consideran "sin valor" en la industria de la papa tienen un alto contenido de almidón que podría ser reutilizado para la elaboración de nuevos alimentos con valor agregado (Prada, 2018).

En Ecuador, la industria arrocera enfrenta un desafío significativo relacionado con la gestión de residuos, ya que se estima que se desperdician aproximadamente X toneladas de residuos de arroz al año, representando una pérdida tanto económica como ambiental. Estos residuos, que podrían ser utilizados para la producción de almidones resistentes con potenciales efectos prebióticos en la industria alimentaria, no están siendo aprovechados de manera eficiente. Esta falta de utilización de los

residuos de arroz como materia prima para la obtención de almidones prebióticos limita el desarrollo sostenible de la industria alimentaria en Ecuador, así como la capacidad de ofrecer productos innovadores y saludables a los consumidores.

Asimismo, la escasa demanda actual de bebidas funcionales en Ecuador se atribuye al hecho de que el 81,5 % de la población prefiere consumir refrescos y bebidas azucaradas, asociadas con el aumento de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo II, obesidad, entre otras afecciones. Esta preferencia por opciones menos saludables resalta la urgencia de impulsar la innovación en la producción de bebidas funcionales (Ensanut, 2018).

En la actualidad, las empresas de productos lácteos en Ecuador no se centran en la producción, venta y distribución de bebidas tradicionales ancestrales que puedan beneficiar directamente la salud de los consumidores (Carrera, 2014).

La demanda en aumento de productos no convencionales y la necesidad de preservar los alimentos a nivel global, exige que la agroindustria aplique técnicas de conservación mínimas para producir alimentos con un alto valor agregado y propiedades similares a los productos frescos, que requieran menos energía para su estabilización, almacenamiento y distribución (Torres, 2011).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El uso de almidones resistentes provenientes de la cáscara de papa y arroz genera algún valor agregado en la bebida láctea?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El almidón resistente obtenido de la papa es un excelente recurso para la creación de productos novedosos y de alta calidad. La extracción y caracterización del almidón de papa permite preservar estos tubérculos, minimizando las pérdidas postcosecha y los residuos, y aprovechando su potencial en la industria a diferentes escalas para satisfacer la demanda de materias primas. Esto también contribuye a mantener un stock y un sistema de comercialización estables, asegurando el suministro de estos cultivos a nivel nacional durante todo el año (Bravo, 2020).

El consumo de almidones resistentes derivados de tubérculos puede tener un efecto laxante en nuestro organismo, lo que puede incrementar la masa fecal debido al crecimiento bacteriano en nuestro intestino (Gómez, 2018).

En la papa, el almidón constituye la principal reserva de energía, representando aproximadamente del 15 % al 20 % de su peso, dependiendo de los cultivares y el estado de crecimiento de la planta, y tiene un alto contenido de fósforo 0.08 % en comparación con almidones de otras fuentes (Chavarria, 2020).

Investigaciones en seres humanos han indicado que el almidón resistente puede tener efectos positivos en la salud del microbioma, reducir la acumulación de grasa, mejorar la sensibilidad a la insulina, regular los niveles de glucosa y controlar el metabolismo lipídico. Estos beneficios se atribuyen a las propiedades del almidón resistente, como su contenido de fibra soluble, su capacidad para generar ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y formar soluciones viscosas en el intestino (Gómez, 2018).

La provincia de Carchi, situada en el norte de Ecuador, desempeña un papel significativo en la producción nacional de papa. Su contribución, que se estima en alrededor del 46% según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), destaca la importancia agrícola de la región. Carchi cuenta con condiciones climáticas y suelos propicios para el cultivo de papas, lo que ha consolidado su posición como una de las principales zonas productoras en el país. Este hecho no solo impacta la economía local, sino que también tiene implicaciones a nivel nacional, asegurando un suministro significativo de este importante cultivo alimenticio, logrando, en 2020, antes de la pandemia de COVID-19, una producción anual de 0,4 millones de toneladas que son utilizadas exclusivamente.

#### **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

##### 1.4.1. Objetivo General

- Evaluación de una bebida láctea prebiótica a base de almidones resistentes de papa (*Solanum tuberosum*) y arroz (*Oryza sativa*).

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las condiciones de extracción de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y arroz (*Oryza sativa*) vía húmeda.
- Determinar el efecto de los almidones resistentes de papa y arroz en la calidad físico, química y reológica de la bebida láctea.
- Determinar la calidad sensorial de la bebida láctea.

#### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo se extrae el almidón de la papa y arroz?
- ¿Cómo se obtiene el almidón resistente de la papa y arroz?
- ¿Qué efecto tiene el uso de almidones resistentes de papa y arroz en una bebida láctea?
- ¿El uso de almidones resistentes de papa y arroz genera algún valor agregado a la bebida?
- ¿Cómo se ven afectados los parámetros físicos, químicos y reológicos al añadir almidón resistente de papa y arroz?
- ¿Cuál es el efecto del uso de almidones resistentes en la calidad sensorial del producto final?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según (Villarreal et al., 2018) en el estudio "Características tecnológicas e intereses fisiológicos de almidón resistente", utilizó el proceso de Ciclos de enfriamiento/calentamiento para obtener Almidón Resistente (AR) tipo III, el producto final registró una humedad de 12.660 %, un valor que se encuentra dentro de los rangos permitidos, dado que una humedad excesiva puede provocar daños microbianos y deterioro en la calidad del polímero, el AR contenía 0.853 % de cenizas valor considerablemente más alto que los de referencia, este incremento en las cenizas se relaciona con un aumento en el contenido mineral del almidón de papa.

En otro estudio, (Villalobos & López, s. f.) en su trabajo "Extracción de almidón a partir de los desechos de papa del mercado de abastos", establece que para obtener el almidón resistente de la papa residual se utilizó el método de vía húmeda, que comprende lavado, corte, trituración, sedimentación, decantación, secado, pulverización, tamizado y almacenamiento, y finalmente se lleva a cabo la gelatinización del almidón natural. Se emplearon papas residuales compradas en un puesto del mercado de abastos de Quito, los resultados mostraron un contenido de humedad del 9,87 %, cenizas 0,636 %, valores más bajos en comparación al estudio previo debido al bajo contenido de almidón que se puede extraer de la cáscara de papa, la papa empleada para la extracción del almidón fue la papa pachanga adquirida en Distribuidora de Papas el Castillo.

(Martínez et al., 2017) los almidones obtenidos de arroz se gelatinizaron mediante una cocción a ebullición realizada a 91 °C, seguida de un proceso en autoclave a 121 °C. Los geles de almidón se almacenaron bajo ciclos de enfriamiento/calentamiento, lo que resultó en la formación de diferentes cantidades de almidón retrogradado.

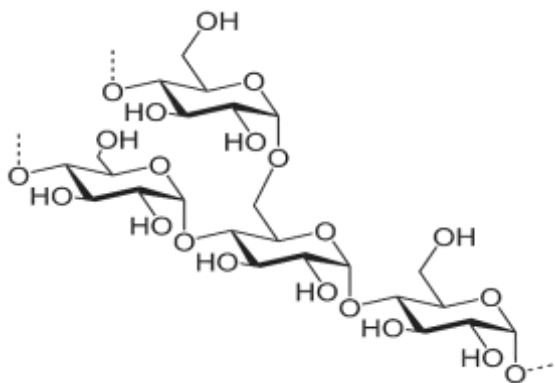
Cada ciclo comprendió un periodo de almacenamiento de 24 horas a 4 °C, seguido de otro de 24 horas a 37 °C. Durante tres ciclos de enfriamiento y calentamiento, se observó un incremento en el contenido de almidón resistente tipo III en las muestras de almidón. Después de tres ciclos, el contenido alcanzó su punto máximo, registrando un rango del 0,23% al 0,34%, en contraste con el de *S. tuberosum* que varió de 0,21% a 0,23%. Se anticipaba que el contenido proteico en el almidón resistente sería menor, ya que un alto nivel de proteínas puede modificar sus propiedades fisicoquímicas, afectando la viscosidad y proporcionando capacidad espumante. La presencia de proteínas en el almidón podría atribuirse a los diversos procesos de lavado durante la obtención, dado que el agua tiende a arrastrar las proteínas (Loor & Santacruz, 2013).

De acuerdo con (Zambrano, 2012) para prolongar la vida útil de las bebidas lácteas que contienen almidón, se sugiere la adición de conservantes, como los sorbatos y benzoatos, también se puede utilizar otro tipo de gelificante como: pectina o gelatina, que son los más comúnmente utilizados en productos lácteos, la viscosidad del producto puede ser adaptada a productos de características similares para la diversificación y aprovechamiento de la línea.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Almidón

El almidón destaca como el polisacárido más significativo en términos comerciales. Su presencia se remonta a la prehistoria, ya que constituía un elemento esencial en la alimentación humana (Dergal, 2018).



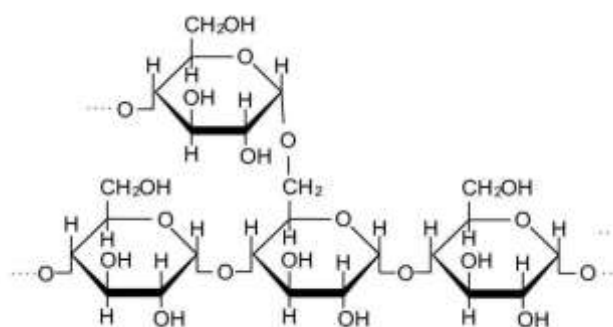
**Figura 1.** Estructura Química del almidón.  
**Fuente:** (Maya, 2017).

El almidón se presenta como un polvo de color blanco, con un contenido de humedad del 13 % y un pH habitualmente de 6. El almidón natural necesita calor para hidratarse. La cantidad de hidratación está influenciada por factores como el pH, la temperatura y la duración del proceso. Si se hidrata y se dispersa en agua caliente, se forma un compuesto de color claro con un sabor suave y al enfriarse forma un gel débil. Finalmente, si se calienta durante un tiempo prolongado y en condiciones ácidas, el almidón pierde sus habilidades espesantes (Solarte-Montúfar et al., 2019).

El almidón se encuentra en cereales y tubérculos, como la yuca, la papa y las semillas de algunos cereales. Debido a su alto contenido energético, es ideal en la dieta diaria de los seres humanos, especialmente en etapas de crecimiento, ya que este almidón, a diferencia de otros, tiene un conjunto de partículas o gránulos que son muy densos en agua fría (Martínez et al., 2017).

#### 2.2.1.1 Composición química del almidón.

Su composición química consta de amilosa y amilopectina, dos carbohidratos que proporcionan las propiedades funcionales al almidón. Estos compuestos se encuentran en diferentes proporciones dependiendo de la fuente del almidón y de otras variables. El almidón de yuca, comúnmente conocido como tapioca, se utiliza en la industria alimentaria como aglutinante de agua, gelificante, aglutinante, coadyuvante de emulsificantes, fuente de carbohidratos, espesante, agente texturizante, antiadherente en múltiples usos, embalajes de espuma, y al mismo tiempo es una alternativa biodegradable a los envases de poliestireno (Solarte-Montúfar et al., 2019).



**Figura 2.** Composición química de la Amilopectina.  
**Fuente:** Maya (2017).

La amilosa, un polisacárido en disposición lineal, exhibe una estructura en espiral y puede constar de entre 1000 y 10000 unidades de glucosa. Su formación implica una cadena lineal de 500-6000 residuos de D-glucosa conectados por enlaces glucosídicos, distribuidos en un número variable de cadenas que oscila entre 1 y 20. En contraste, la amilopectina presenta una estructura ramificada, semejante a un árbol con sus ramas, y está conformada por cadenas de residuos de D-glucosa unidos mediante enlaces glucosídicos. En productos como pan, pasta, postres y otros alimentos que incorporan harinas o almidones, el almidón desempeña un papel fundamental en propiedades como la absorción de agua, la viscosidad y el comportamiento reológico (León-Méndez et al., 2020).

**Tabla 1.** Composición química de algunos tubérculos que contienen almidón

Origen	Humedad	Lípidos	Proteínas	Fósforo	Cenizas
Maíz	13	0.6	0.35	0.015	0.1
Papa	19	0-0.5	6	0.1	0.4
Trigo	14	0.8	0.4	0.006	0.15
Yuca	13	0.1	0.1	0.01	0.2
Sorgo	13	0.7	0.3	0	0.08

**Fuente:** Tamayo, (2015).

Según (Molina Vazquez, 2019) se presenta la composición química proximal de algunos almidones de tubérculos y cereales, se muestra la comparación de humedad, lípidos, proteínas, fósforo y cenizas; la yuca, en comparación con otros cereales y tubérculos, es la que contiene menos humedad, un porcentaje bajo de lípidos, contenido de proteínas de 0,1, un contenido de fósforo de 0.01 y cenizas 0.2.

#### 2.2.1.2 Métodos de extracción de almidón.

##### 2.2.1.2.1 Método vía húmeda.

El método de extracción de almidón por vía húmeda se emplea ampliamente en la industria alimentaria debido a su eficacia para obtener altos rendimientos de almidón de diversas fuentes vegetales, como el maíz, la papa y el trigo. Consiste en triturar el material vegetal para liberar las células que contienen almidón, luego se agrega agua para formar una suspensión, y mediante procesos de lavado y filtración se separa el almidón del resto de los componentes de la planta. Este método se caracteriza por ser más eficiente y rentable que otros métodos de extracción, como la vía seca, ya que permite una mayor recuperación de almidón con una calidad adecuada para su uso en la industria alimentaria y otras aplicaciones. La extracción de almidón por vía húmeda ofrece ventajas significativas en términos de rendimiento

y calidad del producto final, lo que lo convierte en el método preferido en la mayoría de las plantas de procesamiento de alimentos (Cobana, 2007).

### **2.2.1.3 Propiedades funcionales del almidón**

#### 2.2.1.3.1 Gelatinización.

De acuerdo con la investigación de (Pineda-Gómez et al., 2010), los gránulos de almidón experimentan hidratación al suspenderse en agua fría; el calentamiento de la suspensión provoca un hinchamiento mayor, rompiendo el gránulo y liberando la amilosa y la amilopectina, generando una suspensión viscosa. La temperatura de gelatinización, donde el gránulo pierde su estructura ordenada, es característica para cada cereal y ocurre en un intervalo de aproximadamente 10 °C. La solución viscosa de almidón caliente, al enfriarse, forma un gel, pero con el tiempo puede experimentar realineamiento de las cadenas de amilosa y amilopectina, conocido como retro degradación.

El papel del almidón en la estructura del pan horneado implica gelatinización en el horno, ocurriendo a temperaturas entre 140 a 180°F (60 a 82°C), transformando la masa cruda en un producto "cocido". La gelatinización del almidón aumenta su capacidad de absorber agua, visible al cocinar arroz u avena. La temperatura de gelatinización en la cocción se ve influenciada por la cantidad de sal y azúcar en la formulación (O'Donnell, 2016).

Durante el calentamiento inicial, la presión entre los gránulos aumenta la viscosidad de la pasta, pero la ruptura de estos, facilitada por la agitación, resulta en una disminución de la viscosidad y pérdida total de birrefringencia. La posterior reordenación durante el enfriamiento, principalmente de las cadenas lineales de amilosa con cristalización y exclusión del agua, es conocida como retro degradación, responsable del endurecimiento del pan (Rodríguez y Magro, 2008).

#### 2.2.1.3.2 Aditivo.

Carola (2018) señala que un aditivo, ya sea natural o sintético, se añade intencionalmente al alimento durante la producción, envasado y conservación para obtener beneficios específicos. Los aditivos deben emplearse como ayuda en la fabricación, sin ocultar materias primas de baja calidad, destacando la importancia del profesionalismo del técnico para evitar engañar al consumidor mediante el uso

indiscriminado de estas sustancias, la aceptación de los productos alimenticios depende de múltiples factores como su aroma, sabor, color, textura y costo.

#### 2.2.1.4 Uso de almidón en la industria alimentaria.

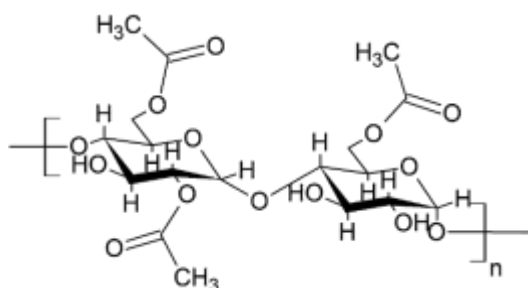
El uso de almidón en la industria alimentaria es ampliamente reconocido por sus múltiples aplicaciones y beneficios. Como se destaca en el trabajo de Hoover, Ratnayake y Warkentin (2010), el almidón se utiliza como ingrediente clave en una variedad de productos alimenticios debido a sus propiedades funcionales, que incluyen la capacidad de formar geles, espesar, estabilizar y mejorar la textura. En la panificación, el almidón contribuye a la estructura y la miga del pan, mientras que en productos lácteos como yogures y helados actúa como estabilizante para evitar la separación de fases. Además, en productos cárnicos y alimentos procesados, el almidón se utiliza para mejorar la retención de agua, la textura y la palatabilidad. La disponibilidad de diferentes tipos de almidón, derivados de fuentes como maíz, trigo, papa y arroz, permite a los fabricantes seleccionar el tipo más adecuado según las necesidades específicas de cada producto.

### **2.2.2 Almidón resistente (AR)**

EL almidón resistente no es digerible, pues mantiene intacto nuestro sistema digestivo, es un ingrediente muy utilizado en el procesamiento de alimentos para mejorar las características y aportar beneficios sobre la salud. Se puede encontrar en cereales, semillas, legumbres y tubérculos. En la producción de alimentos, se añade a una variedad de productos como panes, pasteles, galletas y cereales extruidos. Además de mejorar el sabor y la textura de los alimentos, el almidón resistente también tiene efectos saludables (Vera, 2018).

#### 2.2.2.1 Composición química del almidón resistente (AR)

El almidón resistente, como se explica en el trabajo de Birt *et al.* (2013), es una forma especial de almidón que no se digiere completamente en el tracto gastrointestinal humano, lo que le confiere propiedades únicas y beneficios para la salud. Su estructura química difiere de otras formas de almidón debido a su resistencia a la digestión enzimática, lo que se atribuye principalmente a su organización física en gránulos y a la presencia de enlaces glicosídicos  $\alpha$ -1,4 y  $\alpha$ -1,6 ramificados en su matriz polimérica.



**Figura 3.** Composición química de almidón modificado (resistente).

**Fuente:** Birt (2013).

Estos enlaces, junto con la formación de estructuras cristalinas en los gránulos de almidón, hacen que sea menos accesible a las enzimas digestivas y, por lo tanto, menos susceptible a la hidrólisis en el intestino delgado. En lugar de ser digerido y absorbido rápidamente, el almidón resistente llega al colon donde es fermentado por el microbiota intestinal, produciendo ácidos grasos de cadena corta y otros metabolitos beneficiosos para la salud. Esta estructura química única y su resistencia a la digestión son responsables de los efectos positivos del almidón resistente en la salud gastrointestinal, la regulación del azúcar en la sangre y la prevención de enfermedades crónicas como la obesidad y la diabetes tipo 2.

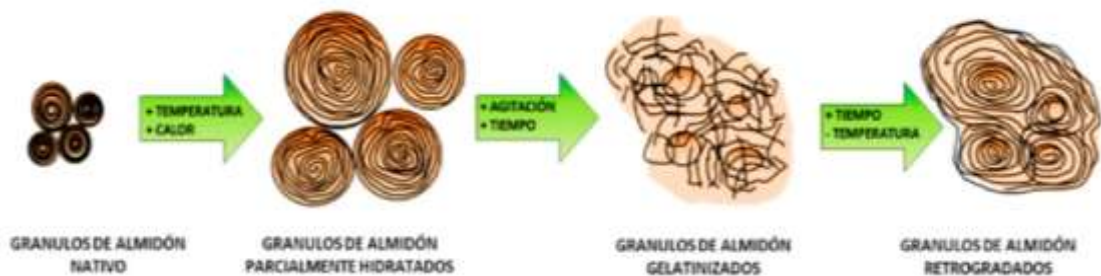
#### 2.2.2.2 Tipos de almidón resistente (AR)

Este se puede clasificar hasta en 5 grupos dependiendo de su presencia y naturaleza de los alimentos, el almidón resistente tipo 1, se puede encontrar en legumbres y granos enteros, está conformado por gránulos rodeados de una matriz indigerible, el almidón resistente tipo 2 se puede encontrar fácilmente en alimentos crudos por ejemplo las patatas, plátano verde etc. El almidón tipo 3 se produce al enfriar estos alimentos, debido a que las cadenas de amilosa se reorganicen provocando su gelatinización, este tipo se suele ser muy suado por su fácil accesibilidad y transformación. El almidón resistente tipo 4 tienen la peculiaridad de ser extraídos de forma natural pero transformados de forma química, es utilizado únicamente para mejorar la textura de productos alto índice de viscosidad. Por último, el almidón resistente tipo 5 es produce en una interacción de la amilosa y amilopectina junto con ácidos grasos y alcoholes, un estudio revela que es posible que este proceso ocurra en la elaboración de pan o productos horneados.

### 2.2.2.3 Métodos de obtención de almidón resistente

#### 2.2.2.3.1 Gelatinización del almidón resistente TIPO (III).

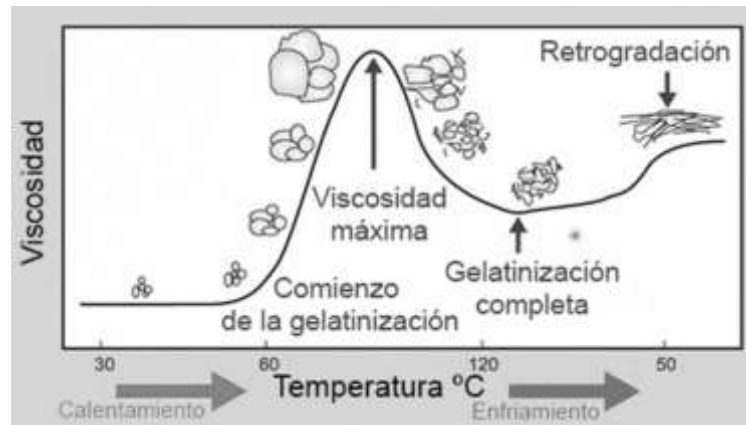
Siguiendo la metodología propuesta por Santacruz (2013), se prepararon mezclas de almidón utilizando 100 mL de agua por cada 25 g de almidón, las cuales fueron transferidas a vasos de precipitados de 500 mL. Estas mezclas gelificadas fueron sometidas a temperaturas de 60 °C (papa) y 70 °C (arroz) durante 3 y 5 minutos respectivamente, con agitación constante. Aquellas muestras que previamente se habían gelatinizado fueron tratadas en una autoclave a 30 °C durante 10 horas para favorecer una mayor solubilización del almidón.



**Figura 4.** Representación gráfica de los gránulos de almidón retrogradado.  
**Fuente:** Maya (2017).

#### 2.2.2.3.2 Ciclos de enfriamiento y calentamiento almidón resistente TIPO (III).

Posterior a la autoclave, las muestras fueron sometidas a ciclos de enfriamiento y calentamiento de acuerdo con el protocolo establecido por Silverio (2014). Luego de estos tratamientos térmicos, las muestras fueron liofilizadas para su posterior análisis. Cada ciclo de enfriamiento y calentamiento consistió en un periodo de almacenamiento a 3 °C durante 24 horas, seguido de 24 horas a 37 °C.



**Figura 5.** Retrogradación para obtención de RS.

**Fuente:** (Maya, 2017).

La muestra correspondiente al tiempo cero, después del proceso en la autoclave, fue congelada, mientras que las demás muestras fueron sometidas a uno, dos o tres ciclos sucesivos de enfriamiento y calentamiento.

#### 2.2.2.4 Cuantificación de almidón Resistente tipo (III)

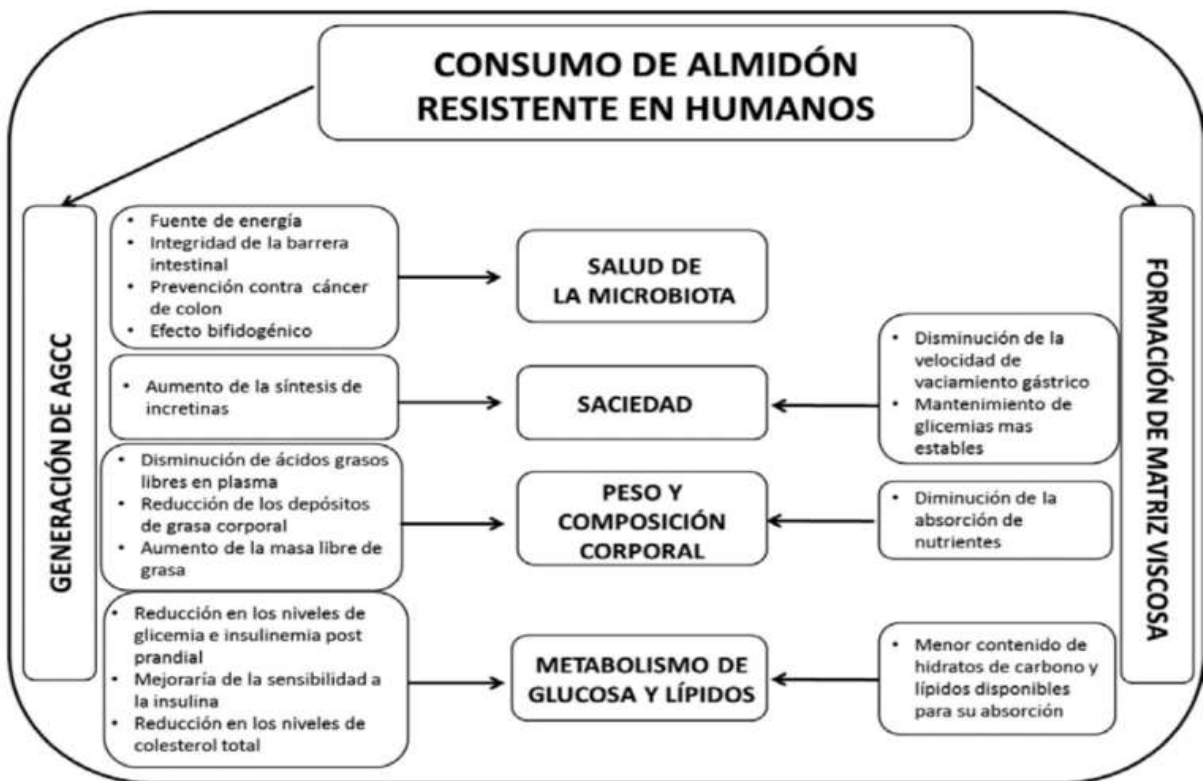
El análisis del contenido de almidón resistente tipo III (AR III) en las muestras de *C. edulis* y *S. tuberosum* después de los diferentes ciclos de enfriamiento y calentamiento reveló porcentajes de almidón resistente de 0,34 % y 0,23 % respectivamente. Estos valores son inferiores a los presentes en otros alimentos como el pan integral 1,5 % y los cereales para el desayuno 1,0 - 6,2 % Karla (2013).

A pesar de que las cantidades de proteína, lípidos y azúcares presentes en los almidones de *C. edulis* y *S. tuberosum* fueron relativamente bajas, la combinación de estos tres componentes podría haber contribuido a la disminución de la formación de almidón resistente. En particular, el contenido de ARIII en el almidón de *C. edulis* aumentó a lo largo de los diferentes ciclos, mientras que para el almidón de *S. tuberosum* se mantuvo aproximadamente constante a partir del primer ciclo (Hidalgo, 2015).

A nivel estadístico, no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de almidón resistente tipo III entre los ciclos, pero sí se identificaron diferencias entre los cultivos. El mayor contenido de almidón resistente tipo III en el almidón de *C. edulis* está directamente vinculado al mayor contenido de amilosa de este almidón (Calderón, 2021).

### 2.2.2.5 Beneficios fisiológicos asociados al almidón existente (AR)

Gómez (2018), señala que los almidones resistentes han demostrado tener beneficios en la salud, reduciendo la acumulación de grasa, regular los niveles de azúcar en la sangre, aumentar la sensibilidad a la insulina y mejorar la salud de microbioma. Estos beneficios son posibles gracias a la capacidad de actuar como una fibra soluble, produciendo ácidos grasos de cadena corta, gracias a este proceso puede generar soluciones viscosas dentro del lumen intestinal, estos mecanismos se detallan en la figura 6.



**Figura 6.** Beneficios fisiológicos asociados al consumo de AR en humanos.

**Fuente:** Gómez, (2018).

#### 2.2.2.5.1 Salud microbiota de los almidones resistentes (AR).

El almidón no es absorbido por nuestro intestino delgado incluso puede soportar los altos niveles de acidez estomacal sin perder su integridad y posterior ser fermentado por el microbiota. Este proceso genera gases como el hidrogeno, metano y dióxido de carbono por lo que en términos prácticos ha sido beneficioso, pues se ha investigado como el yogur fermenta en el colon de adolescentes Montero (2014).

Según Montero (2014), el butirato es el AGCC más importante para la salud, ya que proporciona energía a las células del colon, de esta forma actúa como un protector contra posibles daños del ADN. Los ácidos grasos que no se metabolizan se incorporan en la circulación, teniendo efectos sistémicos e incretinas.

#### 2.2.2.6 Ventajas del almidón resistente

El almidón resistente, gracias a su estructura microscópica única, permite la producción de alimentos con una textura superior sin alterar su sabor, aroma y color. En términos fisiológicos, este almidón puede ajustar la rapidez con la que se digieren los nutrientes, lo que facilita su uso en la elaboración de alimentos con un índice glucémico bajo y un contenido calórico reducido, también tiene un impacto significativo en la glucosa, lípidos y beneficios sobre el microbiota intestinal (Vera, 2018).

Según Quiroga (2008) los almidones resistentes potencian la estabilidad de los productos en los procesos de congelación/descongelación, por este motivo suele ser muy utilizado en la industria de carnes curadas. Además, sirve como agente moldeador debido a su habilidad para formar películas duras y suaves, utilizándose para acabados de superficies en varias industrias. Conserva la estabilidad a cambios de pH bajos o meros a 4,5, de esta forma puede ser utilizado en la elaboración de aderezos, yogur, salsas, embutidos entre muchos otros.

**Tabla 2.** Contenido de almidón (AR) en algunos productos vegetales.

Producto	Contenido de AR	Referencia
Plátano verde	8,5 %	18
Poroto Blanco	6,6-9,0%	19,20
Camote	4,0 – 4,4%	21
Papa	1,3% (20%)	22,23
Arroz integral	1,7% (1,9%)	18,22
Plátano maduro	1,2%	18
Maíz Crudo	0,1% (0,4%)	21

**Fuente:** Gómez (2018).

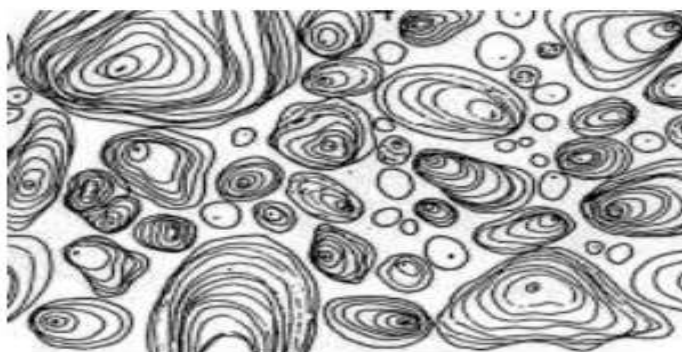
Una propiedad distintiva del almidón resistente es su capacidad gelificante, diseñada para mejorar y preservar las características deseadas de textura, consistencia y apariencia del producto final. Se ha comprobado que el almidón resistente exhibe una notable estabilidad a temperaturas elevadas, superiores a los 90 °C, por lo tanto, se concluye que sus atributos no cambiaron aun cuando se alcanzó la curva de viscosidad máxima (Castillo, 2023).

### 2.2.3 Almidón de papa

La papa, científicamente conocida como *Solanum tuberosum*, es el tercer cultivo alimentario más significativo a nivel mundial en términos de consumo humano, después del arroz y el trigo. Más de 1.4 mil millones de personas la consumen regularmente, con una producción global que supera los 300 millones de toneladas métricas (Monreal, 2018).

Esta planta contiene dos aminoácidos esenciales para la dieta humana: la lisina y el triptófano. Además, sus proteínas son simples y fácilmente asimilables por el cuerpo humano. Desde una perspectiva bromatológica, puede clasificarse tanto en el grupo de hortalizas y verduras como en el grupo de alimentos feculentos o amiláceos. Además, generalmente tiene un ciclo vegetativo más corto en comparación con cereales como el trigo, maíz y arroz (Hoover, 2010).

El almidón representa entre el 66% y 80% de su peso en seco, esto también puede tener una variabilidad en el tubérculo o planta que se obtenga, es muy utilizado en la producción de alimentos procesados o enlatados debido a su gelatinización a bajas temperaturas y cortos periodos de tiempo. Las características de los geles de almidón pueden variar en función de varios factores, como el tamaño del grano de almidón, el contenido de fósforo y amilosa, el complejo amilosa-lípido y la estructura de la amilopectina (Hoover, 2010).



**Figura 7.** Morfología de los granos de almidón de papa.  
**Fuente:** (ANMAT-MED-FPA 014-00, 2021).

### 2.2.4 Almidón de arroz

El arroz, considerado un cereal básico en diversas culturas culinarias, es el segundo cereal más producido a nivel mundial después del maíz. Su producción tiene varios

propósitos, ya que el arroz desempeña un papel crucial en la dieta humana, influyendo directamente en la salud de sus consumidores (Sánchez, 2010).

#### 2.2.4.1 Información nutricional del arroz

Conforme a la investigación de Geles (2019), el valor nutricional de las proteínas presentes en el arroz 60 % es relativamente elevado, atribuible principalmente a la abundancia de glutelinas 80 % y a la escasa presencia de prolaminas. Las prolaminas, siendo deficientes en lisina, son minoritarias en el arroz, lo que reduce la carencia de lisina, un aminoácido limitante en cereales en comparación con otros granos. En el arroz, la lisina se posiciona como el primer aminoácido limitante, seguido por la treonina. Además, el arroz presenta carencias en vitamina B.

**Tabla 3.** Composición nutricional del arroz en 100 g.

Producto	Proteína	Lípidos	Metab*	Fibra	Ceniza	P	Ca	Mg	Tiamina	Riboflavina	Niacina
<b>Arroz Entero</b>	10	2	82	2	2	0.23	0.01	0.08	3	0.6	55
<b>Arroz Blanco</b>	8	0.5	90	0.4	0.5	0.2	-	0.05	0.15	0.015	-
<b>Salvado</b>	13-17	16	50	10	9	2	0.02	0.7	-	3000	-

\*Metabolizable

**Fuente:** Sánchez (2010).

#### 2.2.4.2 Beneficios nutricionales del arroz

Libardo (1995) enfatiza las características nutricionales del arroz, subrayando su versatilidad como alimento que se puede preparar de diversas maneras, ya sea en platos salados o dulces. Se reconocen más de 2000 variedades de arroz, cada una con distintas formas, colores y niveles de almidón. El arroz es reconocido por ser una fuente importante de proteínas y vitaminas del grupo B, incluyendo niacina, riboflavina, ácido fólico y tiamina. También proporciona vitamina D y ácidos grasos omega-3. Además, el arroz es una fuente esencial de carbohidratos, que son necesarios para la energía diaria. También contiene minerales como hierro y zinc. Aunque el arroz blanco es el más comúnmente consumido, el arroz integral retiene más de su valor nutricional ya que el salvado y el germen no se eliminan durante el procesamiento. Por lo tanto, el arroz integral tiene más fibra y es más beneficioso para

la salud digestiva. Sin embargo, independientemente del tipo, el arroz es un alimento básico que sustenta a gran parte de la población mundial.

#### 2.2.4.3 Composición química del arroz

Este cereal es rico en almidón, compuesto por amilopectina y amilosa, cuyas proporciones determinan las características culinarias del producto. Un mayor contenido de amilopectina hace que los granos de arroz sean más viscosos y pegajosos. Contiene proteínas 7 %, niacina, vitamina B6 y vitamina B3. No obstante, cuando el arroz se refina o pule, pierde hasta un 50 % de minerales y un 85 % de vitaminas, según la investigación de (Villa, 2019).

**Tabla 4.** Contenido de Vitaminas y minerales del arroz

Fraciones	Tiamina (vit. B1) (mg)	Riboflavina (vit. B2) (mg)	Niacina (mg)	Tocoferol (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Fósforo (g)
Arroz con cáscara	0,26 - 0,33	0,06 - 0,11	2,9 - 2,00	0,90 - 2,00	10,0 - 80,0	1,4 - 6,0	1,7 - 3,1	0,17 - 0,39
Arroz integral	0,29 - 0,61	0,04 - 0,14	3,5 - 5,3	0,90 - 2,50	10,0 - 50,0	0,2 - 5,2	0,6 - 2,8	0,17 - 0,43
Arroz elaborado	0,02 - 0,11	0,02 - 0,06	1,3 - 2,4	0,0 - 0,3	10,0 - 3,0	0,2 - 5,8	0,6 - 2,3	0,08 - 0,15
Salvado de arroz	1,20 - 2,40	0,18 - 0,43	26,7 - 49,9	2,60 - 13,3	30,0 - 120,0	8,6 - 43,0	4,3 - 25,8	1,1 - 2,5
Cáscara de arroz	0,09 - 0,21	0,05 - 0,07	1,6 - 4,2	0	60,0 - 130,0	3,9 - 9,5	0,9 - 4,0	0,03 - 0,07

**Fuente:** (Juliano, 1994).

El componente principal de este cereal es el almidón, proporcionando un significativo aporte de energía. Se clasifica como un carbohidrato complejo, exento de grasa y

sodio, y con un contenido proteico superior a otros cereales. Al combinarlo con leguminosas, puede resultar en una proteína de alta calidad.

Considerado uno de los alimentos más ricos en vitaminas del complejo B, como tiamina, ácido fólico, riboflavina, niacina, vitamina E, selenio y zinc, el contenido vitamínico puede variar según el tipo de arroz.

#### 2.2.4.4 Beneficios nutricionales del arroz

El arroz blanco o integral se destaca como una fuente nutricional única, con elevados niveles de minerales como calcio y hierro, y enriquecido con vitaminas D, niacina, tiamina y riboflavina. Además, posee bajas cantidades de grasas saturadas y colesterol (Libardo, 1995).

### 2.2.5 Leche

Según la normativa INEN NTE 09 (2012), la leche se considera un líquido secretado por las glándulas de los animales bovinos lecheros en estado sano, obtenido mediante ordeños diarios, que deben ser higiénicos, interrumpidos y completos, destinado a tratamiento previo al consumo.

Lasso y Jiménez (2015) indican que la leche contiene nutrientes como vitaminas, minerales, proteínas de alto valor biológico e indispensables para la nutrición humana, siendo una excelente fuente de calcio, lo que la convierte en un alimento esencial en la dieta de las personas.

#### 2.2.5.1 Información nutricional de la leche

Según los hallazgos de Martínez (2015), se constata que la leche de vaca exhibe una riqueza en proteínas de fácil digestión y alto valor biológico, ofreciendo aminoácidos esenciales que satisfacen las necesidades nutricionales humanas.

**Tabla 5.** Información nutricional de la leche con límites de variación en porcentaje.

Constituyente principal	Límites de variación (%)	Valor medio (%)
Agua	85,5 - 89,5	87,5
Sólidos totales	10,5 - 14,5	13
Grasa	2,5 - 6	3,9
Proteínas	2,9 - 5	3,4
Lactosa	3,6 - 5,5	4,8
Minerales	0,6 - 0,9	0,8

**Fuente:** (Sánchez, 2010).

### 2.2.5.2 Composición química de la leche

En la leche sin modificaciones, aproximadamente el 65 % del calcio, el 60 % del magnesio y el 50 % del fósforo se encuentran asociados a las caseínas de manera coloidal, mientras que el sodio, el potasio y el cloruro están completamente disueltos. Además, la leche contiene oligoelementos como zinc, silicio, aluminio y hierro.

**Tabla 6.** Composición química de la leche

Componentes	Promedios Generales (g/kg)			
	Jerrige, 1980	Alais, 1985	Taverna, 2000	Taverna, 2001
<b>Agua</b>	871	872	880,5	881,5
<b>Materia seca</b>	129	127,3	118,5	119,5
<b>Lactosa</b>	48	47,5	45,7	46,1
<b>Grasa</b>	40	38,1	34,8	35,1
<b>Proteína total</b>	33,5	33	31,7	31,7
<b>Cenizas</b>	7,5	8,7	6,3	6,6
<b>Calcio</b>	1,25	0,87 - 1,26	1,17	1,24
<b>Fósforo</b>	0,95	0,72 - 1,65	0,86	0,94
<b>Magnesio</b>	0,12	0,10 - 0,13	0,12	0,12
<b>Potasio</b>	1,5	1,16 - 1,45	1,4	1,5
<b>Sodio</b>	0,5	0,34 - 0,45	0,58	0,6
<b>Cloro</b>	1,1	0,67 - 1,06	1,37	1,44

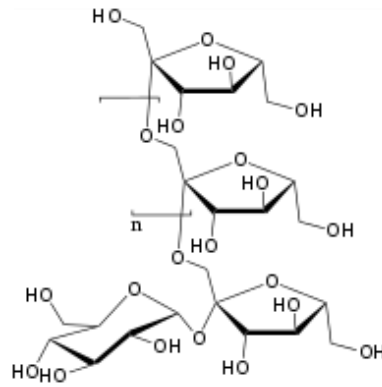
**Fuente:** (Sánchez, 2010).

### 2.2.5.3 Composición vitamínica de la leche

Según Sánchez (2010) destaca que la composición química bruta de la leche de vaca varía según la raza, con un contenido de grasas del 3 al 4 por ciento, proteínas aproximadamente del 3,5 por ciento, y lactosa constituyendo el 5 por ciento. La leche también contiene proteínas de alto valor biológico, hidratos de carbono (lactosa), lípidos, yodo, calcio, fósforo, y vitaminas A, B12 y riboflavina.

## 2.2.6 Prebióticos

Los prebióticos son compuestos que no pueden ser digeridos, pero al llegar al colon, promueven el crecimiento y la actividad de ciertas bacterias que son beneficiosas para la salud, como las bifidobacterias y los lactobacilos. Estos compuestos, generalmente carbohidratos no absorbibles, sirven como sustrato para las bacterias intestinales beneficiosas, promoviendo así su proliferación y actividad metabólica. Los prebióticos son esenciales para mantener un equilibrio saludable del microbiota intestinal y pueden tener efectos positivos en la salud digestiva y el sistema inmunológico (Gibson, 1995).



**Figura 8.** Estructura química alimento prebiótico.

**Fuente:** (Renjifo, 2022).

Roberfroid (1995) en la industria alimenticia, se incorporan prebióticos en productos para promover la salud intestinal y mejorar la calidad nutricional de los alimentos. Estos ingredientes pueden encontrarse en una variedad de productos, como yogures, cereales, panes y productos lácteos. La inclusión de prebióticos en la formulación de alimentos busca no solo mejorar las propiedades organolépticas, sino también brindar beneficios para la salud intestinal de los consumidores.

#### 2.2.6.1 Diferencias entre prebiótico y probiótico

Los probióticos son organismos vivos, usualmente bacterias positivas como los lactobacilos y las bifidobacterias, que cuando se ingieren en proporciones adecuadas, otorgan beneficios de salud al anfitrión. Estos microorganismos colonizan el tracto gastrointestinal, ayudando a mantener el equilibrio del microbiota intestinal y mejorando la salud digestiva y el sistema inmunitario (Roberfroid, 1995).

Son también conocidas como sustancias no digeribles que pueden llegar hasta el colon sin perder su estructura y servir como sustrato para la actividad y crecimiento de bacterias beneficiosas, como las bifidobacterias y los lactobacilos. Estos compuestos, generalmente carbohidratos no absorbibles, fomentan la proliferación de las bacterias intestinales beneficiosas, promoviendo así un entorno intestinal saludable (Gibson, 1995).

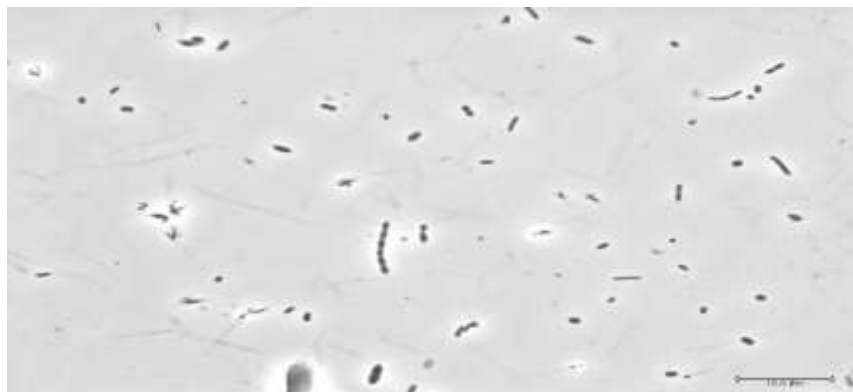
#### 2.2.6.2 Fuentes de prebióticos

Roberfroid (2007) indica que las fuentes de prebióticos son ingredientes alimenticios ricos en carbohidratos indigeribles que estimulan el crecimiento de bacterias positivas en el intestino. Entre estas fuentes, se resaltan los tubérculos, que contienen

prebióticos como la inulina y los fructooligosacáridos (FOS). Estos carbohidratos no absorbibles actúan como sustrato para las bacterias beneficiosas en el colon, promoviendo así un ambiente intestinal saludable. La inulina y los FOS se encuentran de manera natural en tubérculos como la achicoria, la alcachofa de Jerusalén, y en menor medida, en tubérculos como la patata. Estos compuestos no solo contribuyen a la salud intestinal, sino que también pueden tener beneficios para el metabolismo y la salud general.

#### 2.2.6.3 Efectos sobre el metabolismo

Delzenne (2011) las fuentes de prebióticos juegan un papel significativo en la modulación del metabolismo, influyendo en varios aspectos relacionados con la salud metabólica. Entre estos prebióticos se encuentran la inulina y los fructooligosacáridos (FOS), presentes en alimentos como la achicoria y la alcachofa de Jerusalén. Estos carbohidratos no digeribles actúan como sustratos para las bacterias beneficiosas en el intestino, promoviendo un equilibrio saludable del microbiota intestinal.



**Figura 9.** Imagen de prebióticos vistos en microscopio digital.  
**Fuente:** López (2012).

La investigación ha sugerido que los prebióticos pueden tener efectos beneficiosos en el metabolismo, incluyendo la regulación de la glucosa en sangre y la mejora de la resistencia a la insulina. Además, se ha observado que estos compuestos pueden influir en la absorción de nutrientes y en la producción de metabolitos que afectan positivamente la salud metabólica.

#### 2.2.6.4 Aplicaciones en la industria alimentaria

Las fuentes de prebióticos desempeñan un papel crucial en las aplicaciones de la industria alimenticia, ya que se utilizan estratégicamente para mejorar la calidad nutricional y promover la salud intestinal en diversos productos. Carbohidratos no digeribles como la inulina y los fructooligosacáridos (FOS), presentes en fuentes como la achicoria y la alcachofa de Jerusalén, son incorporados en alimentos procesados.

En la industria alimenticia, los prebióticos se utilizan en una variedad de productos, como yogures, cereales, panes, barras energéticas y productos lácteos. Estos ingredientes no solo actúan como agentes prebióticos que estimulan el crecimiento de bacterias beneficiosas en el colon, sino que también pueden mejorar la textura, el sabor y la palatabilidad de los productos finales (Gibson, 1999).

La incorporación estratégica de prebióticos en alimentos procesados refleja el creciente interés en la promoción de la salud intestinal y destaca cómo la industria alimenticia busca desarrollar productos que no solo sean sabrosos sino también beneficiosos para la salud.

#### **2.2.7 Bacterias ácido-lácticas**

Corsetti (2007) En la industria alimenticia, las bacterias ácido-lácticas son ampliamente utilizadas en la fermentación de alimentos, como yogures, quesos y productos de panificación. La presencia de prebióticos en estos productos puede favorecer el crecimiento y la actividad de las bacterias ácido-lácticas, mejorando así la calidad sensorial y promoviendo beneficios para la salud intestinal.

La sinergia entre prebióticos y bacterias ácido-lácticas no solo contribuye a la textura y sabor de los productos alimenticios finales, sino que también amplía las opciones para la creación de alimentos funcionales que respaldan la salud digestiva y general.

##### 2.2.7.1 Medición del nivel prebiótico

El uso de bacterias ácido-lácticas como medidores de efecto prebiótico en bebidas es un área de investigación intrigante en la cual se evalúa cómo estos microorganismos responden a la presencia de prebióticos en diferentes bebidas. Estudios han demostrado que ciertas cepas de bacterias ácido-lácticas pueden

beneficiarse de la presencia de prebióticos, como los fructooligosacáridos (FOS) y la inulina, para su crecimiento y actividad metabólica (Villoslada, 2007).

La capacidad de estas bacterias para fermentar prebióticos y producir ácidos lácticos puede ser utilizada como un indicador del potencial prebiótico de una bebida. La fermentación de prebióticos por bacterias ácido-lácticas no solo podría mejorar la calidad y características organolépticas de la bebida, sino que también podría indicar que la bebida favorece el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino (Boza, 2007).

Es importante destacar que esta área de investigación está en evolución, y los resultados específicos pueden variar según las cepas de bacterias ácido-lácticas y los tipos de prebióticos presentes en las bebidas.

### **2.2.8 *Streptococcus thermophilus***

*Streptococcus thermophilus* es una bacteria ácido-láctica que ha sido ampliamente utilizada en la industria alimentaria, especialmente en la producción de productos lácteos fermentados como yogures y quesos. Sin embargo, es importante señalar que *S. thermophilus* no es típicamente considerada una bacteria probiótica debido a su capacidad limitada para sobrevivir y colonizar el tracto gastrointestinal. En relación con su papel en la medición del nivel prebiótico en bebidas, las investigaciones específicas sobre la interacción de *Streptococcus thermophilus* con prebióticos pueden ser limitadas en comparación con otras bacterias ácido-lácticas. La mayoría de los estudios tienden a centrarse en cepas de bacterias más probióticas, como lactobacilos y bifidobacterias (Valero, 2021).

### **2.2.9 *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus***

*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* es una bacteria ácido-láctica que se utiliza comúnmente en la fermentación de productos lácteos, especialmente en la producción de yogur. Al igual que *Streptococcus thermophilus*, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* es conocida por su capacidad para fermentar la lactosa y producir ácido láctico, contribuyendo a las características organolépticas únicas y beneficios para la salud de los productos lácteos fermentados. Sin embargo, al igual que con *Streptococcus thermophilus*, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* no se clasifica típicamente como una bacteria probiótica debido a su limitada capacidad para

sobrevivir en el tracto gastrointestinal. Su principal función en la fermentación de productos lácteos es mejorar la textura y sabor, así como contribuir a la digestión de la lactosa (Valero, 2021).

En cuanto a la interacción de *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* con prebióticos específicos, la literatura científica puede ser más limitada en comparación con otras bacterias probióticas.

### **2.2.10 Bacterias Homofermentativas y Heterofermentativas**

Las bacterias homofermentativas son un tipo de bacterias ácido-lácticas que fermentan los azúcares a través de la ruta Embden-Meyerhoff-Parnas, produciendo exclusivamente ácido láctico como producto principal, además de obtener energía en forma de ATP. Estas bacterias convierten una molécula de glucosa en dos moléculas de ácido láctico, lo que les otorga una alta eficiencia energética y capacidad acidificante rápida. Dentro de este grupo se encuentran especies como *Lactobacillus delbrueckii*, *Streptococcus thermophilus* y *Lactococcus lactis*, que son ampliamente utilizadas en la industria alimentaria para la fermentación de productos lácteos como el yogur y el queso (Almanza y Barrera, 1991; Bertrand et al., 2003).

Por otro lado, las bacterias heterofermentativas utilizan vías metabólicas menos eficientes, como la ruta de las pentosas fosfato o la ruta de la hexosa monofosfato, donde una molécula de glucosa es fermentada para producir ácido láctico, etanol o ácido acético y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este proceso genera solo la mitad de la energía en comparación con las homofermentativas. Ejemplos de bacterias heterofermentativas incluyen *Leuconostoc*, *Lactobacillus fermentum* y *Lactobacillus brevis*. Aunque estas bacterias desempeñan un papel en la fermentación de ciertos productos, su menor eficiencia en la producción de ácido láctico limita su capacidad para acidificar rápidamente el medio, lo cual puede generar un ambiente menos favorable para el control de microorganismos patógenos.

Desde el punto de vista del microbiota intestinal, las bacterias homofermentativas son más beneficiosas porque generan ácido láctico como principal metabolito, lo que ayuda a reducir el pH intestinal y favorece el crecimiento de microorganismos beneficiosos mientras inhibe el desarrollo de bacterias patógenas. En contraste, las bacterias heterofermentativas producen subproductos adicionales, como etanol o

ácido acético, que pueden generar un desequilibrio metabólico si están presentes en exceso en el intestino, disminuyendo así su impacto positivo en la microbiota.

### **2.2.11 Conservantes y aditivos**

Dziezak (1991) señala que los aditivos en los alimentos han estado presentes desde hace mucho tiempo, citando ejemplos como la sal de mesa y el azúcar común. En la actualidad, existen miles de aditivos con diversas funciones, desde conservar y dar color hasta fortificar y agregar valor nutritivo a los productos.

#### 2.2.11.1 Benzoatos

Según Dziezak (1991), el Benzoato de Sodio es un aditivo conocido en la industria alimenticia por su función conservante al inhibir o retardar la actividad microbiológica de levaduras, bacterias y mohos. Se obtiene al combinar ácido benzoico con hidróxido de sodio, y la dosis máxima permitida por la FDA en alimentos es del 0.1 %, siendo efectivo a un pH ácido  $\leq 3.5$ . Se recomienda una homogenización adecuada en los primeros pasos de la elaboración para garantizar su distribución en el producto.

#### 2.2.11.2 Sorbatos

Arloff (2008) menciona que los sorbatos, presentes como sorbato de potasio, sorbato de sodio y sorbato de calcio, exhiben amplia actividad antimicrobiana. El sorbato de potasio, un conservante suave, actúa principalmente contra hongos y levaduras, siendo utilizado en diversos productos, incluyendo alimentos y productos lácteos. El sorbato de sodio, obtenido químicamente o de forma natural, se utiliza para la conservación de alimentos, como leche fermentada y yogurt. El sorbato de calcio, producido químicamente, cumple funciones similares al ácido sórbico, especialmente en productos lácteos.

#### 2.2.11.3 Gelificantes

Aunque su aplicación abarca sopas, conservas y coberturas de preparados cárnicos, es en la confección de postres lácteos y helados donde se encuentra preeminentemente, ya que interactúa de manera óptima con estas sustancias. También se emplea en pastelería, productos cárnicos, salsas y bebidas, y se utiliza en la técnica de esferificación.

#### 2.2.11.4 Pectina

Según la investigación de Arloft (2008), la pectina, un polisacárido aniónico, es ampliamente utilizado como agente gelificante y estabilizante en productos lácteos. Funciona como agente gelificante y espesante en una variedad de productos, y la elección de una pectina específica depende de los requisitos de una aplicación particular. Las composiciones y propiedades de las pectinas muestran variaciones dependiendo de la materia prima utilizada, los métodos de extracción aplicados y los tratamientos subsiguientes.

Bebidas como el yogur, leche de soya, lactosuero, kéfir y otras pueden describirse como sistemas líquidos proteicos acidificados con una estabilidad y viscosidad similar a la leche natural; estas bebidas generalmente consisten en una fase láctea ácida, que puede tener sabores añadidos (Arloft, 2008).

#### 2.2.11.5 Gelatina

Reconocida por su habilidad como agente gelificante, la gelatina se produce mediante el tratamiento ácido, alcalino o enzimático del colágeno, el componente principal de las pieles, huesos y tejidos conectivos de animales, incluyendo peces y aves. Es esencial señalar que estos animales no deben haber estado expuestos a pentaclorofenol (GMIA, 2019).

### **2.2.12 Análisis Sensorial**

Según Liria (2007), el examen sensorial se considera una disciplina científica que se utiliza para evaluar, analizar, evocar e interpretar las respuestas a los alimentos y materias. Cuando se consume un alimento, se generan estímulos relacionados con la forma, el color y el brillo del alimento.

Los estímulos táctiles son percibidos mediante la superficie de los dedos y el epitelio bucal, incluyendo características como rugoso, suave, áspero, líquido, gelatinoso, jugoso, fibroso, grumoso, harinoso, grasoso, entre otros.

- Estímulos olfativos son percibidos por el epitelio olfativo, incluyendo aromático, fetídico, ácido. Estímulos auditivos: crujientes, burbujeantes.
- Estímulos gustativos son percibidos por las papilas gustativas, incluyendo dulce, salado, agrio, ácido.

La evaluación sensorial también proporciona información sobre la calidad de los alimentos evaluados y las expectativas de aceptabilidad por parte del consumidor.

### **2.2.13 Análisis fisicoquímico**

Según Porras (2018), el análisis de las propiedades fisicoquímicas de los alimentos representa un aspecto crucial en la garantía de su calidad. Este tipo de análisis implica la caracterización de los alimentos desde perspectivas físicas y químicas, centrándose en las sustancias presentes y sus cantidades. Juega un papel fundamental en la determinación del valor nutricional de los alimentos, en el control del cumplimiento de los parámetros establecidos por las autoridades sanitarias y también en la detección de posibles irregularidades, como adulteraciones y falsificaciones, tanto en los productos alimenticios finales como en sus materias primas. Es esencial llevar a cabo análisis de alimentos para asegurar que sean seguros para el consumo humano y que cumplan con las características y composición previstas.

### **2.2.14 Análisis Reológico**

La reología, una disciplina de la física, se dedica al estudio de la deformación y fluidez de los materiales, así como al análisis del comportamiento de ciertos fluidos sometidos a tensión mecánica. Además, destaca que el análisis reológico de fluidos tiene una gran importancia en la industria, ya que las propiedades reológicas de los fluidos impactan en su manipulación, tratamiento y aplicación. Entre los fluidos más examinados y empleados se encuentran los polímeros y biopolímeros, como es el caso de los almidones (Liria, 2017).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque.

En este estudio se utilizó un enfoque cuantitativo (Sampieri *et al*, 2013) ya que se recolectaron y analizaron datos para responder a las preguntas de investigación y probar las hipótesis planteadas, se realizaron mediciones numéricas y se utilizó la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento.

Para realizar las mediciones numéricas se emplearon técnicas en para la determinación de almidón natural de papa y arroz como Hidrolisis HCL, en la bebida prebiótica se realizaron análisis de pH, acidez, sólidos solubles, viscosidad y perfil de textura.

También se realizó la evaluación sensorial, mediante una prueba con escala hedónica de 7 puntos y un panel de 60 jueces no entrenados, y obtener resultados con respecto a los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia en general.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación.

La investigación experimental se define como aquella en la cual se manipulan de manera intencional una o más variables (causas), para analizar las consecuencias sobre las variables dependientes (efectos) (Calzadilla y Díaz, 2016).

En la presente investigación se manipularon intencionalmente las variables correspondientes al contenido de almidón resistente de papa y arroz en la formulación de la bebida prebiótica, y se determinó como estos factores influyeron en las características fisicoquímicas como Acidez, pH y sólidos solubles, y en las características reológicas como la viscosidad.

Es importante mencionar que estos análisis se desarrollaron en los respectivos laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

### **3.2. IDEA A DEFENDER**

**Ho:** El porcentaje de almidón resistente (AR) no influye en las características sensoriales, fisicoquímicas y reológicas de la bebida.

**Ha:** El porcentaje de almidón resistente (AR) influye en las características sensoriales, fisicoquímicas y reológicas de la bebida.

### **3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

#### **Variables Independientes:**

##### **Porcentaje de almidón resistente**

Almidón resistente de arroz (Tipo III): 20 %, 15 %, 10 %, 5 %, 0 %

Almidón resistente de papa (Tipo III): 0%, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %

#### **Variables Dependientes:**

##### **Calidad Bebida prebiótica**

Características Fisicoquímicas: pH, acidez, sólidos solubles

Características Sensoriales: Color, olor, sabor, apariencia, textura

Características Reológicas: Viscosidad

En la tabla 7 se indica la operacionalización de variables del estudio de Evaluación de una bebida láctea prebiótica a base de almidones resistentes de papa (*Solanum Tuberosum*) y arroz (*Oryza Sativa*).

**Tabla 7.** Operacionalización de variables.

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
<b>Independiente:</b>				
<b>Almidón resistente</b>	Porcentaje de almidón resistente de arroz, Tipo III	20 %, 15 %, 10 %, 5 %, 0 %	Gravimetría	Norma INEN 2337
	Porcentaje de almidón resistente de papa, Tipo III	0%, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %		
<b>Dependiente:</b>				
<b>Calidad Bebida prebiótica</b>	Características Fisicoquímicas:	pH Acidez Sólidos solubles	Potenciometría Acidez Titulable Refractometrometría	NTE INEN – ISO 212:2007 Norma AOAC 939.05 NTE INEN 0381
	Características Sensoriales:	Olor Color Apariencia Sabor Textura	Prueba de aceptación con una escala hedónica de 7 puntos	Fichas de captación Catadores (Anzaldúa, 1982)
	Características Reológicas:	Viscosidad	Viscosidad Aparente	Reómetro de pulso

### **3.4. MÉTODOS UTILIZADOS**

#### **Fase 1**

En esta fase se realizará la extracción de almidón natural de papa y arroz para posteriormente ser sometido a distintos procedimientos y obtener almidón resistente de papa y arroz Tipo (III).

#### **3.4.1 Extracción de almidón de papa por vía húmeda**

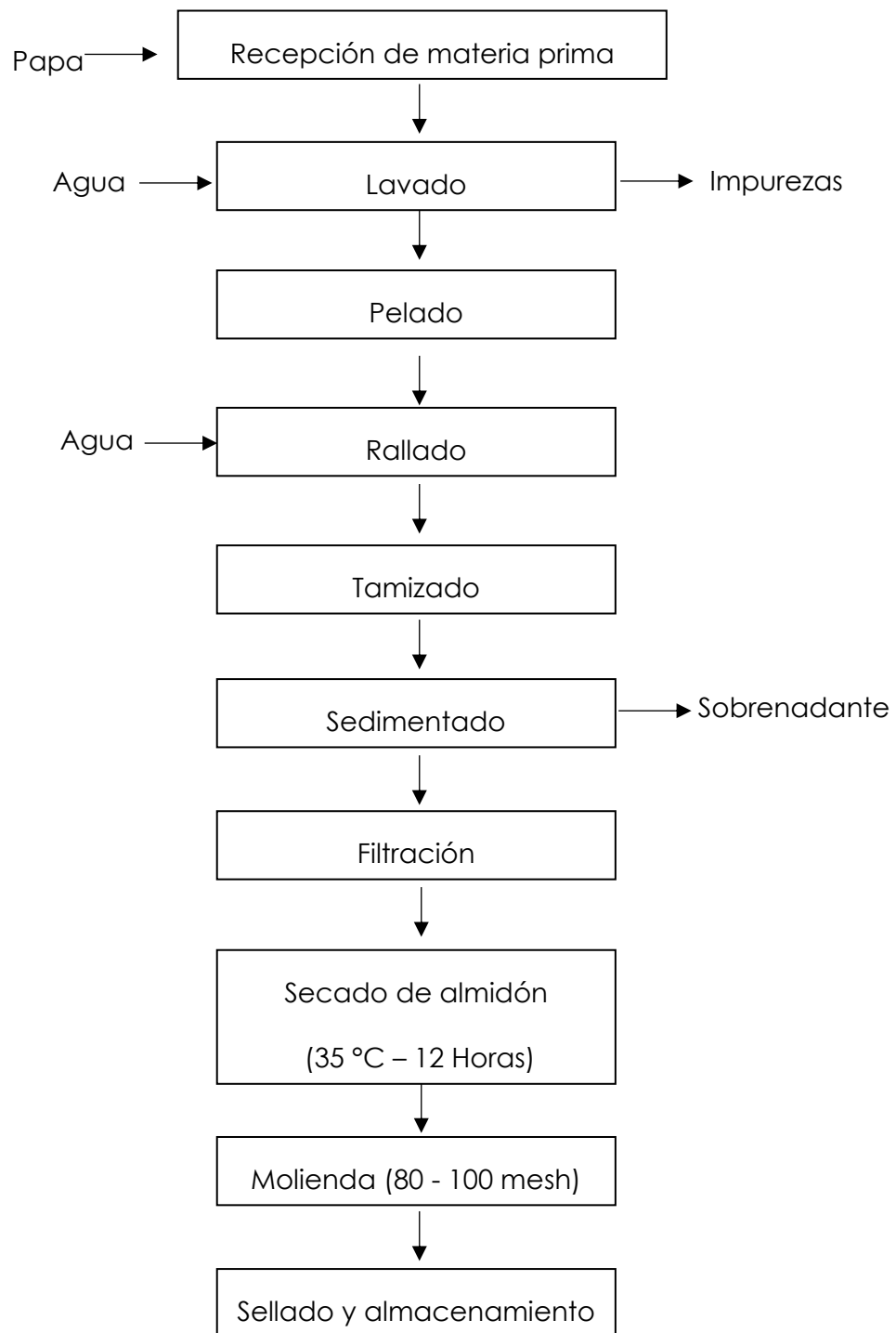
Las muestras de papa residual (*Solanum tuberosum*) variedad chola se obtendrá en los mercados locales de la ciudad de Tulcán.

Este proceso implica una serie de pasos, que incluyen lavado, corte, triturado, sedimentado, decantado, secado, pulverizado, tamizado y almacenado.

Inicialmente, la materia prima se somete a un proceso de lavado con agua y jabón para eliminar cualquier exceso de tierra. Luego, las papas se cortan en trozos uniformes de aproximadamente 8 x 2 cm utilizando un cuchillo de cocina, y se extrae el jugo de papa mediante un extractor comercial para uso doméstico o de forma casera.

Para obtener el jugo de la papa, que contiene el almidón, se utiliza un recipiente de 20 litros cubierto con una manta de 40 x 40 cm atada con una liga. El almidón sedimenta durante 2 horas una vez filtrado. Posteriormente, se retira el exceso de agua y se coloca el almidón en charolas de aluminio de 20 x 25 cm. Este se seca en la estufa a 40 °C durante un periodo de 12 horas o a temperatura ambiente durante 48 horas. Una vez obtenido el almidón, se almacena en bolsas de polietileno para su procesamiento posterior y la obtención de almidón resistente.

### 3.4.1.2 Diagrama de extracción de almidón de papa por método vía húmeda.



**Figura 10.** Diagrama de extracción de almidón de papa por vía húmeda

### 3.4.2 Extracción de almidón de arroz por vía húmeda

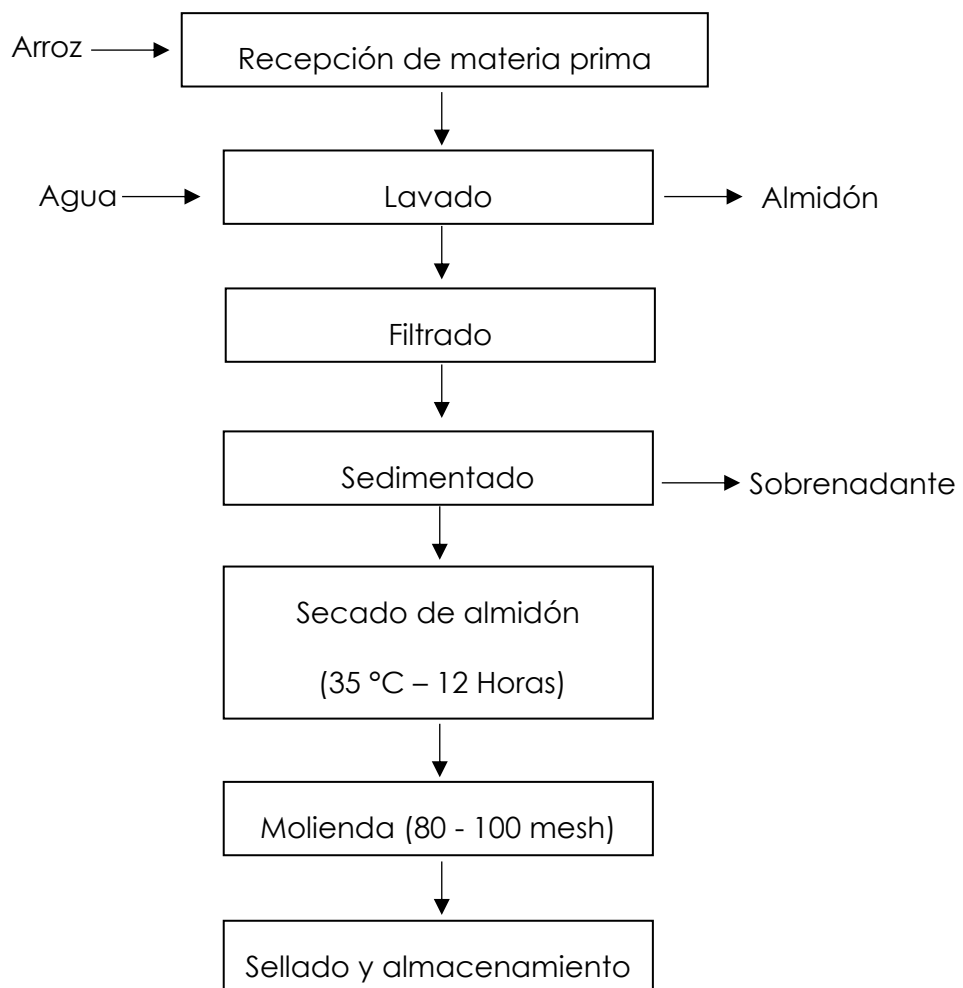
La materia prima se obtuvo del mercado AKI marca Rosalino el cual se coloca en un recipiente con capacidad de 20 litros, donde se agrega agua para cubrir completamente los granos de arroz. Se llevan a cabo sucesivos lavados del arroz

hasta que el agua en el recipiente adquiere una tonalidad blanquecina, indicando una extracción exitosa.

A continuación, se cubre el recipiente con una manta de 40 x 40 cm, asegurándola con una liga, y se filtra el agua obtenida en el paso anterior. La solución filtrada se deja sedimentar durante un lapso de 2 horas. Después de que el almidón ha sedimentado, se elimina el exceso de agua y se coloca el almidón resultante en charolas de aluminio de 20 x 25 cm.

Para llevar a cabo el proceso de secado, se introduce la charola en una estufa a una temperatura constante de 35 °C, manteniéndola durante un período de 12 horas. Alternativamente, el secado puede realizarse a temperatura ambiente, prolongando el tiempo de proceso a 48 horas. Este procedimiento asegura la obtención de almidón de arroz de alta calidad y pureza.

### 3.4.2.2 Diagrama de extracción de almidón de arroz por método vía húmeda.



**Figura 11.** Diagrama de extracción de almidón de arroz por vía húmeda

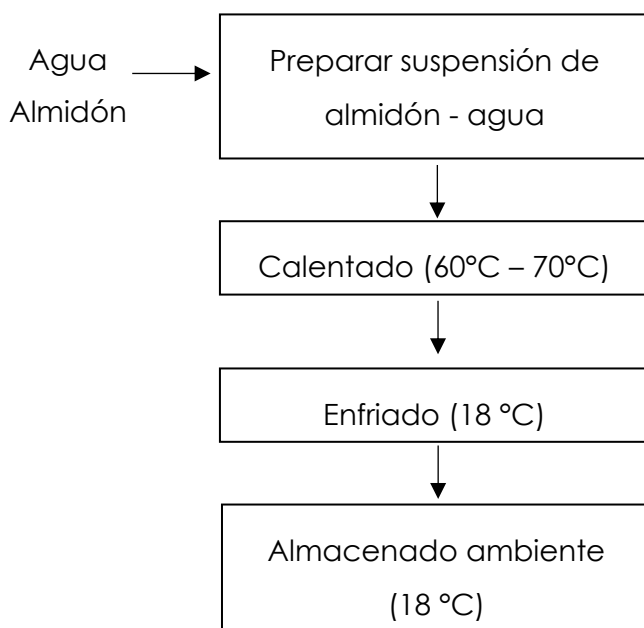
## Fase 2

Una vez obtenido el almidón natural de papa y arroz se procede aplicar los distintos procesos detallados a continuación para su transformación en almidón resistente tipo (III).

### 3.4.3 Gelatinización del almidón de papa / arroz

Se preparan suspensiones de almidón al 5 % mediante el uso de una balanza para medir la cantidad necesaria de almidón. Para obtener una suspensión al 5 %, se requieren 5 gramos de almidón por cada 7 mL de agua, los cuales son posteriormente transferidos a vasos de precipitación.

Los geles preparados se someten a temperaturas de 60 °C en el caso de la papa, o 70 °C en el caso del arroz, con agitación constante. Las muestras gelatinizadas previamente son tratadas en una autoclave a una temperatura de 35 °C durante 12 horas para lograr una mayor solubilización del almidón.



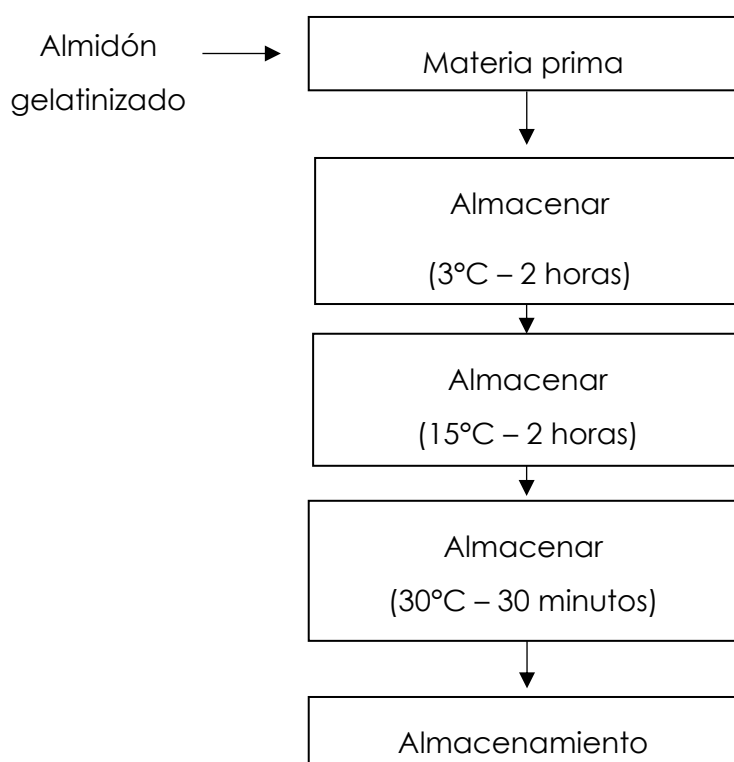
**Figura 12.** Diagrama de la gelatinización del almidón.

### 3.4.4 Ciclos de enfriamiento/ calentamiento para la obtención de Almidón retrogradado.

Después del tratamiento en autoclave, el almidón fue sometido a ciclos de enfriamiento y calentamiento según las pautas de Silverio (2020). Cada ciclo de

enfriamiento y calentamiento comprendió un almacenamiento a 3 °C durante 2 horas, seguido de 15 °C durante 2 horas y luego a 30 °C por 3 minutos °C. La muestra correspondiente al tiempo cero, después del proceso en autoclave, fue congelada, mientras que el resto de las muestras se sometieron a uno, la técnica implica la realización de dos o tres ciclos consecutivos de enfriamiento y calentamiento con el objetivo de potenciar el contenido de almidón resistente tipo (III).

### 3.4.5 Estabilidad al descongelamiento del almidón



**Figura 13.** Diagrama de ciclos de enfriamiento y calentamiento.

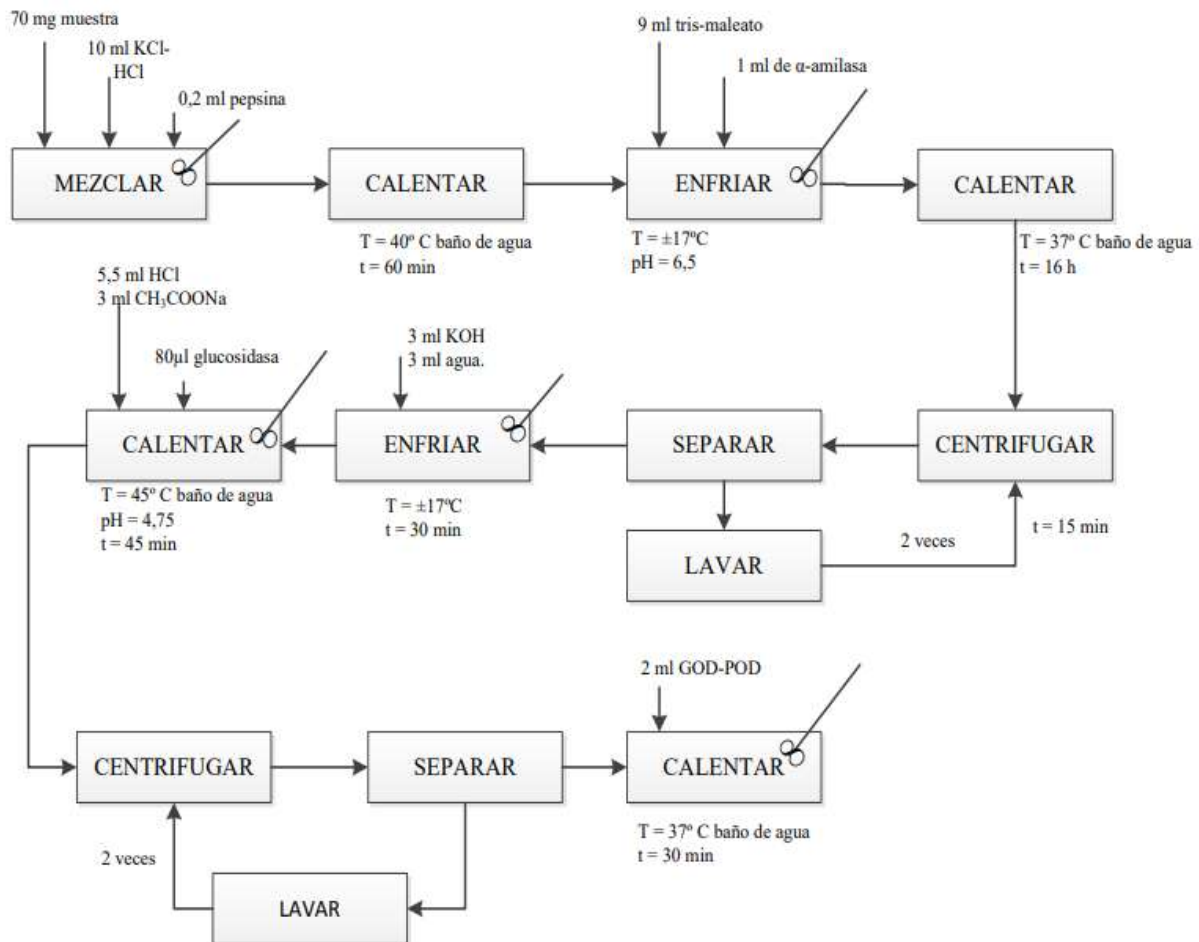
### 3.4.6 Determinación del contenido de almidón resistente (Método Lager)

El procedimiento para la determinación cuantitativa del almidón resistente se encuentra detallado en el esquema de flujo representado en la figura 8. Este enfoque analítico persigue objetivos clave, entre ellos la eliminación de proteínas, la exclusión del almidón susceptible a la digestión, la solubilización e hidrólisis enzimática específicamente del almidón resistente, y la cuantificación de este último en forma de glucosa liberada (Goñi, Garcia, Mañas, & Saura, 1996).

En la etapa inicial del procedimiento, se pesaron 70 mg de harina y se agregaron a 700 mL de agua destilada, junto con 10 ml de buffer KCl-HCl ajustado a un pH de 1,5

mediante el uso de HCl. Luego, se incorporaron 0,2 mL de una solución de Pepsina (1 g de Pepsina / 10 mL de buffer KCl-HCl pH 1,5), y la mezcla se sometió a calentamiento en un baño de agua a 40 °C durante 60 minutos. Posteriormente, se procedió a un enfriamiento inmediato a  $\pm 17^{\circ}\text{C}$ . En las muestras enfriadas, se añadieron 9 mL de buffer tris-maleato y se ajustó el pH a 6,5 mediante HCl, complementando con una mezcla adicional que contenía 1 ml de  $\alpha$ -amilasa. Esta mezcla se incubó durante 16 horas en un baño de agua a 37 °C. Luego, se sometió a centrifugación durante 15 minutos, eliminando los sobrenadantes y repitiendo el lavado una vez más con 10 mL de agua destilada, desechando los sobrenadantes (Saura, 1996).

A la muestra sólida separada se le agregaron 3 ml de agua destilada y 3 ml de KOH, mezclando y permitiendo reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente con agitación constante. Después, se introdujeron 5,5 ml de HCl, 3 ml de buffer acetato de sodio, 80  $\mu\text{l}$  de enzima glucosidasa, ajustando el pH a 4,75 con HCl. La mezcla se dejó reposar durante 45 minutos en un baño de agua a 60 °C con agitación constante, seguido de una centrifugación de 15 minutos. Los sobrenadantes se recolectaron y lavaron con 10 ml de agua destilada, luego se sometieron a centrifugación y se combinaron con la muestra previamente obtenida. Finalmente, se añadieron 2 ml de GOD-POD y se llevó a cabo una mezcla durante 30 minutos en un baño de agua a 37°C. La absorbancia de las muestras y los estándares se midió a 450 nm, utilizando la curva de glucosa anhidra (10-60 ppm) para la cuantificación (Karla, 2013).



**Figura 14.** Diagrama de proceso para la determinación del contenido de almidón resistente por hidrólisis HCL.

**Fuente:** Karla (2013).

### 3.4.7 Cálculo para la cuantificación de almidón resistente.

$$\%Almidón\ resistente = \frac{C.Almidón * Vi * F}{W}$$

**Donde:**

**C almidón** = Concentración de almidón resistente (g/ml)

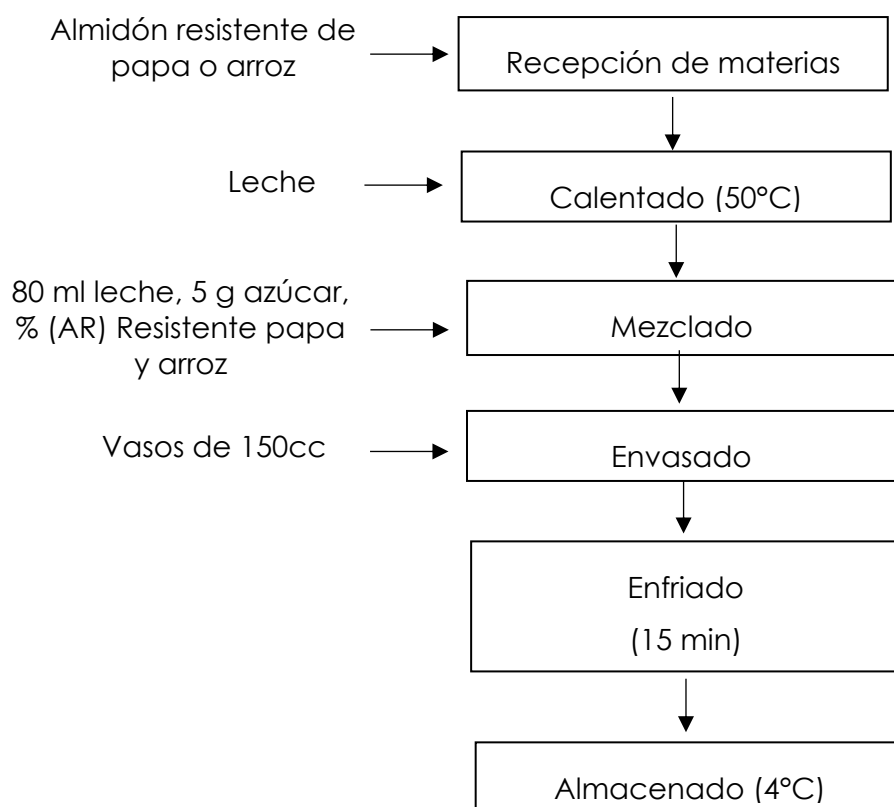
**Vi** = Volumen inicial (ml)

**F** = Factor de dilución (adimensional)

**W** = Peso de la muestra (g)

### 3.4.8 Elaboración de la bebida

Luego de la obtención y determinación de almidón resistente tipo (III) de papa y arroz se procede a realizar la bebida con las formulaciones presentes en la operacionalización de variables.



**Figura 15.** Diagrama de elaboración de la bebida.

### 3.4.9 Nivel prebiótico de la bebida

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto prebiótico del almidón resistente en el crecimiento de bacterias ácido-lácticas, utilizando un medio fermentado con tiempos de incubación establecidos. Se prepararon 50 mL de bebida en cada frasco de ensayo, formulados con 40 gramos de almidón resistente de arroz, 40 mL de pulpa de maracuyá, 500 mL de leche y 10 gramos de azúcar. Como control, se utilizó un blanco sin almidón resistente, pero con la misma formulación base.

Los análisis microbiológicos incluyeron la siembra y el conteo de colonias homofermentativas y heterofermentativas utilizando placas específicas PerPlateLab

para bacterias ácido-lácticas. Las placas se incubaron a 33 °C durante 72 horas en condiciones anaeróbicas. Se tomaron mediciones en los días 0, 1, 3, 6 y 9, evaluando la evolución del crecimiento bacteriano en UFC/mL mediante diluciones seriadas y sembrado por extensión en placas Petri con agar MRS (De Man, Rogosa y Sharpe). Los resultados se expresaron en términos de crecimiento exponencial.

Adicionalmente, se midieron parámetros fisicoquímicos importantes como el pH, la acidez titulable y los grados Brix. El pH se midió con un potenciómetro calibrado, la acidez se expresó en gramos de ácido láctico por litro (g/L), y los grados Brix, que representan la concentración de azúcares solubles, se midieron utilizando un refractómetro de precisión.

### **3.4.10 Evaluación sensorial**

En la evaluación sensorial de la bebida láctea, se contará con la participación de 60 individuos, quienes utilizaron una escala idónea de 7 puntos para valorar aspectos como color, sabor, aroma, apariencia y textura. Este enfoque metodológico se fundamenta en la obra "Sensory Evaluation Techniques" reconocida por su exhaustiva exploración de técnicas y metodologías para la evaluación sensorial de alimentos y bebidas.

### **3.4.11 Caracterización fisicoquímica**

#### **3.4.11.1 pH**

Siguiendo el protocolo descrito por Soriano (2021), se procedió a medir el pH de cada formulación y su respectivo tratamiento utilizando un pH-metro. Este procedimiento se realizó en tres ocasiones, empleando envases distintos para asegurar la representatividad de los resultados. Las mediciones se llevaron a cabo a temperatura ambiente (25°C) después de realizar una cuidadosa calibración del equipo con tampones comerciales de pH4, pH7 y pH10. Esta calibración se llevó a cabo para asegurar la precisión y confiabilidad de las lecturas de pH obtenidas. La implementación de esta metodología rigurosa en la toma de medidas contribuye de manera significativa a la obtención de datos robustos, los cuales son fundamentales para la evaluación y control de la acidez en las formulaciones objeto de estudio.

### 3.4.11.2 Método volumétrico (Determinación de Acidez)

Conforme a la Norma INEN 13 (1983), se establece que, para determinar la acidez en productos lácteos, es necesario homogeneizar la muestra y transferir 20g al matraz Erlenmeyer. Luego, se diluye el contenido del matraz a un volumen que sea 2 veces mayor que el agua destilada y se añaden 2 cm<sup>3</sup> de indicador fenolftaleína. Posteriormente, se agrega lentamente y con agitación la solución de 0,1 N de hidróxido de sodio hasta lograr una persistencia de 30 segundos a un tono de color rosado. Finalmente, se lee el volumen de la solución empleado en la bureta, y se calcula la acidez aplicando la siguiente ecuación.

$$A = 0,090 \frac{V * N}{m - m_1} * 100$$

**En donde:**

**A** = Acidez titulable del producto lácteo en porcentaje en masa de ácido láctico

**V** = Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en titulación en cm<sup>3</sup>

**N** = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

**m** = Masa del matraz Erlenmeyer vacío en g

**m1** = Masa del matraz Erlenmeyer con la muestra de análisis en g

### 3.4.11.3 Sólidos solubles (°Brix)

Según Soriano (2021), en el proceso de determinación de los sólidos solubles se utilizó un refractómetro de mano con un rango específico de 0 a 32 grados Brix. Se realizaron mediciones dentro del rango operativo del refractómetro, asegurando así la representatividad del valor en la escala de 0 a 32 grados Brix. Este enfoque fue crucial para obtener lecturas precisas y confiables, teniendo en cuenta las características particulares de la muestra y maximizando la utilidad del instrumento en la medición de sólidos solubles en condiciones óptimas.

### 3.4.11.4 Análisis reológico de Viscosidad (Reómetro de pulso)

Siguiendo la metodología propuesta por Delarue (2019), se comienza con la homogeneización de las muestras y la calibración del reómetro con el objetivo de

asegurar mediciones precisas. Posteriormente, se ajustan los parámetros relevantes del reómetro, tales como viscosidad y elasticidad. Las muestras se presentan a un grupo de evaluadores sin información previa sobre ellas.

Los datos recolectados son sometidos a un análisis estadístico para obtener resultados cuantitativos que se interpretan en función de la calidad sensorial del producto. Este enfoque brinda información valiosa sobre las propiedades organolépticas, permitiendo ajustar las formulaciones de acuerdo con las preferencias del consumidor.

En el proceso de calibración del reómetro, se asegura la precisión de las mediciones. Luego, se ajustan los parámetros relevantes según las propiedades reológicas de interés, como viscosidad y elasticidad. Las muestras se introducen en el sistema de medición, donde se llevan a cabo mediciones continuas para evaluar su comportamiento frente a fuerzas oscilatorias. Durante el análisis, se registran los datos para su posterior interpretación. Este enfoque facilita la caracterización de la respuesta reológica de la muestra, ofreciendo información valiosa sobre su textura y consistencia. Estos datos son cruciales en la formulación y control de calidad de productos alimentarios y otros materiales viscoelásticos.

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizará un análisis estadístico mediante un ANOVA simple o un diseño completamente aleatorizado. Posteriormente, se llevará a cabo la prueba de diferencia estadística entre los tratamientos, utilizando la prueba de rangos de Tukey con un nivel de significancia del 5%, es decir, con un 95% de confianza y un 5% como margen de error. Este enfoque estadístico permitirá evaluar de manera precisa las diferencias significativas entre los tratamientos bajo estudio.

Las concentraciones de almidón de papa y arroz serán utilizadas para la obtención del producto final (bebida).

**Tabla 8.** Formulación de la bebida

Diseño del experimento			
Tratamientos	Formulación	Niveles	R
T1	α1: 0% de (AR) de papa + 20 % de (AR) de arroz +80% leche	B	3
T2	α2: 5% de (AR) de papa + 15 % de (AR) de arroz + 80% leche	BxA	3
T3	α3: 10% de (AR) de arroz + 10% de (AR) de papa + 80% leche	AxB	3
T4	α4: 15% de (AR) de papa + 5% de (AR) de arroz + 80% leche	AxB	3
T5	α5: 20% de (AR) de papa + 0% de (AR) de arroz + 80% leche	A	3

En la tabla 8 se muestra el esquema del experimento por el cual se busca determinar la formulación para los diferentes tratamientos correspondientes a la mezcla de almidón de papa y arroz.

### 3.5.1 Arreglo factorial

**Tabla 9.** Factores de estudio

<b>Factores de estudio</b>	
<b>Factor A</b>	% de almidón resistente de papa
<b>Factor B</b>	% de almidón resistente de arroz
<b>Número de repeticiones</b>	Tres
<b>Factores constantes</b>	120 mL Leche (bebida 150 mL)
	Azúcar 5 g
	Pulpa de maracuyá 10 mL

### 3.5.2 Procesamiento y análisis de datos

El análisis de los tratamientos de la bebida se llevará a cabo utilizando una muestra de 150 ml en las tres repeticiones correspondientes.

La información recopilada de manera experimental se someterá a un análisis estadístico de varianza (ANOVA) simple y se evaluará a través de la prueba estadística Tukey. Este enfoque permitirá la evaluación sensorial de los tratamientos, establecer relaciones entre las variables de estudio y determinar cuáles son los tratamientos que presentan las mejores características fisicoquímicas y reológicas.

Los softwares seleccionados para el procesamiento de datos son:

- Infostat.
- Excel

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1 Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial, se empleó una escala hedónica de 7 puntos como indica la tabla 10 para valorar aspectos cruciales como el color, sabor, aroma y textura/apariencia de los 5 tratamientos propuestos. Los resultados se fundamentan en las opiniones de 60 participantes, quienes proporcionaron sus percepciones individuales en cada uno de estos parámetros clave. Este enfoque permite obtener una visión integral y diversa de la aceptación sensorial de los tratamientos, ya que se consideran múltiples dimensiones en la evaluación.

**Tabla 10.** Escala hedónica (7 puntos) utilizada en la evaluación sensorial.

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

##### 4.1.1.1 Valoración del Color

En la tabla 11 en términos estadísticos podemos observar claramente que el valor de  $p$  asociado al color es 0.1483 como se muestra en la tabla 1, lo que indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de color, sugiriendo que el modelo explica una pequeña proporción de la variabilidad en el color que se vio afectada en el tratamiento 4 & 5.

**Tabla 11.** Análisis de varianza para el parámetro de Color.

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	5,47	0,18	<b>A</b>
2	5,33	0,18	<b>A</b>
3	5,38	0,18	<b>A</b>
4	4,9	0,18	<b>A</b>
5	5,12	0,18	<b>A</b>

#### 4.1.1.2 Valoración del Sabor

En la tabla 12 el valor de p asociado al sabor es 0.6199, indicando que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de sabor. El coeficiente de determinación R<sup>2</sup> es 0.01, indicando que el modelo explica una pequeña proporción de la variabilidad en el sabor, todas las medias de los tratamientos están etiquetadas con la misma letra A, aunque hay variaciones en las medias, estas diferencias no son lo suficientemente grandes como para considerarlas significativas desde el punto de vista estadístico.

**Tabla 12.** Análisis de varianza para el parámetro de Sabor.

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	4,72	0,18	<b>A</b>
2	4,95	0,18	<b>A</b>
3	4,95	0,18	<b>A</b>
4	4,80	0,18	<b>A</b>
5	4,62	0,18	<b>A</b>

#### 4.1.1.3 Valoración del Aroma

En la tabla 13 el valor de p asociado al aroma es 0.4271, lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de aroma. Por lo que las distintas concentraciones de almidón resistente de papa & arroz que posee cada uno de los tratamientos no se vio afectada considerablemente en su aroma, siendo el tratamiento 1 con 20% (AR arroz) el más agradable por los consumidores.

**Tabla 13.** Análisis de varianza para el parámetro del Aroma.

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	5,17	0,17	<b>A</b>
2	4,78	0,17	<b>A</b>
3	5,05	0,17	<b>A</b>
4	5,95	0,17	<b>A</b>
5	4,80	0,178	<b>A</b>

#### 4.1.1.4 Valoración de la Textura

En la tabla 14 el valor de p asociado al aroma es 0.6970, lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de aroma. Por lo que las distintas concentraciones de almidón resistente de papa & arroz que posee cada uno de los tratamientos no se vio afectada considerablemente en su textura.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para el parámetro de la textura.

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	4,82	0,20	<b>A</b>
2	4,73	0,20	<b>A</b>
3	4,73	0,20	<b>A</b>
4	4,45	0,20	<b>A</b>
5	4,58	0,20	<b>A</b>

#### 4.1.1.5 Valoración de la Apariencia

En la tabla 15 el valor de p asociado al aroma es 0.8611, lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de aroma. Por lo que las distintas concentraciones de almidón resistente de papa & arroz que posee cada uno de los tratamientos no se vio afectada considerablemente en su Apariencia.

**Tabla 15.** Análisis de varianza para el parámetro de la Apariencia.

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	5,28	0,28	<b>A</b>
2	5,10	0,28	<b>A</b>
3	5,15	0,28	<b>A</b>
4	4,87	0,28	<b>A</b>
5	4,98	0,28	<b>A</b>

#### 4.1.1.6 Determinación del mejor tratamiento.

A través de Infostat, se llevaron a cabo cálculos precisos de medias para cada uno de los parámetros sensoriales, incluyendo color, sabor, aroma, textura y apariencia. Este análisis estadístico proporcionó una medida cuantitativa de las características de cada tratamiento como se aprecia en la tabla 16.

**Tabla 16.** Medias de la evaluación sensorial obtenidas de todos los tratamientos.

Tratamiento	Color	Sabor	Aroma	Textura	Apariencia
<b>1</b>	5,47A	4,98A	5,17A	4,82A	5,28A
<b>2</b>	5,33A	4,67A	4,78A	4,73A	5,15A
<b>3</b>	5,38A	4,95A	5,05A	4,73A	4,98A
<b>4</b>	4,90A	4,80A	4,95A	4,45A	4,87A
<b>5</b>	5,12A	4,62A	4,80A	4,58A	5,10A

Según los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar los tratamientos en términos de color, sabor, aroma, textura y apariencia de la bebida, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Las letras iguales asociadas a cada valor en la tabla de resultados indican que, desde una perspectiva estadística, todos los tratamientos evaluados son igualmente efectivos en términos de calidad. Por lo tanto, no hay evidencia estadística para sugerir que algún tratamiento sea superior o inferior a los demás en ninguna de las características analizadas, lo que significa que la adición de almidones resistentes en la bebida no altero sus características organolépticas en ninguno de ellos.

#### 4.1.2 Extracción de Almidón de papa y arroz (Método vía húmeda)

En la tabla 17 se muestra el peso final de almidón natural obtenido de papa variedad chola y arroz mediante el método de vía húmeda, la cantidad de producto utilizado puede tener diferencias en la composición y estructura del almidón presente en cada fuente vegetal, así como a las condiciones de extracción.

**Tabla 17.** Rendimiento de almidón natural obtenido.

Producto	Almidón natural utilizado (g)	Cantidad de almidón obtenido (g)
<b>Papa Chola (<i>Solanum Tuberosum</i>)</b>	4.300	1.467
<b>Arroz Procesado (<i>Oryza Sativa</i>)</b>	6.100	1.320

Se obtuvo 1.467 gramos de almidón natural de papa chola total utilizando 4.300 g de papa, mostrando un rendimiento superior al del arroz, donde se obtuvo 1.320 gramos con un uso del producto de 6.100 g siendo poco menos del doble utilizado en comparación con la papa.

#### 4.1.3 Retrogradación de Almidón.

##### 4.1.3.1 Ciclos de calentamiento / enfriamiento

En la tabla 18 y 19 se muestran los 3 ciclos utilizados para retrogradar el almidón tomando en cuenta no sobrepasar estas temperaturas y así evitar la degradación del almidón, así como también la pérdida de las propiedades deseables.

**Tabla 18.** Ciclos de temperatura usados para la retrogradación de almidón de papa.

	Ciclo 1	Tiempo	Ciclo 2	Tiempo	Ciclo 3	Tiempo
<b>Temperatura máxima</b>	40°C	5 min	50°C	5 min	60°C	5 min

<b>Temperatura mínima</b>	20°C	30 min	15°C	45 min	10°C	60 min
---------------------------	------	--------	------	--------	------	--------

Gracias a la investigación de (Gómez, 2018) realizar estos ciclos con sus respectivos tiempos ayuda a potenciar el contenido de almidón resistente presente en la muestra.

**Tabla 19.** Ciclos de temperatura usados para la retrogradación de almidón de arroz.

	<b>Ciclo 1</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Ciclo 2</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Ciclo 3</b>	<b>Tiempo</b>
<b>Temperatura máxima</b>	40°C	5 min	50°C	5 min	70°C	5 min
<b>Temperatura mínima</b>	20°C	30 min	15°C	45 min	10°C	60 min

#### 4.1.4 Gelatinización de Almidón.

##### 4.1.4.1 Cantidad de agua requerida para gelatinizar almidón

Según menciona Pachego (2018), este proceso forma una estructura gelatinosa crucial para la textura y viscosidad de diversos productos, además, afecta la capacidad de retención de agua y la procesabilidad, influyendo en la jugosidad y manejabilidad del producto final.

Por lo tanto, se emplearon 18 ml de agua por cada 25 gramos de almidón para lograr una consistencia menos viscosa, facilitando su óptima disolución en la bebida.

Almidón de papa:

$$x = \frac{1.467 \text{ g} \times 18 \text{ mL}}{25 \text{ g}} = 1.056 \text{ mL (Agua requerida)}$$

Almidón de arroz:

$$x = \frac{2.320 \text{ g} \times 18 \text{ mL}}{25 \text{ g}} = 1.670 \text{ mL (Agua requerida)}$$

La tabla 20 indica el rendimiento de almidón gelatinizado obtenido utilizando como base la cantidad total de almidón natural indicado en la tabla 17.

**Tabla 20.** Contenido de almidón gelatinizado por método de Retrogradación.

<b>Producto</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Cantidad de agua (L)</b>	<b>Temperatura Max (°C)</b>	<b>Cantidad de almidón gelatinizado obtenido (g)</b>
<b>Almidón de Papa</b>	1,467	1,05	60	2.200
<b>Almidón de Arroz</b>	2,320	1,67	70	1.900

#### 4.1.5 Determinación del contenido de Almidón Resistente Tipo (III) de Papa Chola

En la tabla 21 se indican los resultados de contenido de almidón resistente de papa Chola aplicando la metodología de hidrolisis HCL tal como lo explica el método de Lager, con una concentración media de almidón resistente después de la hidrolisis de 20.813 g/ml de los 2.2 Kg de almidón gelatinizado utilizados para su análisis.

**Tabla 21.** Concentración de almidón resistente de papa Chola obtenido después de la Hidrolisis HCL.

Metodología	CM1 (g/ml)	CM2 (g/ml)	CM3 (g/ml)
Hidrólisis HCL	20,27	21,22	20,95

\*CM = Concentración del almidón resistente en la réplica.

##### 4.1.5.1 Cálculo para la cuantificación de almidón resistente de papa.

Se calcula la concentración media de almidón resistente de papa chola (C. Almidón):

$$C. Almidón = \frac{20.27 \frac{g}{ml} + 21.22 \frac{g}{ml} + 20.95 \frac{g}{ml}}{3}$$

$$C. Almidón = \frac{62.44 \frac{g}{ml}}{3}$$

$$C. Almidón = 20.813 \frac{g}{ml}$$

Se aplica la fórmula para determinar el porcentaje de almidón resistente obtenido:

$$\%Almidón\ resistente = \frac{20.813 \frac{g}{ml} * 1.466\ ml * 1}{2.200\ g} = 13.679\ \%$$

Con un volumen inicial de 1.466 ml y un peso de la muestra de 2.200 gramos, se determinó que el contenido de almidón resistente en 2.2 Kg de almidón de papa gelatinizado es del 13.679%, lo que equivale a un total de 301.068 gramos de almidón resistente.

#### 4.1.6 Determinación del contenido de Almidón Resistente Tipo (III) de Arroz.

En la tabla 22 se indican los resultados de contenido de almidón resistente de arroz procesado aplicando la metodología de hidrolisis HCL tal como lo explica el método

de Lager, con una concentración de almidón resistente después de la hidrólisis HCL de 3.396 g/ml de los 1.9 Kg de almidón gelatinizado utilizados para su análisis.

**Tabla 22.** Concentración de almidón resistente de arroz procesado obtenido después de la Hidrólisis HCL.

Metodología	CM1 (g/ml)	CM2 (g/ml)	CM3 (g/ml)
Hidrólisis HCL	10,18	10,26	10,15

\*CM = Concentración del almidón resistente en la réplica.

4.1.6.1 Cálculo para la cuantificación de almidón resistente de arroz.

Se calcula la concentración media de almidón resistente (C. Almidón):

$$C. Almidón = \frac{10.18 \frac{g}{ml} + 10.26 \frac{g}{ml} + 10.15 \frac{g}{ml}}{3}$$

$$C. Almidón = \frac{10.19 \frac{g}{ml}}{3}$$

$$C. Almidón = 3.396 \frac{g}{ml}$$

Ahora se aplica la fórmula para determinar el porcentaje de almidón resistente:

$$\%Almidón\ resistente = \frac{3.396 \frac{g}{ml} * 1.153\ ml * 1}{1900\ g} = 2,060\ \%$$

Con un volumen inicial de 1.153 ml y un peso de la muestra de 1.900 gramos, se determinó que el contenido de almidón resistente en 1.9 Kg de almidón de arroz gelatinizado es del 2.060 %, lo que equivale a un total de 39.14 gramos de almidón resistente.

En la tabla 23 finalmente se muestra la cantidad total de almidón resistente obtenido mediante el método de Hidrólisis HCL.

**Tabla 23.** Cantidad de almidón resistente obtenido de papa y arroz

Producto	Cantidad de RS (g)	Cantidad de almidón gelatinizado utilizado (kg)
Papa Chola	301.06	2,2
Arroz (Procesado)	39.14	1,9

#### 4.1.7 Análisis Físicoquímicos

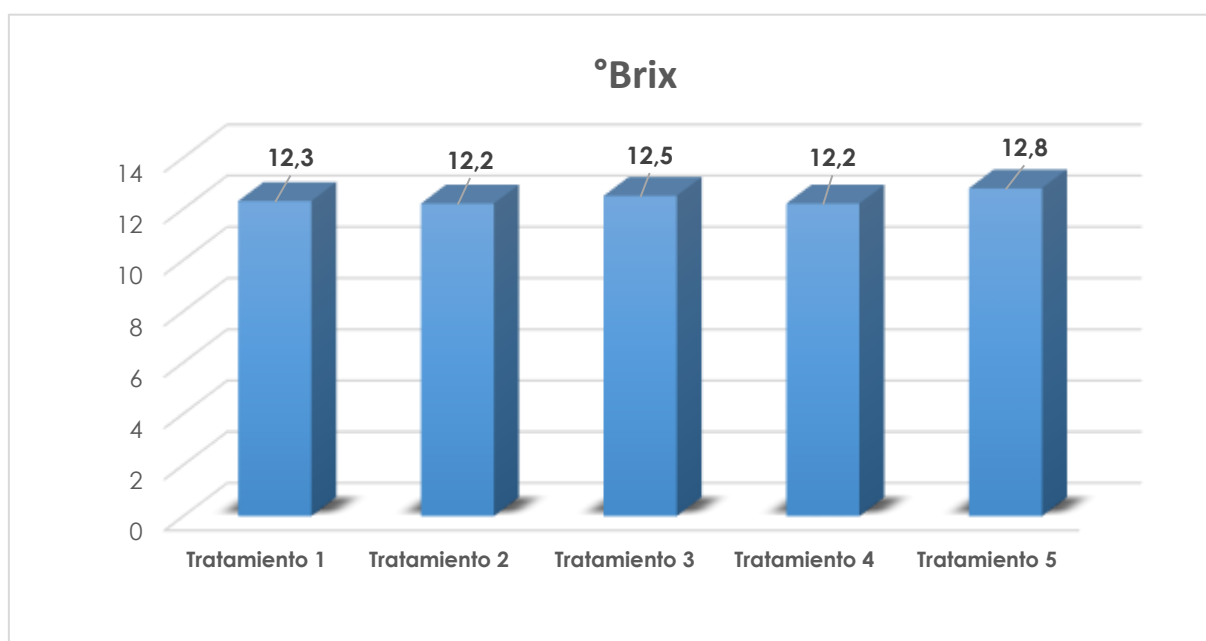
##### 4.1.7.1 Sólidos solubles (°Brix).

En la tabla 24 en términos estadísticos podemos observar claramente que el valor de p asociado a los °Brix es de 0.0728 lo que indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de concentración de azúcares.

**Tabla 24.** Análisis de varianza °Brix

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	11,33	0,32	A
4	12,20	0,32	A
2	12,30	0,32	A
5	12,50	0,32	A
4	12,80	0,32	A

Los tratamientos no tuvieron un efecto sustancial en los resultados, esto podría deberse a varios factores, como la similitud en los ingredientes o procesos utilizados en los diferentes tratamientos.



**Figura 16.** Gráfica de las medias obtenidas en la medición de °Brix.

##### 4.1.7.2 pH.

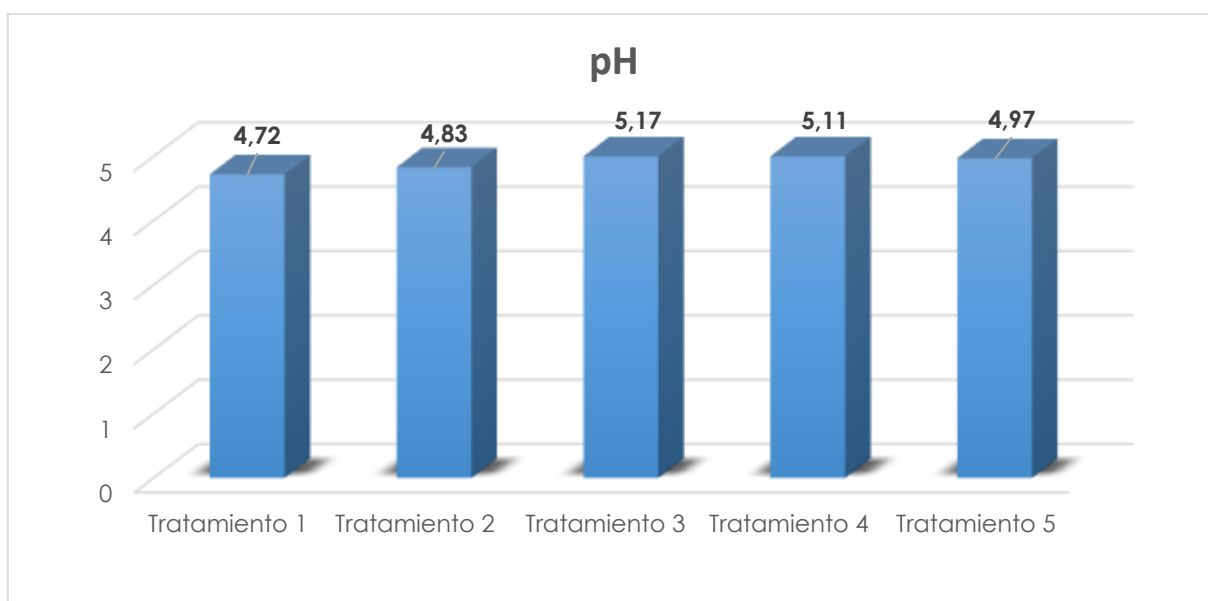
En la tabla 25 en términos estadísticos podemos observar claramente que el valor de p asociado al pH es de 0.0001 lo que indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos en términos de alcalinidad en la bebida, los niveles de pH entre los distintos tratamientos de la bebida láctea con concentraciones de almidón

gelatinizado de papa y arroz lo que respalda que la concentración de almidón tiene un efecto en el pH de la bebida.

**Tabla 25.** Análisis de varianza pH

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	4,73	0,02	<b>A</b>
2	4,83	0,02	<b>A</b>
3	5,17	0,02	<b>A</b>
4	5,11	0,02	<b>A</b>
5	4,98	0,02	<b>A</b>

Este aumento en los niveles de pH en los tratamientos 3 y 4 podría atribuirse a la formulación de la bebida, donde se incrementa la proporción de almidón resistente de arroz en el Tratamiento 3 y de almidón resistente de papa en el Tratamiento 4. Por lo que se sabe que el almidón resistente puede afectar las propiedades fisicoquímicas de las soluciones, y en este caso, la presencia de almidón resistente de arroz y papa puede haber contribuido al aumento del pH.



**Figura 17.** Gráfica de las medias obtenidas en la medición de pH.

Como se muestra en la figura 16 los demás tratamientos se sitúan en un rango intermedio de acidez, con el Tratamiento 1 mostrando consistencia alrededor de 4,72 y el Tratamiento 5 cercano a 4,97. Estas diferencias en el pH pueden tener implicaciones significativas en términos de sabor, estabilidad y aceptabilidad del producto final.

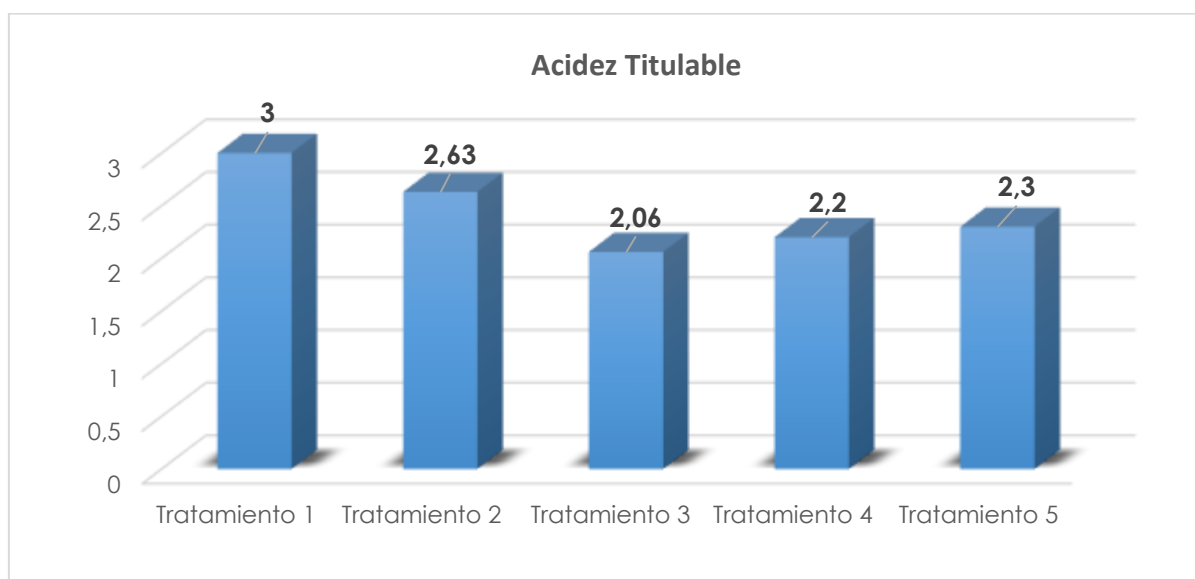
#### 4.1.7.3 Acidez titulable.

En la tabla 26 se observa que estadísticamente un p-valor de 0,0003, los tratamientos 3, 4 y 5 comparten la letra 'A', indicando que no hay diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, difieren significativamente de los tratamientos 2 y 1, que tienen letras diferentes asignadas. Estos resultados sugieren que los tratamientos influyen significativamente en la acidez titulable de la bebida, y las diferencias entre los tratamientos deben tenerse en cuenta al interpretar estos hallazgos.

**Tabla 26.** Análisis de varianza Acidez titulable

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	2,07	0,10	A		
4	2,20	0,10	A	B	
5	2,30	0,10	A	B	
2	2,63	0,10		B	C
1	3,00	0,10			C

Los resultados del análisis de la acidez titulable en la bebida, con formulaciones que varían la proporción de almidón resistente de papa y arroz, indican diferencias notables entre los tratamientos. La media de la acidez titulable es más alta en el Tratamiento 1 (3.0) y disminuye en los tratamientos 2, 4 y 5 (2.63, 2.2, y 2.3, respectivamente).



**Figura 18.** Gráfica de las medias obtenidas en la medición de acidez titulable.

Esta variabilidad puede atribuirse a la presencia de almidón resistente en la bebida, puede tener efectos en las propiedades químicas y físicas de los alimentos, incluyendo la acidez ya que puede actuar como un sustrato para la fermentación

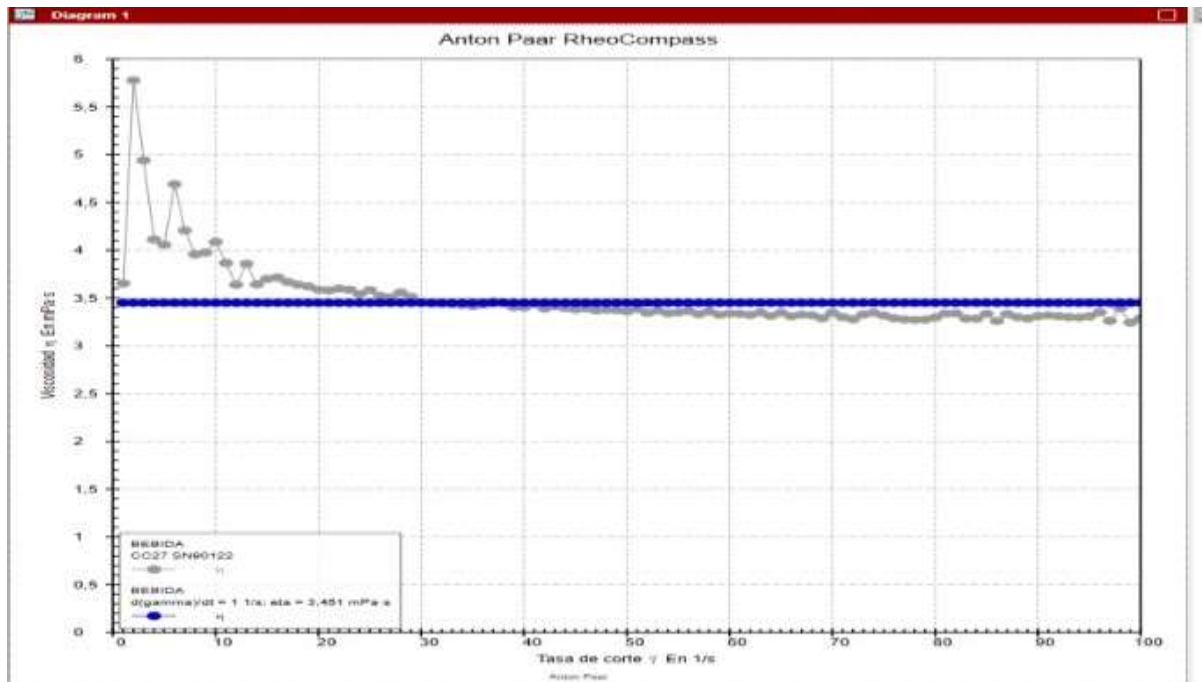
bacteriana en el colon, generando productos ácidos que podrían influir en la acidez del producto final, Los valores de acidez titulable para todos los tratamientos están por encima de 2, lo que podría indicar una cierta acidez en la bebida independientemente del tratamiento aplicado tomando en cuenta que se utilizó pulpa de maracuyá como factor constante.

#### 4.1.7.4 Viscosidad.

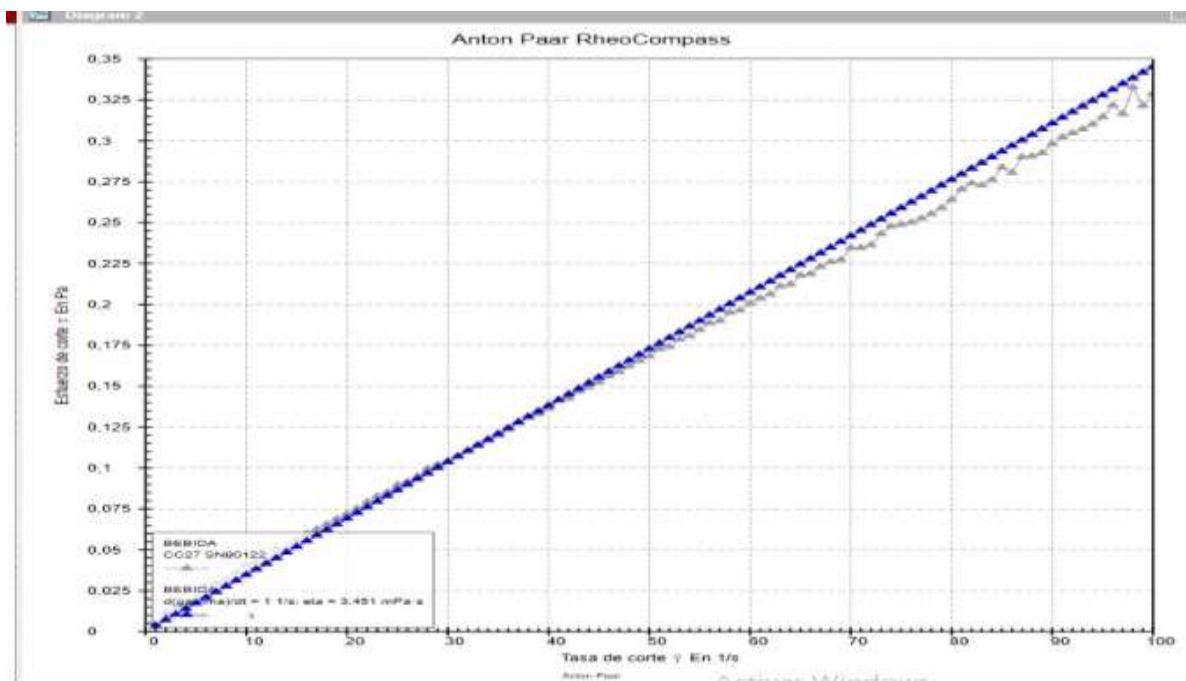
En el estudio de la viscosidad de una bebida prebiótica formulada con almidones resistentes de papa y arroz, se empleó un viscosímetro de pulso. El instrumento fue configurado con la geometría y rotor apropiados, y la temperatura se ajustó según las condiciones deseadas (25°C). La muestra de la bebida prebiótica fue aplicada en la zona de medición del viscosímetro, y se realizaron mediciones dinámicas mediante pulsos controlados.

En la gráfica, titulada "Ajuste al Modelo de Potencial de Corte", se muestra la viscosidad (mPa\*s) como se observa en la imagen 1, en función de la tasa de cizallamiento (1/s). Los puntos grises representan los datos experimentales y la línea azul es el ajuste del modelo a estos datos.

En la gráfica, titulada "Ajuste al Modelo de Potencial de Corte Completo", se muestra el esfuerzo de cizallamiento (mPa\*s) en función de la tasa de cizallamiento (1/s) como se muestra en la imagen 2. Nuevamente, la línea azul representa el ajuste del modelo a los datos.



**Figura 19.** Análisis de viscosidad Ajuste al Modelo de Potencial de Corte.



**Figura 20.** Análisis de viscosidad Ajuste al Modelo de Potencial de Corte Completo.

La viscosidad de la bebida prebiótica se determinó en mili Pascal por segundo ( $m \cdot Pa \cdot s$ ), lo que indica que la bebida tiene una consistencia bastante espesa. Este valor de viscosidad puede tener implicaciones en la textura percibida de la bebida, su estabilidad en el estante, su comportamiento durante el procesamiento y, en última instancia, la aceptación del producto por parte de los consumidores.

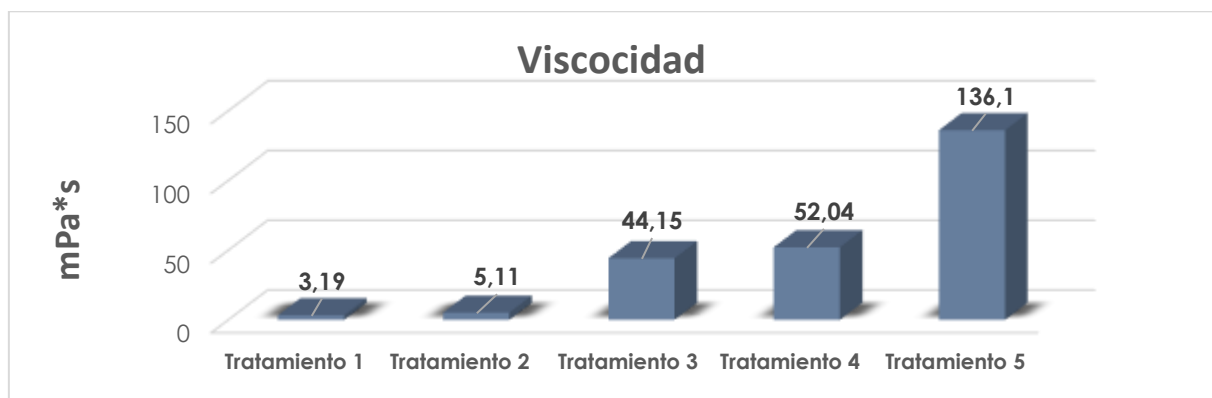
En la tabla 27 se observan los resultados muestran una variabilidad altamente significativa entre los tratamientos con un valor de  $p < 0.0001$ . Las pruebas de comparación múltiples utilizando el método de Tukey indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Las letras asignadas revelan que los tratamientos se pueden agrupar en diferentes niveles de viscosidad. En este caso, los tratamientos 1 y 2 comparten la letra 'A', indicando que no hay diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, ambos difieren significativamente de los tratamientos 3 y 4, que comparten la letra 'B', y todos estos difieren significativamente del tratamiento 5, que tiene asignada la letra 'C'.

**Tabla 27.** Análisis de varianza Viscosidad.

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	3,19	4,29	A
2	5,11	4,29	A B
3	44,15	4,29	A B
4	52,05	4,29	B
5	136,10	4,29	C

Estos resultados sugieren que al aumentar la cantidad de almidón resistente de papa en los productos alimenticios estos aumentan su viscosidad considerablemente a diferencia de AR de otros tubérculos.

Los resultados sugieren que la variación en la formulación de la bebida, específicamente en la proporción de almidón resistente de papa y arroz, tiene un impacto significativo en la viscosidad. Es importante destacar que el almidón resistente no parece afectar el sabor o las características organolépticas de la bebida, pero sí influye considerablemente en su viscosidad. Este hallazgo puede ser relevante para ajustar la formulación de la bebida según las preferencias de textura y consistencia deseada.



**Figura 21.** Gráfica de las medias obtenidas en el análisis de Viscosidad.

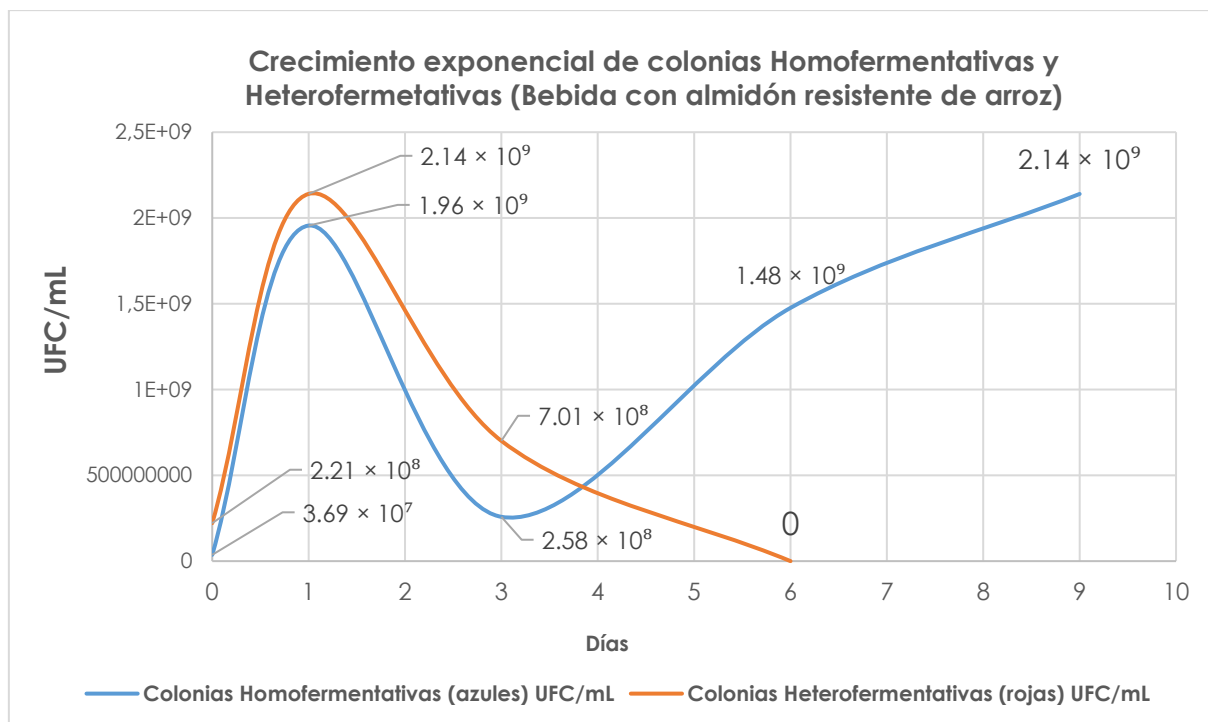
En la figura 20 específicamente en el tratamiento 3 se observa un aumento significativo en la viscosidad en comparación con los tratamientos anteriores. El cambio en la proporción de almidón resistente de arroz y papa (10% de (AR) de arroz + 10% de (AR) de papa) parece tener un efecto notable en la viscosidad de la bebida.

#### 4.1.7.5 Nivel prebiótico.

En este estudio, se evaluó el efecto prebiótico del almidón resistente de arroz del tratamiento 1 siendo el más aceptado en la evaluación sensorial observando el crecimiento de bacterias ácido-lácticas, considerando colonias homofermentativas y heterofermentativas en un medio fermentado. Se compararon los resultados obtenidos entre la bebida con almidón resistente de arroz y un blanco sin almidón resistente en un periodo de 9 días.

Los resultados muestran cómo el almidón resistente actúa como un sustrato fermentable selectivo, favoreciendo el crecimiento sostenido de bacterias homofermentativas. Este efecto se evidenció a través de mediciones periódicas de la densidad bacteriana (UFC/mL), así como en el comportamiento del pH, la acidez y los grados Brix del medio. Las gráficas reflejan los cambios dinámicos de estos parámetros, permitiendo observar el impacto diferencial del almidón resistente en comparación con el blanco.

#### 4.1.7.5.1 Crecimiento exponencial de bacterias en la bebida con almidón resistente de arroz.



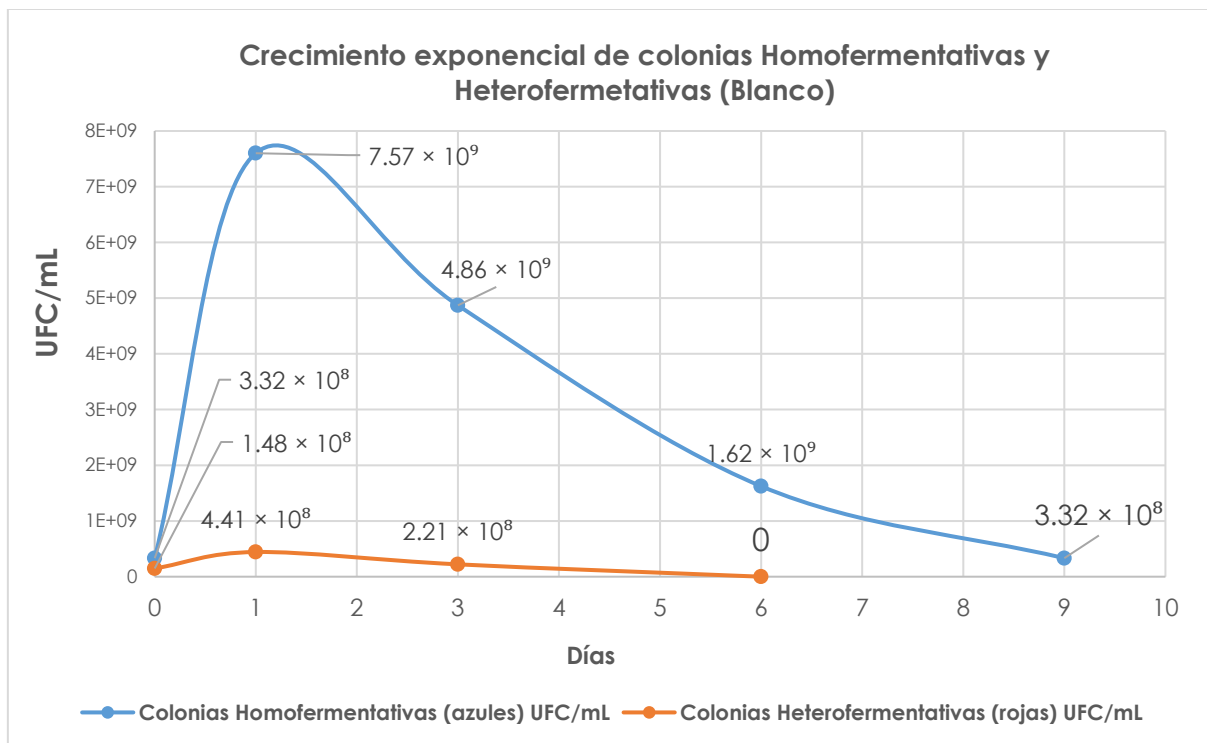
**Figura 22.** Crecimiento Exponencial de Colonias Homofermentativas y Heterofermentativas en la Bebida con almidón resistente de arroz.

En la figura 22, se observa un comportamiento dinámico en el crecimiento de las colonias homofermentativas (azules) y heterofermentativas (rojas). Durante el día 0, ambas colonias presentan un crecimiento inicial debido a la disponibilidad de nutrientes fácilmente fermentables, como los azúcares simples (lactosa y los 10 g de azúcar añadido). Este acceso inicial a los nutrientes genera un equilibrio en el crecimiento, con un predominio de las heterofermentativas ( $2.21 \times 10^8$  UFC/mL) sobre las homofermentativas ( $3.69 \times 10^7$  UFC/mL).

Sin embargo, al día 1, las colonias heterofermentativas alcanzan su máximo crecimiento ( $2.14 \times 10^9$  UFC/mL), mientras que las homofermentativas también crecen significativamente ( $1.96 \times 10^9$  UFC/mL). Este crecimiento inicial es resultado del metabolismo acelerado de azúcares simples. Para el día 3, ambas colonias decrecen drásticamente, con valores de  $7.01 \times 10^8$  UFC/mL y  $2.58 \times 10^8$  UFC/mL para las heterofermentativas y homofermentativas, respectivamente. Este descenso puede atribuirse al agotamiento de los azúcares simples y la acumulación de productos

metabólicos inhibitorios, como el ácido láctico, que reduce el pH del medio. A partir del día 3, las homofermentativas logran adaptarse al almidón resistente, un sustrato más complejo que requiere tiempo para ser metabolizado. Esto les permite retomar su crecimiento, alcanzando valores de  $1.48 \times 10^9$  UFC/mL al día 6 y  $2.14 \times 10^9$  UFC/mL al día 9. Por otro lado, las heterofermentativas no logran metabolizar el almidón resistente, lo que explica su decrecimiento continuo hasta desaparecer completamente al día 6.

#### 4.1.7.5.2 Crecimiento exponencial de bacterias en el blanco.



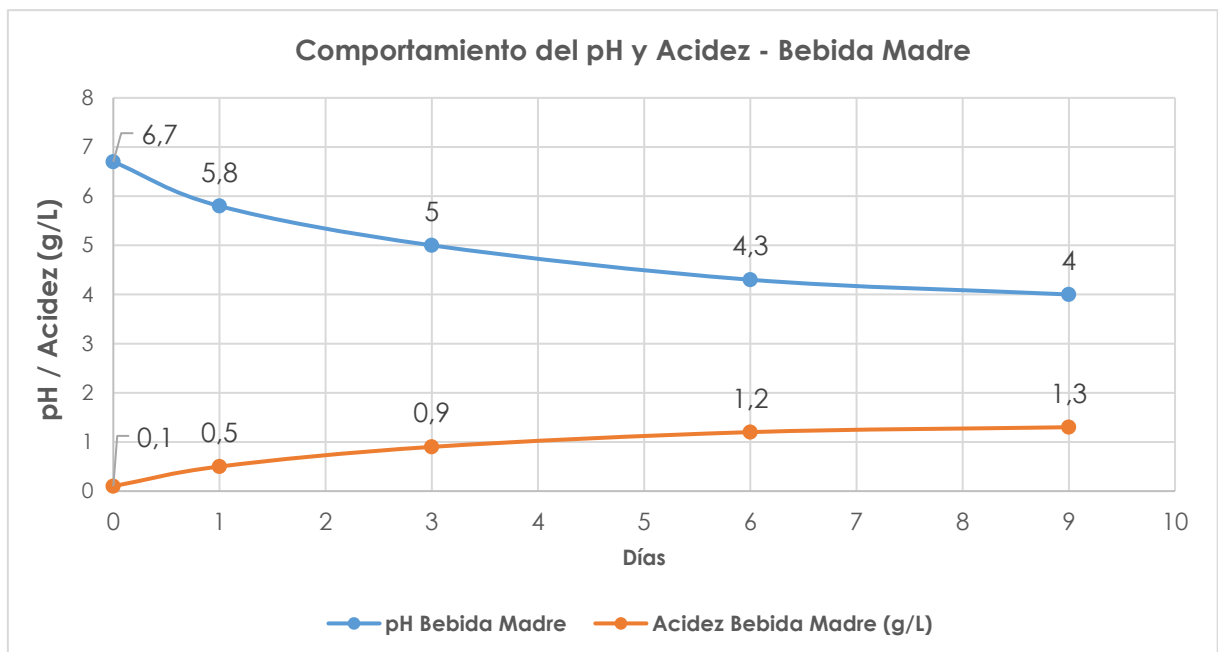
**Figura 23.** Crecimiento Exponencial de Colonias Homofermentativas y Heterofermentativas en el Blanco.

En la figura 23 del blanco, que carece de almidón resistente, se observa un comportamiento diferente. Al día 0, las homofermentativas presentan un crecimiento inicial de  $3.32 \times 10^8$  UFC/mL, mientras que las heterofermentativas alcanzan valores de  $1.48 \times 10^8$  UFC/mL. Para el día 1, las homofermentativas logran un crecimiento acelerado hasta  $7.57 \times 10^9$  UFC/mL, superando ampliamente a las heterofermentativas, que crecen hasta  $4.41 \times 10^8$  UFC/mL. Este crecimiento inicial se debe a la rápida fermentación de los azúcares simples presentes en el medio. Sin embargo, al día 3, las homofermentativas comienzan a decrecer, alcanzando  $4.86 \times 10^9$  UFC/mL, mientras que las heterofermentativas también disminuyen a  $2.21 \times$

10<sup>8</sup> UFC/mL. Este comportamiento refleja el agotamiento de los azúcares disponibles y la falta de un sustrato complejo como el almidón resistente. Para los días 6 y 9, ambas colonias continúan decreciendo, con valores finales de 3.32 × 10<sup>8</sup> UFC/mL y 0.0 UFC/mL para las homofermentativas y heterofermentativas, respectivamente.

#### 4.1.7.5.3 Comportamiento del pH y Acidez en la Bebida Madre.

El comportamiento del pH y la acidez en la bebida madre sigue una tendencia inversa. Al día 0, el pH inicia en 6.7, descendiendo gradualmente hasta 4.0 al día 9, mientras que la acidez aumenta de 0.1 g/L a 1.3 g/L. Este descenso del pH y aumento de acidez se correlaciona directamente con la producción de ácido láctico por las bacterias homofermentativas. El almidón resistente desempeña un papel clave al ser fermentado lentamente, permitiendo una producción constante de ácidos y estabilizando el pH en valores favorables para estas bacterias.

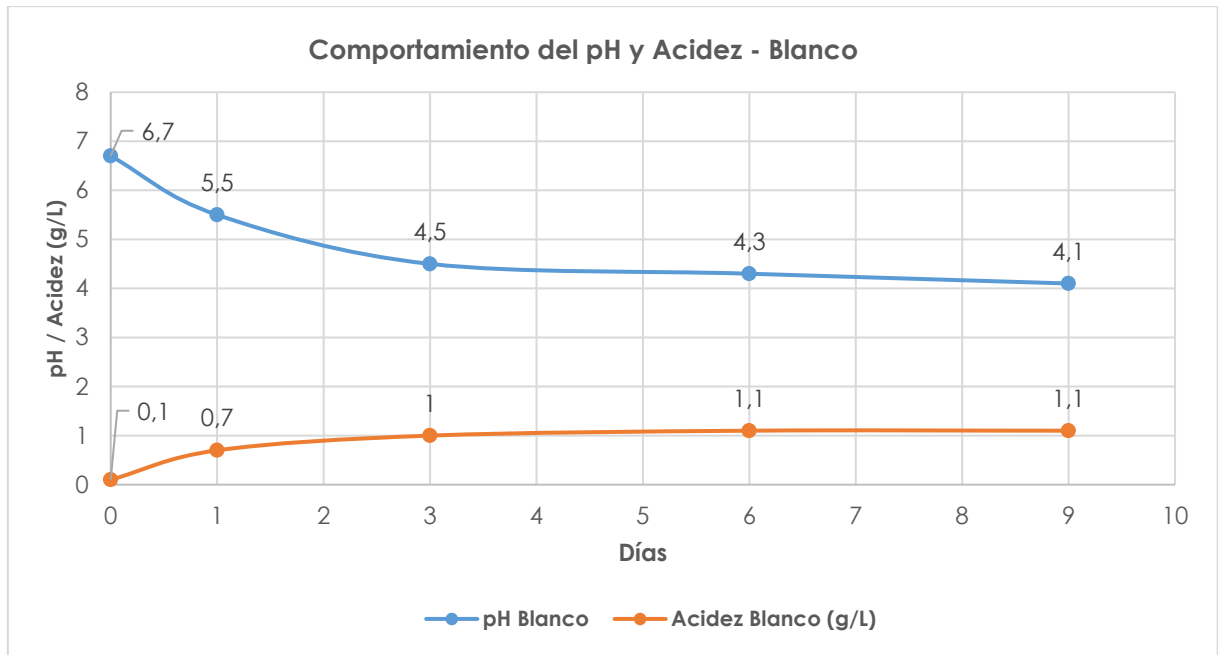


**Figura 24.** Comportamiento del pH y Acidez - Bebida Madre.

#### 4.1.7.5.4 Comportamiento del pH y Acidez en el Blanco.

En el blanco, el descenso del pH es más rápido, de 6.7 al día 0 a 4.1 al día 9. La acidez también aumenta rápidamente, estabilizándose en 1.1 g/L a partir del día 3. Esto refleja un agotamiento temprano de los azúcares simples, que provoca una acumulación de ácidos en las primeras etapas. La ausencia de almidón resistente

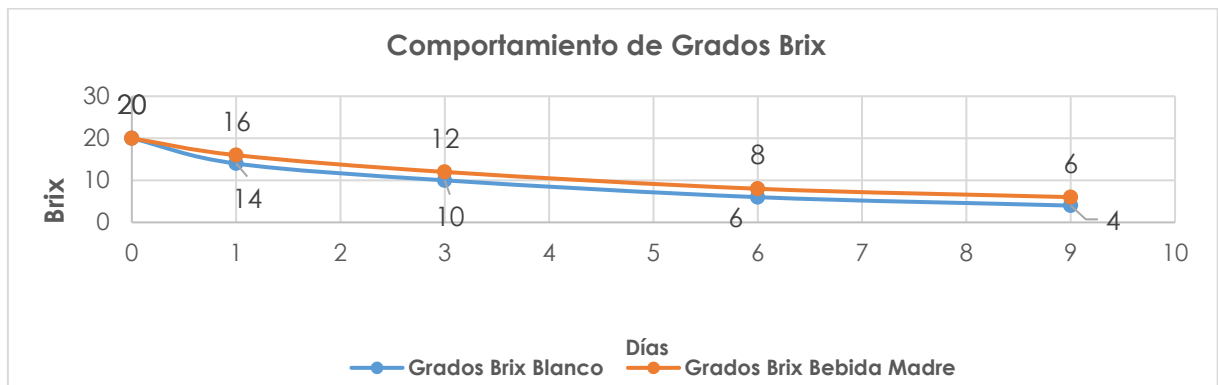
limita la producción prolongada de ácido láctico, lo que explica la estabilización de la acidez en etapas tempranas.



**Figura 25.** Comportamiento del pH y Acidez – Blanco.

#### 4.1.7.5.5 Comportamiento de los Grados Brix

Los grados Brix, que representan la concentración de azúcares solubles, muestran una disminución constante en ambos tratamientos. En la bebida madre, los grados Brix descienden de 20° al día 0 a 6° al día 9. Este descenso refleja el consumo gradual de azúcares simples y la posterior fermentación del almidón resistente. Por otro lado, en el blanco, los grados Brix disminuyen más rápidamente, de 20° al día 0 a 4° al día 9, debido al agotamiento temprano de los azúcares simples y la falta de un sustrato complejo que sustente el metabolismo bacteriano a largo plazo.



**Figura 26.** Comportamiento de los Grados Brix

## 4.2. DISCUSIÓN

La evaluación sensorial indica que la inclusión de almidones resistentes de papa y arroz contribuye a la viscosidad de los productos alimenticios sin comprometer las características organolépticas en un margen del 20% en el producto final. Esto se alinea con la investigación de Mayorquín (2021), donde se observó que los almidones de maíz ya sea cocidas o pregelatinizadas, suelen emplearse en un rango del 5 al 10% para conferir viscosidad y una textura suave y cremosa a salsas elaboradas a partir de mezclas secas.

En la investigación de Téllez (2018) titulada "Análisis Fisicoquímico y Sensorial de Jamón Cocido Enriquecido con Almidón Resistente", se observó que la incorporación de almidón resistente provocó un cambio significativo en el color del producto final. Esto indica que la inclusión de almidón resistente en carnes puede influir en la apariencia del producto. Sin embargo, los análisis estadísticos realizados en el estudio revelaron que, al tratarse de una bebida, las características sensoriales no experimentaron alteraciones.

Comparando estos resultados con distintos tubérculos o legumbres que también poseen almidón y posteriormente se pueden gelatinizar podemos decir que la mejor fuente para gelatinizar almidón puede ser la cebada ya que no requiere de temperaturas altas sino que a 51,2 °C este tubérculo puede iniciar su retrogradación a diferencia del arroz y papa utilizados los cuales sobrepasan los 60 °C, es importante mencionar que la fuente utilizada para gelatinizar almidón depende principalmente del producto final y textura que se desea obtener.

La temperatura pico alcanzada para gelatinizar almidón de papa fue de 60°C a diferencia del arroz 70°C pero Martínez (2015) en su investigación utilizando banano inmaduro de la especie *Musa sapientum* L. las temperaturas finales de gelatinización registradas en esta investigación sobrepasan los 80 °C tenido 4 repeticiones en donde fue potenciando con ciclos de calentamiento y enfriamiento el rendimiento de almidón gelatinizado R1: 88,1 °C, R2: 98,2 °C , R3: 98,1 , R4: 87°C, estos valores se ven distintos de forma significativa por la estructura que posee el banano inmaduro.

Barrera (2012) explica que las temperaturas de refrigeración afectan de forma considerable el pH de los almidones resistentes y su rendimiento, llevo acaba 3 tratamientos con ciclos de enfriamiento (15,4,40 °C) en un intervalo de 3 horas

teniendo un rendimiento del 13,75 % de almidón gelatinizado y un pH de 4,10 %, mientras que usando el método de lager para realizar estos ciclos papa y arroz (20,15,10 °C), se obtuvo un rendimiento ligeramente mayor 17,73% y un pH de 4,0 – 5,0.

Bravo (2020) en su investigación utilizó 2 metodologías para determinación de almidón resistente de papa, tratamiento de Autoclave a 120 °C la producción de almidón resistente es del 45.91 % y a 145 °C la producción disminuye ligeramente a 43.46 %. Por otro lado, el método de hidrólisis ácida (HCL) muestra una producción significativamente mayor, alcanzando un promedio del 50.02 %. La determinación del contenido de almidón resistente mostró valores superiores para la papa 50,02 % a diferencia del arroz en el cual se obtuvo un valor de (29,58 %) como se muestra en la tabla 30-31, son valores aproximados y similares a los obtenidos por Fredo (2021) en su investigación utilizando hidrolisis (Acetato de amonio), AR de papa 48,64 % y arroz 27,20 %.

Los resultados obtenidos de almidón resistente en la muestra de papa por método de lager dieron una media de 50,02 %, difieren un poco con los resultados obtenidos por Pacheco (2001) con la misma variedad de almidón 39 %, teniendo diversificaciones en el uso de enzimas de diferente industria. Debido a las enzimas adquiridas alfa amilasa presenta un rango de pH de la enzima correspondiente a 7,5 – 8,2 mientras el rango de pH presentado por Pacheco es de 7,0 – 8,2.

El rendimiento de almidón resistente es similar al descrito por Vera (2018) pues en su investigación "Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos" nos indica que el contenido de almidón de papa está entre un rango del 20% por cada 100 g de almidón natural, de igual manera detalla el contenido de AR del arroz el cual se encuentra en rangos de referencia de 18 a 22 %.

En los sólidos solubles °Brix utilizando pulpa de maracuyá como un factor constante en todos los tratamientos no hubo diferencias significativas entre ellos manteniéndose dentro de un rango de 12 °Brix, pero según Vargas (2000) los grados brix presentes en su investigación aumentó en la bebida con adición de pulpa de mora a 22 °Brix, debido a que a esta bebida se le adiciona una mermelada que aumenta los sólidos solubles presentes, indicando que hay un mayor porcentaje de azúcares expresados como sacarosa en porcentaje peso / volumen en esta bebida lo que puede mejorar su sabor y textura. También se cumplió con la norma NTE INEN 2 337:2008, la cual

especifica que los valores permisibles para una bebida elaborada con pulpa de maracuyá deben ser de 12 °Brix teniendo en cuenta los factores constantes del estudio.

La viscosidad en el mejor tratamiento tuvo una media de 3,19 (mPa\* s) en el mejor tratamiento debido a la poca cantidad de almidón resistente de papa presente en este tratamiento, a diferencia de Rojas (2012) quien en su investigación, desarrollo y caracterización de una bebida de avena con almidón de papa obtuvo una viscosidad de 16,7 (mPa\*s), lo que afirma que el uso de almidón natural o resistente de papa genera una viscosidad adicional en la bebida.

Cabrera (2015) en su investigación obtuvo una viscosidad menor en almidones de banano inmaduro de la especie *Musa sapientum L* realizando siendo 265 mPa\*s este análisis se realizó a una temperatura de 95 °C la cual es muy superior a la utilizada (20 °C) esto debido a que la estructura del almidón de banano puede soportar temperaturas que sobrepasan los 70 °C sin perder su estructura química, por lo tanto, puede ser un buen sustituto para mejorar la textura de los alimentos.

La viscosidad de la bebida aumento a 136,10 mPa\*s cuando la concentración de 20% AR (papa) + 0% AR (arroz) se incrementó, lo que sugiere que la adición de este (AR papa) aumenta la viscosidad considerablemente del producto final aplicando 3 ciclos de enfriamiento/calentamiento (AR papa y AR arroz) a temperatura max: 40,50,60 °C, temperatura min: 20,15,10 °C, a diferencia del de arroz el cual aumento la viscosidad de forma constante en la bebida, datos que se puede apreciar en la tabla 22, pero en el estudio denominado "Almidón resistente y propiedades fisicoquímicas de las harinas y de tortilla de maíz refrigeradas a distintos tiempos de almacenamiento" utilizó 4 °C de enfriamiento y una temperatura máxima de 70 °C teniendo una viscosidad de 2302,94 mPa\*s datos que sugieren que el almidón resistente de las harinas o maíz tiene un efecto gelificante superior (Villegas, 2021).

El análisis del efecto prebiótico en la bebida con almidón resistente de arroz mostró un crecimiento exponencial inicial tanto de bacterias homofermentativas como heterofermentativas hasta el día 3, explicado por la rápida disponibilidad de azúcares simples presentes en la formulación. Sin embargo, a partir del día 6, las bacterias heterofermentativas no lograron adaptarse al sustrato más complejo, evidenciando su desaparición progresiva, mientras que las homofermentativas pudieron metabolizar el almidón resistente, permitiendo un crecimiento sostenido hasta el día

9. En contraste, en el blanco, donde no se incluyó almidón resistente, se observó un predominio inicial exclusivo de bacterias homofermentativas, y un rápido agotamiento de los azúcares simples, lo que limitó su crecimiento a largo plazo. Este comportamiento también fue reflejado en el pH y la acidez del medio, donde la bebida con almidón resistente de arroz mostró un descenso gradual del pH hasta valores de 4.0 y un aumento progresivo de acidez (1.3 g/L), asociado con la actividad metabólica prolongada de las bacterias homofermentativas. Por otro lado, en el blanco, el pH descendió rápidamente y la acidez se estabilizó tempranamente (1.1 g/L), sugiriendo una fermentación limitada a las primeras etapas. Finalmente, los grados Brix disminuyeron de 20° a 6° en la bebida con almidón resistente de arroz y a 4° en el blanco, lo que indica un mayor aprovechamiento del almidón resistente como fuente de energía prolongada en la bebida con almidón resistente de arroz. Según lo reportado por Diamanti (2021), el almidón resistente actúa como un sustrato fermentable selectivo, permitiendo el crecimiento de bacterias beneficiosas como las homofermentativas, las cuales producen metabolitos como el ácido láctico y ácidos grasos de cadena corta, beneficiando al ambiente microbiano intestinal y modulando positivamente el pH. Estos resultados sugieren que la inclusión de almidón resistente favorece el efecto prebiótico, evidenciado en el crecimiento sostenido de bacterias homofermentativas y en la estabilización prolongada del medio fermentativo.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La mejor metodología para la determinación de almidón resistente es el método de hidrólisis ácida (HCL) debido a la capacidad de este procedimiento para romper las estructuras complejas de los almidones y liberar el almidón resistente de manera más efectiva. La hidrólisis ácida implica el uso de ácido clorhídrico (HCL), que descompone las uniones químicas en el almidón, liberando así una mayor cantidad de almidón resistente en comparación con otros métodos como la autoclave.
- Los resultados del análisis del contenido de almidón resistente en muestras de papa y arroz, sometidas a hidrólisis con ácido clorhídrico (HCL) mostraron un mayor contenido de almidón resistente de papa, a diferencia del arroz el cual se vio muy limitado en la concentración de almidón resistente siendo este el menor viable para el uso y desarrollo de productos alimenticios con efecto prebiótico.
- La variabilidad de los resultados de hidrólisis por ácido clorhídrico (HCL) podría estar relacionada con las distintas condiciones de temperatura y pH utilizadas en cada tratamiento, lo cual afecta la eficiencia de la reacción enzimática, la manipulación de las condiciones de procesamiento influye significativamente en la producción de almidón resistente.
- En la producción de almidón resistente, se determinó la importancia de ajustar las condiciones de procesamiento según la fuente de almidón. En conjunto, estos hallazgos resaltan la necesidad de una formulación específica y cuidadosa en la producción de alimentos con el objetivo de controlar y optimizar los niveles de almidón resistente.

- La reometría de pulso permitió registro datos de viscosidad en función del tiempo y la frecuencia del pulso. El análisis de estos datos proporcionó información detallada sobre el comportamiento viscoso de la bebida prebiótica, facilitando la comprensión de cómo los almidones resistentes afectan su viscosidad en situaciones dinámicas observando que el contenido de almidón resistente de arroz generó un aumento significativo en la viscosidad de la bebida, evidenciando su capacidad para modificar las propiedades reológicas.
- El almidón gelatinizado de papa mostró un incremento moderado en la viscosidad, indicando que tiene un impacto menor en comparación con el almidón resistente de arroz, por lo tanto, es importante considerar las propiedades específicas de los almidones resistentes en la formulación de bebidas prebióticas, ya que pueden tener efectos variables en la viscosidad, lo que podría influir en la experiencia sensorial y la aceptabilidad del producto final.
- Los ciclos de calentamiento y enfriamiento no solo potencian el contenido de almidón resistente, sino que también influyen en la alteración de su acidez. Este fenómeno se debe a las temperaturas a las que los almidones son sometidos durante estos procesos, lo que no solo impacta en la composición nutricional, sino que también puede tener efectos notables en la textura y la palatabilidad del producto resultante.
- Se pudo concluir, según los resultados estadísticos que los tratamientos con almidón resistente de papa o arroz no exhibieron diferencias significativas en los parámetros evaluados color, sabor, aroma, textura y apariencia. La asignación de letras iguales a las medias sugiere que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de estos aspectos específicos. Concluyendo que la adición de almidón resistente ya sea de papa o arroz, no afecta adversamente las características organolépticas de la bebida.
- El presente estudio demostró que la bebida con almidón resistente de arroz favorece el crecimiento sostenido de bacterias homofermentativas, evidenciando su efecto prebiótico. Inicialmente, tanto las bacterias homofermentativas como las heterofermentativas mostraron un crecimiento exponencial hasta el día 3 debido a la disponibilidad de azúcares simples; sin

embargo, a partir del día 6, las bacterias heterofermentativas no lograron adaptarse al medio, mientras que las homofermentativas continuaron creciendo al metabolizar el almidón resistente como fuente de energía. En contraste, el blanco, que carecía de almidón resistente, mostró un crecimiento limitado a etapas tempranas, con una rápida disminución del pH y estabilización de la acidez, lo que limitó el desarrollo bacteriano a largo plazo. Además, el comportamiento de los grados Brix confirmó un mayor consumo gradual de azúcares en la bebida con almidón resistente, reflejando la actividad metabólica prolongada de las bacterias homofermentativas. Estos resultados permiten concluir que la adición de almidón resistente no solo prolonga la fermentación, sino que promueve un entorno favorable para el crecimiento de bacterias beneficiosas, demostrando así su potencial efecto prebiótico.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Es de vital importancia implementar procedimientos rigurosos de esterilización en todos los elementos y equipos empleados en el proceso de extracción de almidón resistente. Dada la notable susceptibilidad de este compuesto a la contaminación microbiológica y su propensión a degradarse en un corto período de tiempo, la adopción de prácticas estériles no solo garantiza la integridad del producto final, sino que también asegura la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados obtenidos en el análisis de almidones resistentes. Este enfoque meticuloso y técnico en la esterilización contribuye significativamente a la validez y calidad de los datos generados en la investigación.
- Se destaca la relevancia de gestionar con precisión las temperaturas durante el proceso de gelatinización del almidón, evitando exceder los límites críticos de 60°C en el caso de la papa y 70°C en el caso del arroz. Este cuidado se fundamenta en la respuesta del almidón ante elevadas temperaturas, donde existe la posibilidad de que experimente un aumento en su volumen y, simultáneamente, experimente la degradación de su estructura química intrínseca. Mantener un control estricto sobre las condiciones de temperatura durante la gelatinización es esencial para preservar la integridad molecular del

almidón, asegurando así la obtención de resultados precisos y consistentes en el contexto del estudio de almidones resistentes.

- Se sugiere realizar un análisis comparativo más detallado de los métodos de determinación de contenido de almidón resistente, considerando factores adicionales como la viabilidad a escala industrial, la eficiencia en términos de tiempo y costo, así como la reproducibilidad de los resultados. Además, sería beneficioso explorar otras técnicas analíticas para evaluar la calidad del almidón resistente producido, garantizando una comprensión completa de sus propiedades y aplicaciones potenciales.
- Es crucial seleccionar fuentes ricas en este compuesto, como papas o plátanos verdes o arroz. Lava y pela adecuadamente la fuente para eliminar impurezas. Experimenta con métodos que conserven la estructura original del almidón, como ciclos controlados de enfriamiento y calentamiento. Permite un periodo de almacenamiento después del procesamiento para favorecer la formación de almidón resistente. Realiza análisis para cuantificar el contenido y ajusta los métodos según los resultados. Consulta la literatura científica para obtener información detallada sobre condiciones y métodos específicos. La experimentación y pruebas son esenciales para encontrar la combinación óptima que genere el máximo almidón resistente.
- Para futuros estudios y aplicaciones del efecto prebiótico del almidón resistente de arroz, se recomienda mantener condiciones de incubación controladas, especialmente la temperatura a 33 °C y el tiempo de incubación a 72 horas, para asegurar un crecimiento óptimo de las bacterias ácido-lácticas. Además, se sugiere monitorear con mayor precisión los parámetros fisicoquímicos, como el pH, la acidez titulable y los grados Brix, utilizando equipos calibrados y muestreos más frecuentes, lo que permitiría un análisis más detallado del metabolismo bacteriano en diferentes etapas. También sería beneficioso aumentar el tamaño de muestra y realizar replicaciones adicionales del experimento para reducir la variabilidad de los resultados y reforzar la evidencia del efecto prebiótico. Finalmente, se recomienda evaluar la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como el butirato, para complementar el análisis del impacto metabólico y funcional del almidón resistente en el crecimiento bacteriano.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- M. Ramos., Aguilera., (eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN-Valle de Santiago, Guanajuato, 2017.
- VILLARROEL, Pía; GOMEZ, Camila; VERA, Camila y TORRES, Jairo. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. Rev. chil. nutri. 2018, vol.45, pp.271-278.
- Basantes, F., Albuja, M., y Vélez, A. (2019). Caracterización de la Cadena Agro productiva de la papa y su fluctuación de los precios en mercados mayoristas de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. Economía Agraria. Vol.19, 18–30.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (2018). Estadísticas agropecuarias – ESAG. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC.
- Polit Angela, 2007 Producción y comercialización de arroz con leche, en el mercado local e internacional: Escuela superior politécnica del litoral Recuperado de: [ARROZ CON LECHE ULTIMO CORREGIDO.pdf \(espol.edu.ec\)](#)
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. A UNICEF Improving Child Nutrition: The achievable imperative for global progress 2021. Recuperado de: [1376006862.pdf \(oda-alc.org\)](#).
- León-Méndez, G., León-Méndez, D., Monroy-Arellano, M. R., Espriella-Angarita, S. D. L., & Barros, A. H.-. (2020). Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 39(5), 620-626.
- Loor, K., & Santacruz, S. (2013). EFECTO DE VARIOS CICLOS DE ENFRIAMIENTO/CALENTAMIENTO EN EL CONTENIDO DE ALMIDÓN RESISTENTE TIPO III EN ALMIDONES DE CANNA EDULIS KER (ACHIRA) Y SOLANUM TUBEROSUM (PAPA). 30.

Fernandez E, 2015 Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche: Nutrición hospitalaria: Madrid – España (Pp 93-95) Recuperado de: [09revision09.pdf \(isciii.es\)](http://www.isciii.es/09revision09.pdf).

Dr. Waldo E. Nelson A, 2019. Trastornos Nutritivos. Tratado de Pediatría. Tomo I, cuarta edición, página 401 Recuperado de: <http://www.bvs.hn/RHP/pdf/1967/pdf/Vol3http://www.bvs.hn/RHP/pdf/1967/pdf/Vol3-2-1967-7.pdf2-1967-7.pdf>

Muñoz Pablo, 2021 Factores asociados a la desnutrición crónica infantil en Ecuador. estudio basado en modelos de regresión y árboles de clasificación. Recuperado de: [Perfiles26Art3.pdf \(esPOCH.edu.ec\)](http://www.esPOCH.edu.ec/Perfiles26Art3.pdf)

Burgos Rosa, 2013 Nutrición Hospitalaria, Desnutrición y enfermedades; Grupo aula médica, Madrid – España (pp. 10 - 23). Recuperado de: [Redalyc. Desnutrición y enfermedad](http://www.redalyc.org/Desnutricion-y-enfermedad)

Nutrinet 2018, Desnutrición crónica infantil grave: Quito – Ecuador (pp. 102 - 150) Recuperado de: <https://web.archive.org/web/20120110174934/http://ecuador.nutrinet.org/noticias/80/306-desnutricion-infantilproblema-grave-tras-cuya-solucion-el-pais-corre?format=pdf>

Santillan-Urquiza, E., Mendez-Rojas, M. A., & Vélez-Ruiz, J. F. (2014). Productos lácteos funcionales, fortificados y sus beneficios en la salud humana. Temas selectos de ingeniería de alimentos.

Abera, S.; Rakshit, S. K. Comparison of physicochemical and functional properties of cassava starch extracted from fresh root and dry chips. Starch/Stärke. 2003. 55: 287-296.

Atwell, W. A.; Hood, L. F.; Linbeck, D. R.; Varriano-Marston, E.; Zobel, H. F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. Cereal Foods World. 1988. 33(3): 306-311.

Biliadis, C. G. Structures and phase transitions of starch polymers. En: Polysaccharide association structures in food. Walter, R. H. (Editor). New York: Marcel Dekker, Inc. 1998, pp. 57-168.

Miles, M. J.; Morris, V. J.; Orford, P. D.; Ring, S. G. The roles of amylose and amylopectin in gelatinization and retrogradation of starch. Carbohydrate Research. 1985. 135: 271-281.

Andre, C.M., Ghislain, M., Bertin, P., Oufir, M., Herrera Mdel, R., Hoffmann, L., Hausman, J.F., Larondelle, Y., Evers, D.J. (2007). Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. *Agric. Food Chem.*, 55(2), 366–378.

Belobrajdic, D.P., King, R.A., Christophersen, C.T., Bird, A.R. (2012). Dietary resistant starch dose-dependently reduces adiposity in obesity-prone and obesity-resistant male rats. *Nutr Metab (Lond)*, 9, 93

Basantes, F., Albuja, M., y Vélez, A. (2016). Caracterización de la Cadena Agroproductiva de la papa y su fluctuación de los precios en mercados mayoristas de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. *Economía Agraria*. Vol.19, 18–30

Bolaños, A. (2015). Evaluación de diferentes orígenes de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) provenientes de tres sistemas de producción en dos localidades de la sierra ecuatoriana. (Ingeniería Agronómica). Universidad Central del Ecuador. Ecuador.

Cortés, G. (2017). Análisis del comportamiento de los principales actores de comercialización mayorista de hortalizas bajo el enfoque de un modelo de subasta. En III Congreso de Economía Agrícola y Agronegocios, (p.24). Costa Rica: UCR

Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (2016). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Reportado en [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf)

Salas Jiménez, J. C., Quesada Carvajal, H. (2006): "Impacto ambiental del manejo de desechos sólidos ordinarios en una comunidad rural. *Tecnología en Marcha*. Vol. 19-3 - 2006. Disponible en: [http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial\\_tecnologica/Revista\\_Tecnologia\\_Marcha/pdf/tecnologia\\_marcha\\_19-3/revista\\_19-3\\_pag\\_09-16.pdf](http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha_19-3/revista_19-3_pag_09-16.pdf)

Adaptado de "Methods for Sensory Analysis in Food Science" por J. Delarue, C. Ares y M. Stone, 2019).

Aditivos en lacteos andres zambrano. (2012, agosto 26). SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/aditivos-en-lacteos-andres-zambrano/14078663>.

Cobana, M. (2007). PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA POR VÍA.

Dergal, S. B. (s. f.). Química de los alimentos.

León-Méndez, G., León-Méndez, D., Monroy-Arellano, M. R., Espriella-Angarita, S. D. L., & Barros, A. H.-. (2020). Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 39(5), 620-626.

Loor, K., & Santacruz, S. (2013). EFECTO DE VARIOS CICLOS DE ENFRIAMIENTO/CALENTAMIENTO EN EL CONTENIDO DE ALMIDÓN RESISTENTE TIPO III EN ALMIDONES DE *CANNA EDULIS* KER (ACHIRA) Y *SOLANUM TUBEROSUM* (PAPA). 30.

Martínez, J., Hernández, J., & Arias, A. (2017). Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de arroz (*Oryza sativa* L) blanco e integral Physicochemical and functional properties of white and brown rice (*Oryza sativa* L) starch. *Alimentos Hoy*, 25(41), 15-30.

Molina Vazquez, M. (2019). Caracterización de almidón extraído del cotiledón de tres variedades de mangifera indica L. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/2338>.

Pineda-Gómez, P., Coral, D. F., Arciniegas, M. L., Rorales-Rivera, A., & Rodríguez García, M. E. (2010). Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: Estudio por calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería y Ciencia*, 6(11), 129-141.

Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., Mejía-España, D. F., Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., & Mejía-España, D. F. (2019a). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información tecnológica*, 30(6), 35-44. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>.

Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., Mejía-España, D. F., Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., & Mejía-España, D. F. (2019b). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información tecnológica*, 30(6), 35-44. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>.

Villalobos, M., & López, M. (s. f.). Obtención de almidón a partir de los residuos de papa del mercado Abastos.

Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., Torres, J., Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE ALIMENTOS**  
**ACTA**  
**DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

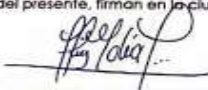
ESTUDIANTE:	MOLINA SALAZAR JOHANN ALEXANDER	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401335801
PERIODO ACADÉMICO:	2023B		
PRESIDENTE TRIBUNAL	MSC. MIGUEL ANGEL ANCHUNDIA LUCAS	DOCENTE TUTOR:	MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA
DOCENTE:	MSC. SANTIAGO ROJAS		
TEMA DEL TIC:	"Evaluación de una bebida láctea probiótica a base de almidones resistentes de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) y arroz ( <i>Oryza sativa</i> )"		


No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7,67	Verificar hipótesis.
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7,67	Mejorar la información de acuerdo a las observaciones.
3	METODOLOGÍA	7,67	Revisar metodología, los diagramas de flujo.
	RESULTADOS	6,67	Revisar la parte estadística, la separación de los almidones resistentes y revisar la parte probiótica.
5	DISCUSIÓN	6,33	Revisar en base a las observaciones de los resultados.
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7,00	Revisar que debe tener al menos una conclusión por objetivo.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	6,67	Manejar los argumentos referentes al tema planteado.
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Revisar ortografía, norma APA y redacción.


Conociendo una nota de: **7,37** Por lo tanto, **APRUEBA** : debiendo el o los investigadores acotar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **miércoles, 17 de abril de 2024**

  
 MSC. MIGUEL ANGEL ANCHUNDIA LUCAS  
 PRESIDENTE TRIBUNAL

  
 MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA  
 DOCENTE TUTOR

  
 MSC. SANTIAGO ROJAS  
 DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND  
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
<b>NAME:</b> Molina Salazar Johann Alexander <b>DATE:</b> Miércoles, 19 de marzo de 2025 <b>Topic:</b> Evaluación de una bebida láctea prebiótica a base de almidones resistentes de papa ( <i>Solanum Tuberosum</i> ) y arroz ( <i>Oryza Sativa</i> ). <b>MARKS AWARDED</b> <span style="float: right;"><b>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE</b></span>				
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	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 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>WRITING COHESION</b>	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.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>ARGUMENT</b>	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 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>CREATIVITY</b>	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 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	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 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		<b>TOTAL 9</b>	



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

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

**Autor:** Molina Salazar Johann Alexander

**Fecha de recepción del abstract:** Martes, 18 de marzo de 2025

**Fecha de entrega del informe:** Miércoles, 19 de marzo de 2025

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:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



**MA. Martha Viveros**  
Docente responsable del  
CIDEN

### Anexo 3. Hojas de captación utilizadas en la evaluación sensorial



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CACHI**  
**FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL**  
**PRUEBA DE NIVEL DE ACEPTACIÓN DE ESCALA HEDÓNICA**

Género: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Producto:** Evaluación de una bebida láctea prebiótica a base de almidones resistentes de papa (~~Solanum Tuberosum~~) y arroz (~~Oryza Sativa~~).

**Indicaciones:** Por favor pruebe la muestra que se le proporciona e indique su nivel de agrado en cuanto a los atributos presentados de acuerdo con la siguiente escala:

**Tabla 1. Escala hedónica de 7 puntos para la evaluación sensorial.**

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

**Tabla 2. Parámetros de evaluación para las siguientes muestras.**

Muestra	COLOR	SABOR	AROMA	TEXTURA	APARIENCIA
138					
146					
619					
804					
247					

Observaciones:

---

---

Calle Antisana y Av. Universitaria  
Telf: (06) 2980837 - 2984435  
info@upec.edu.ec  
www.upec.edu.ec  
Tulcán - Ecuador

#### Anexo 4. Ficha técnica Bacterias Acido Lácticas (Yomix 833)

 Insumos y tecnología para la industria alimentaria	FICHA TECNICA YO-MIX 883 LYO 50 DCU	CI - 260 / 02
		Versión 001
		Página 1 de 4
		Fecha de Emisión: 18-04-13

### **DANISCO**

#### **Descripción**

Mezcla de cepas definidas de bacterias lácticas para inoculación directa en la leche, bases lácteas y otras aplicaciones.  
Cultivo liofilizado.

#### **Áreas de aplicación**

Lácteos.

#### **Beneficios**

Producción.

#### **Dosis**

Leche fermentada	10 - 20 DCU/100 l de leche
Yogurt	10 - 20 DCU/100 l de leche
Leche fermentada	38-75 DCU/100 galones de leche de cuba
Yogurt	38-75 DCU/100 galones de leche de cuba

Las cantidades de inoculación indicadas deben considerarse como orientativas.

#### **Instrucciones de uso**

Antes de la apertura desinfectar el sobre con agua esterilizada o con otro producto apropiado (en caso necesario secar con una servilleta de papel).

Una vez el sobre abierto, añadir el cultivo directamente en la mezcla pasteurizada. Agitar durante aproximadamente 30 minutos a baja velocidad.

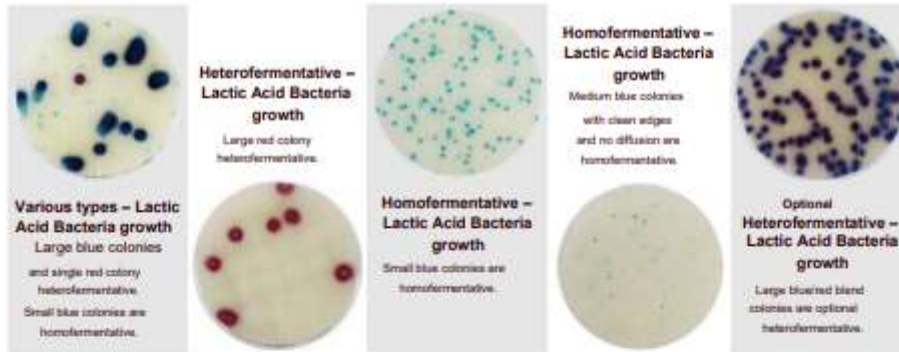
Temperatura de incubación aconsejada: 35 - 45°C (95-113°F), dependiendo del tiempo fijado deseado por el productor.

#### **Composición**

Streptococcus thermophilus  
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus  
Vehículo:  
Sacarosa  
Maltodextrinas

## Anexo 5. Ficha técnica de placas utilizadas para medición del efecto prebiótico

### Analysis of Results

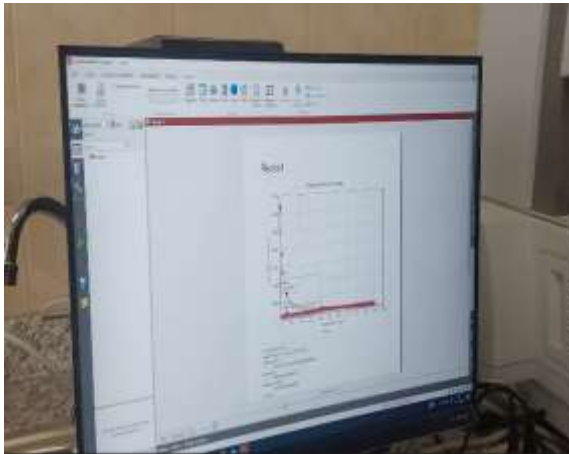


- At the end of incubation, observe plates for blue or red colonies as viewed through the clear side of plate.
- Larger colonies with tiny bubbles on edges are gas producing LAB. These bubbles can vary in size depending on time of incubation but are larger and edges more diffuse than smaller non-gas producing LAB.
- At the end of incubation, all blue and red colonies are presumptive lactic acid bacteria microorganisms. Count the total number of colonies on the plate and report as total Colony Forming Units (CFU) per plate. Multiply CFU/plate by any preparation dilution.
- In case of spreading bacteria, score a single CFU for each spot within the spread growth. Blended colonies are scored as a single CFU.
- Counts of 25 to 100 CFU/mL for heterofermentative LAB or 25 to 250 CFU/mL for homofermentative LAB are considered quantitative results. Counts outside that range are considered estimates.
- Samples with results outside quantitative range should be diluted and retested.
- An estimated count of plates with Too Numerous To Count (TNTC) may be done using the etched grids. Pick a 1 cm grid with representative growth and count, or pick 5 grids and take average, and multiply by 17.4, the area of the plate. This is the estimate of the counts per plate. This would then be multiplied by the dilution factor for CFU/mL or g sample.

#### Optional Peel Plate Colony Counter:

- Insert completed test into the Peel Plate Colony Counter. Identify the plate as "Peel Plate LAB".
- Enter sample identity or verify identity has been populated.
- Press COUNT and CFU/mL will be displayed and recorded into memory with time/date. For more information, refer to Peel Plate Colony Counter instructions.

## Anexo 6. Evidencias



**Figura 27.** Programa utilizado en el reómetro de pulso



**Figura 28.** Configuración del reómetro de pulso



**Figura 29.** Potenciómetro utilizado medición de pH



**Figura 30.** Refractómetro utilizado medición de °Brix



**Figura 31.** Medición de Acidez Titulable



**Figura 32.** Almidón Gelatinizado



**Figura 33.** Solución de  $\text{Na}(\text{OH})$   
0,1 N



**Figura 34.** Bacterias ácido  
lácticas Yomix 833



**Figura 35.** Almidón de papa



**Figura 36.** Almidón de arroz