

**Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de un yogur con quinua
germinada (*Chenopodium quinoa willd*) proveniente de Cundinamarca**

Marlon Enrique Mendieta Rodríguez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Ingeniería de Alimentos

Bogotá

2023

Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de un yogur con quinua germinada (*chenopodium quinoa willd*) proveniente de Cundinamarca

Marlon Enrique Mendieta Rodríguez

Proyecto de Investigación Presentado como Requisito para Obtener el Título de:

Ingeniero de Alimentos

Director (A)

Ibeth Rodríguez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Ingeniería de Alimentos

Bogotá

2023

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

Dedicado a mis hijos Emmanuel y Nicol, quienes han sido el motor que impulsa mi deseo de alcanzar nuevas metas, siendo para ellos ejemplo de superación, constancia y esfuerzo.

A mis padres Gloria y Enrique quienes me enseñaron los valores que son el pilar fundamental de los que soy como ser humano.

Y a mi abuela Carmen y mi tía Rosa por abrir el camino a mi superación personal y ser esa constante voz de aliento, que no me permitió desfallecer en los momentos difíciles de la vida.

Agradecimientos

Al culminar esta etapa tan importante de mi vida, y donde el esfuerzo y la constancia fueron el combustible que me permitió avanzar en el logro de los objetivos que me propuse al iniciar la ingeniería de alimentos. Doy gracias a Dios porque me permitió despertar cada día para continuar paso a paso en la construcción de lo que seré como profesional en el futuro.

Agradezco a la docente Ibeth Rodríguez por su paciencia, su constante apoyo, sus enseñanzas y el empeño en hacer de mi un profesional y un ser humano integro al momento de ejercer mi profesión. Por ser ese ejemplo de profesional, por su alto grado de responsabilidad y entrega al momento de impartir sus conocimientos. Gracias infinitas por ser mi directora de tesis y darme la oportunidad de fortalecer mis conocimientos y poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de mi carrera.

Agradezco a las tutoras Ruth Mary Benavides y Norma Jurado por brindarme sus conocimientos, por su apoyo constante tanto en mi proyecto de grado como a lo largo de mi carrera, gracias por ser ejemplo de constancia, responsabilidad y pasión al momento de ejercer su tarea como docentes.

Agradezco al equipo de docentes del grupo de investigación GIEPRONAL y al semillero de investigación CITECAL por permitirme desarrollar este proyecto y apoyar el crecimiento académico de todos y cada uno de los estudiantes que hacemos parte de este semillero.

Por último, agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, por abrirme el espacio para formarme como ingeniero de alimentos y prestar sus instalaciones y recursos para adquirir los conocimientos que me permitirán desempeñarme como profesional al culminar esta etapa de mi vida.

Tabla de contenido

Lista de tablas	10
Lista de figuras.....	11
Introducción	16
Objetivos	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos.....	19
Marco Teórico Conceptual	20
Yogur.....	20
Características fisicoquímicas	20
pH 6,7 a 6,0.....	20
pH 6,0 a 5,0.....	21
pH 5,0	21
Acidez	21
Características Bioquímicas	21
Bacterias lácticas	23
Proceso de elaboración.....	24
Estandarización.....	24
Homogenización	24
Tratamiento Térmico (Pasterización)	25
Fermentación	25
Refrigeración y Almacenamiento	26

Características de calidad	26
Viscosidad	26
Sinéresis.....	27
Textura.....	27
Color	28
Viabilidad	28
Norma NTC 805.....	29
Quinoa.....	31
Composición de la quinua.....	31
Producción en Colombia y problemática del desarrollo tecnológico.....	32
Proceso de malteado.....	33
Metodología	34
Materiales y metodología	34
Obtención de harina de quinua estándar	35
Germinación	35
Malteado	35
Formulación.....	36
Elaboración del yogur.....	36
pH	39
Acidez Titulable	39
Proteína.....	39
Grasa	39

Recuento de bacterias ácido lácticas	39
Características sensoriales	40
Color.....	40
Viscosidad.....	40
Sinéresis	40
Análisis estadístico.....	41
Diseño experimental de la estabilidad en el tiempo.....	41
Resultados.....	42
Cinética de fermentación.....	42
Recuento de bacterias ácido-lácticas.....	46
Comportamiento de proteína y grasa en la fermentación.....	47
Características fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado.....	48
Características sensoriales del producto terminado	49
Seguimiento de acidez en el tiempo.....	51
Seguimiento de pH en el tiempo	52
Seguimiento de recuento de bacterias ácido lácticas en el tiempo.....	53
Seguimiento de Sinéresis en el tiempo.....	54
Parámetros técnicos y de diseño Balance de materia y energía base de cálculo 100 kg	57
Balance de materia	58
Balance de energía	61
Ficha técnica.....	64

Tabla nutricional	66
Conclusiones	67
Recomendaciones	68
Bibliografía	69

Lista de tablas

Tabla 1. Requisitos fisicoquímicos mínimos y máximos de las leches fermentadas.....	29
Tabla 2. Requisitos de bacterias viables lácticas totales al final de la vida útil.....	30
Tabla 3. Requisitos de bacterias lácticas probióticas al final de la vida útil.....	30
Tabla 4. Composición nutricional de la quinua en 100g	34
Tabla 5. Formulación para la elaboración de yogurt	36
Tabla 6. Diseño experimental	41
Tabla 7. Proteína en mezcla sin fermentar y fermentada.....	47
Tabla 8. Características fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado	48
Tabla 9. Características de color en producto terminado.....	50
Tabla 10. Características fisicoquímicas en el tiempo.....	55
Tabla 11. Balance de materia en mezcla.....	58
Tabla 12. Balance de materia en la pasteurización	58
Tabla 13. Balance de materia en el enfriamiento.....	59
Tabla 14. Balance de materia en la inoculación	59
Tabla 15. Balance de materia en la fermentación	60
Tabla 16. Balance de materia en la refrigeración	60
Tabla 17. Balance de energía en la pasteurización	61
Tabla 18. Balance de energía en la fermentación	62
Tabla 19. Balance de energía en la refrigeración.....	63
Tabla 20. Ficha técnica yogur con adición de harina de quinua	64
Tabla 21. Tabla nutricional bebida láctea fermentada	66

Lista de figuras

Figuras 1. Diagrama de proceso elaboración del yogurt.....	12
Figuras 2. Cinética de fermentación yogurt control.....	42
Figuras 3. Cinética de fermentación yogurt con quinua	43
Figuras 4. Cinética de fermentación yogurt con quinua germinada	44
Figuras 5. Recuento de bacterias acidolacticas en la fermentación	46
Figuras 6. Evaluación de la acidez en el tiempo	52
Figuras 7. Evaluación de pH en el tiempo	53
Figuras 8. Recuento de bacterias acidolacticas en el tiempo	54
Figuras 9. Diagrama de flujo balance de materia y energía.....	57

Resumen

Este proyecto fue enfocado en determinar las características fisicoquímicas y de viabilidad en una bebida fermentada con quinua germinada (*Chenopodium quinoa Willd*) provenientes del departamento de Cundinamarca. Se evaluó el comportamiento de la cinética de fermentación de formulaciones de yogurt con inclusión de harina de quinua malteada y sin maltear. Para esto se realizó un comparativo de un yogur de control (YC) y los dos tratamientos con adición de harina de quinua, una sin maltear y la otra malteada (YQ y YQG), para poder determinar cuál de los dos tratamientos mostraba un mejor comportamiento en sus características fisicoquímicas y microbiológicas. Los porcentajes de adición de harina de quinua para los dos tratamientos fue el mismo 1,5 %. Se determinó que los dos tratamientos YQ y YQG cumplen con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en su etapa de fermentación según la Norma Técnica Colombiana NTC 805, de igual manera estos valores están acordes a valores reportados en otros estudios, los tiempos de fermentación para los dos tratamientos fueron de 2 horas 20 minutos. Se determinó que hay un incremento en la proteína y grasa de los dos tratamientos después de su etapa de fermentación para esto se evaluaron valores de proteína y grasa antes y después de la fermentación. Se realizaron análisis sensoriales de color, viscosidad y sinéresis en el día 0, mostrando un comportamiento acorde a otros estudios consultados. Se realizó seguimiento de estabilidad y viabilidad al tratamiento YQ ya que este mostro un mejor comportamiento en los valores de proteína, grasa y bacterias ácido lácticas en conjunto para el día 0. En las características microbiológicas y fisicoquímicas, en la estabilidad y la viabilidad del tratamiento, este mostró estabilidad en el comportamiento de acidez y pH manteniéndose dentro de los valores exigidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 805 de igual forma el comportamiento del recuento de bacterias ácido lácticas en el tiempo se mantuvieron estables y conforme a la

norma. En el caso de la sinéresis el comportamiento del tratamiento mostró una tendencia similar a la reportada en otros estudios, la viscosidad aumentó gradualmente desde el día 0 hasta el día 10, al día 21 la viscosidad del producto disminuyó gradualmente, lo que se relaciona con el comportamiento de la sinéresis, que disminuyó al llegar al día 10 y se incrementó el día 21. Por último, se determinaron parámetros técnicos y de diseño de un prototipo de yogur con quinua. Se estableció una base de cálculo para producir 100 Kg del yogur. Se realizó un balance de materia y energía para determinar las mermas del producto, así como el diseño de una ficha técnica teniendo en cuenta los resultados obtenidos y el cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana NTC 805 y la tabla nutricional según la resolución 810 de 2021 referente a la reglamentación técnica sobre los requisitos de etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano.

Palabras claves: Quinua germinada, bacterias ácido lácticas, cinética de fermentación, acidez, pH.

Abstract

This project was focused on determining the physicochemical and viability characteristics of a fermented beverage with germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) from the department of Cundinamarca. The behavior of the fermentation kinetics of yogurt formulations including malted and unmalted quinoa flour was evaluated. For this, a comparison was made between a control yogurt (YC) and the two treatments with the addition of quinoa flour, one unmalted and the other malted (YQ and YQG), in order to determine which of the two treatments showed a better behavior in its physicochemical and microbiological characteristics. The quinoa flour addition percentages for the two treatments were the same 1.5 %. It was determined that the two treatments YQ and YQG comply with the physicochemical and microbiological parameters in their fermentation stage according to the Colombian Technical Standard NTC 805, in the same way these values are consistent with values reported in other studies, the fermentation times for the two treatments were 2 hours 20 minutes. It was determined that there is an increase in the protein and fat of the two treatments after their fermentation stage, for this protein and fat values were evaluated before and after fermentation. Sensory analyzes of color, viscosity and syneresis were carried out on day 0, showing a behavior consistent with other studies consulted. Stability and viability monitoring of the YQ treatment was carried out since it showed a better behavior in the values of protein, fat and lactic acid bacteria as a whole for day 0. In the microbiological and physicochemical characteristics, in the stability and viability of the treatment, this showed stability in the behavior of acidity and pH, remaining within the values required by the Colombian Technical Standard NTC 805, in the same way, the behavior of the lactic acid bacteria count over time remained stable and in accordance with the standard.

In the case of syneresis, the behaviour of the treatment showed a trend similar to that reported in other studies, the viscosity gradually increased from day 0 to day 10, on day 21 the viscosity of the product gradually decreased, which is related to the behaviour of syneresis, which decreased by day 10 and increased on day 21. Finally, technical and design parameters of a yogurt with quinoa prototype were determined. A calculation base was established to produce 100 kg of yogurt. A balance of matter and energy was carried out to determine the losses of the product, as well as the design of a technical sheet considering the results obtained and compliance with the Colombian Technical Standard NTC 805 and the nutritional table according to resolution 810 of 2021 regarding to the technical regulations on the nutritional labelling requirements that canned or packaged foods for human consumption must comply with.

Keywords: Germinated quinoa, lactic acid bacteria, fermentation kinetics, acidity, pH.

Introducción

La situación de la producción y distribución de alimentos en el mundo presenta grandes desafíos, para los cuatro pilares de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, consumo y utilización biológica (FAO, 2020). En este contexto, la quinua constituye un cultivo estratégico con potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y soberanía debido a los siguientes aspectos: calidad nutricional, variabilidad genética, adaptabilidad al clima, condiciones del suelo y bajo costo de producción (FAO, 2011). Este cultivo ofrece una alternativa para países con producción limitada de alimentos, que, por lo tanto, se ven obligados a importar o recibir ayuda alimentaria y tiene un alto potencial para contribuir a la alimentación, especialmente en países donde la población no tiene acceso a fuentes de proteínas o donde las condiciones de producción están limitadas por baja humedad, disponibilidad reducida de entradas y aridez (FAO, 2011).

Según Jager (2015) se han registrado experiencias de producción en Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Nariño y Santander. Durante su desarrollo, encontraron problemas en el eslabón de producción, en aspectos como: cambio climático, precipitación, temperatura (vientos y heladas), asesoría técnica especializada, equipamiento agrícola (maquinaria para siembra y otras labores agrícolas), insumos agropecuarios (biofertilizantes y bioinsumos), manejo integrado del cultivo (insectos, plagas, arvenses y enfermedades), infraestructura para postcosecha, trilla, secado y almacenamiento, registro de información y costos sobre el manejo del cultivo, mano de obra, rotación y asociatividad. En ese sentido, se identifican las siguientes oportunidades: incremento de la demanda nacional e internacional, condiciones agroecológicas favorables, interés del sector público y privado, experiencias positivas en proyectos de seguridad alimentaria, existencia de actores de la cadena. Para continuar trabajando con el rubro, hay requerimientos como: revisión de estudios e información a nivel de cada departamento.

Investigación y desarrollo en la preparación de suelos. evaluación de germoplasma y desarrollo de un programa de producción de semillas, evaluación del manejo integrado del cultivo y protección de agricultura. Evaluación de biofertilizantes y bioinsumos, evaluación de rotación y asociación de cultivos. evaluación de requerimientos hídricos, estudios económicos y desarrollo de la cadena productiva.

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un pseudocereal o un pseudograno, considerado como un cultivo agrícola multipropósito gracias a su importante valor nutritivo y su adaptabilidad a amplias condiciones agroecológicas; además, las plantas de quinua tienen la capacidad de tolerar variadas situaciones climáticas, lo que hace posible seleccionar, adaptar y cultivar variedades para una amplia gama de productos ambientales. El alto valor nutricional de las semillas de quinua se debe principalmente al contenido de proteínas y amplia gama de minerales y vitaminas. Las proteínas de la semilla son ricas en aminoácidos como lisina, treonina y metionina que son deficientes en cereales (FAO, 2013).

La quinua es una solución para aquellos que buscan alimentarse sin gluten, dado que los productos libres de gluten que están disponibles en el mercado son comúnmente considerados de baja calidad y bajo contenido nutricional. El hecho de que la quinua no contenga gluten puede resultar conveniente para las personas que sufren de enfermedad celiaca o alergias al trigo. El mercado potencial de la quinua revela la deficiencia en la oferta de las cantidades demandadas (Zuñiga, 2014).

Al igual que las propiedades nutricionales de la quinua son importantes, también los productores y transformadores. Se requiere realizar transferencia tecnológica a los productores y mejorar las capacidades de conocimiento individuales, por medio de esquemas de capacitación y

sensibilización, brindándoles el apoyo desde la concepción de los nuevos productos, la estandarización, el procesamiento acorde a la normatividad vigente capaz de cumplir con las demandas del mercado y por ende la prevalencia de la seguridad alimentaria., para promover la interacción entre productores, y actores de los sectores de acopio, procesamiento y exportación en las alianzas puntuales, a fin de mejorar el entendimiento común sobre producción, calidad y condiciones del mercado.

Partiendo de estas premisas y apoyados en otros estudios se plantea un proyecto en el que se propone la estandarización de un yogurt enriquecido con quinua, dado que se requieren productos con características nutricionales que demanda el departamento de Cundinamarca y sería un apoyo para productores y transformadores, ya que de esta manera garantizamos la comercialización de los productos derivados reduciendo el riesgo fitosanitario.

Objetivos

Objetivo general

Determinar las características fisicoquímicas y de viabilidad en bebida fermentada con quinua germinada (*Chenopodium quinoa Willd*) provenientes del departamento de Cundinamarca.

Objetivos específicos

Estudiar el comportamiento de la cinética de fermentación de formulaciones de yogurt con inclusión de harina de quinua malteada y sin maltear.

Evaluar los cambios en las características microbiológicas y fisicoquímicas, en la estabilidad y la viabilidad de un yogurt.

Determinar parámetros técnicos y de diseño de un prototipo de yogurt con quinua

Marco Teórico Conceptual

Yogur

El yogur es preparado por efecto de la fermentación que producen cultivos bacterianos tales como los *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estas fermentan la lactosa en ácido láctico dando como resultado final una estructura que se asemeja a la de un gel (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010). Dentro de los atributos físicos más relevantes a tener en cuenta se encuentran la falta de separación visual del suero y la viscosidad percibida los cuales son de vital importancia en la calidad y aceptación sensorial del mismo (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

La comprensión de los aspectos fisicoquímicos, bioquímicos y los diferentes tratamientos realizados durante su elaboración son importantes cuando se busca mejorar la calidad del yogur que se desea elaborar (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Características fisicoquímicas

En valores normales de pH de la leche, las proteínas de esta tienen un valor de carga negativa que causa una alta repulsión electrostática, hidratación de corto alcance y repulsión entre las mismas moléculas de proteína, que estabilizan las micelas de caseína. En la fermentación de las leches existen tres regiones de pH que van desde el pH 6,7 a 4,6 (Phadungath, 2005).

pH 6,7 a 6,0

La carga negativa neta de las micelas de caseína se reduce debido a la disminución del pH, dando como resultado reducción en la repulsión electrostática. Las micelas de caseína conservan en mayor proporción su tamaño estructural, porque una pequeña cantidad de fosfato de calcio coloidal es disuelto por encima de valores de pH 6,0 (Phadungath, 2005).

pH 6,0 a 5,0

La disminución del pH provoca una reducción en la ionización de las funciones ácidas de las caseínas, por lo tanto, el potencial superficial disminuye provocando aumento en la solubilidad de la sal fosfocálcica en agua, es decir el fosfato de calcio coloidal se disuelve por completo con pH alrededor de 5,0. Adicional a esto la disociación de la caseína está asociada a la temperatura y el pH. El pH máximo de disociación de la caseína a 20°C es de pH 5,2 a 5,4 (Phadungath, 2005).

pH 5,0

Cuando el pH se acerca al nivel isoeléctrico punto de caseína pH 4,6 hay una disminución en la carga negativa de la caseína, lo que conlleva una disminución en la repulsión electrostática entre las moléculas de caseína. El proceso de acidificación da como resultado la formación de una red tridimensional que consta de grupos o cadenas de caseína (Phadungath, 2005).

Acidez

La acidez titulable o real de la leche, es aquella que depende del balance de cuatro reacciones. Las tres primeras representan la acidez natural de la leche, esta se debe al equilibrio ácido-base de la caseína; a las sustancias minerales, concentración de trazas de ácidos orgánicos y reacciones secundarias de los sistemas fosfato. La cuarta es la acidez desarrollada debido al ácido láctico y a otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa que debe oscilar de 0,12 a 0,18 gramos de ácido láctico (Gonzales, 2005).

Características Bioquímicas

La leche contiene micelas (agregados proteicos de alrededor de 120nm de diámetro medio) formadas por unas 10^4 moléculas de caseína, las micelas se agregan si el pH desciende

hasta valores de 4,6 (disminuyendo así la repulsión electrostática) o se añade un enzima proteolítico que separa de las moléculas de k-caseína las porciones que protruyen hacia el disolvente (rebajando, por tanto, la repulsión esférica). Se forman así geles fractales, con una dimensionalidad fractal de alrededor de 2,3. La permeabilidad de estos geles (alrededor de $2 \cdot 10^{-13} m^2$ para la concentración media de caseína es fuertemente dependiente de la concentración, siendo aproximadamente proporcional a c^{-4} (Fennema & Tannebaum, 2014).

Los bloques de los que está formado el gel, es decir las micelas de caseína son deformables pero las uniones entre ellas son flexibles. Por ello el gel es más bien débil y deformable. En los geles de caseína formados por acidificación el esfuerzo límite de fractura es de unos 100 Pa, y la deformación a la fractura de alrededor de 1,1. El gel ácido es por tanto más quebradizo (Fennema & Tannebaum, 2014).

Estos valores dependen de las circunstancias en las que se opere, especialmente de la temperatura. El módulo de los geles de caseína aumenta al disminuir la temperatura, lo que parece extraño si se tiene en cuenta que son los enlaces hidrófobos entre las moléculas de caseína los que parecen jugar el papel fundamental en el mantenimiento de la estructura del gel, y que los enlaces hidrófobos se debilitan al descender la temperatura. Es probable que el debilitamiento de los enlaces hidrófobos al descender la temperatura conduzca al hinchamiento de las micelas y a un incremento de las áreas de contacto entre micelas vecinas y el número de enlaces por zona de unión (Fennema & Tannebaum, 2014).

A temperaturas superiores a 20°C las cuajadas enzimáticas sufren la sinéresis. Esta va acompañada de una reorganización de las redes de partículas, lo que exige que tenga lugar cierto grado de degradación. En las zonas de las que no se puede expulsar el líquido, es decir, en el

interior del gel, también hay reorganización apareciendo regiones más densas y otras más rarefactadas. Es la llamada micro sinéresis, que se acompaña de un aumento en la permeabilidad y que es responsable del estiramiento de las hebras de la red antes mencionado (Fennema & Tannebaum, 2014).

Bacterias lácticas

Son bacilos o cocos, gran-positivos, no esporulados y en general catalasa-negativos, con una amplia distribución y adaptabilidad a diferentes ambientes. Pueden producir un pH 4,0 en los alimentos con carbohidratos fermentables, inhibiendo el desarrollo de otras bacterias. Aunque son mesofílicas pueden crecer de 5-45°C (MC, 2015).

El género *Lactobacillus* se divide en tres grupos:

- a) Homofermentativos obligados (*L. acidophilus*, *L. delbrueckii* subespecie *Bulgaricus*, etc.) son termobacterias que no fermentan pentosas.
- b) Heterofermentativos facultativos (*L. casei*, *L. plantarum*, etc.) que fermentan pentosas.
- c) Heterofermentativos obligados (*L. brevis*, *L. reuteri*, etc.) que producen CO_2 de glucosa (MC, 2015).
- d) Los principales cultivos iniciadores del yogurt son una mezcla de *Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, estas bacterias crecen en simbiosis, resultando en una rápida acidificación. El *Streptococcus thermophilus* es ligeramente proteolítico, al crecer libera ácidos grasos libres y péptidos de la caseína que contribuyen al crecimiento de *Lactobacillus Bulgaricus*, el cual produce ácido fórmico y dióxido de carbono (Gonzales, 2005).

Proceso de elaboración

Las más importantes etapas de la elaboración de un yogurt son: La estandarización de la leche (Se refiere a su contenido de grasa y proteína), la homogenización, tratamiento térmico de la leche, incubación, fermentación, refrigeración y almacenamiento (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Estandarización

Es común que a la leche se le realice una mezcla con otras materias primas lácteas para garantizar el contenido de sólidos lácteos que exigen las normas y que en la mayoría de los países se encuentra entre el 8,2% y el 8,6% (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Las materias primas más utilizada para este propósito son: Leche descremada, leche en polvo, proteína de suero, concentrados de proteína de leche (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Homogenización

En la homogenización de la leche se busca que los glóbulos de grasa de esta se rompan en glóbulos de grasa más pequeños con el fin de evitar la separación durante la fermentación o el almacenamiento, de esta forma se reduce la posibilidad de que la grasa se separe del suero, aumentando la blancura y consistencia del yogur (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Durante la homogenización las caseínas y proteínas del suero forman una nueva capa superficial de glóbulos de grasa mejorando la construcción de la estructura del yogur. La homogenización garantiza aumento en la firmeza del yogur y una mayor capacidad de retención de agua (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Tratamiento Térmico (Pasterización)

La pasterización de la leche es importante en la preparación de yogur, es responsable de la microestructura y propiedades físicas del mismo (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

La leche se calienta a diferentes temperaturas y tiempos, dependiendo de su procesamiento en la industria del yogur. Se incluyen temperaturas altas que van de los 100°C a los 130°C por un periodo de tiempo de 4 a 16s. temperaturas de 140°C por un periodo de tiempo de 4 a 16s, 90°C a 95°C por un periodo de tiempo de 5min y 85°C por un periodo de tiempo de 20 a 30 min (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

La pasterización se encarga de la destrucción de microorganismos no deseados lo que garantiza menor competencia para los cultivos iniciadores, de igual forma el tratamiento ayuda a la eliminación de oxígeno disuelto el cual es sensible para el crecimiento del cultivo iniciador (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Fermentación

Posterior a la pasterización de la leche esta debe ser enfriada a la temperatura adecuada según el cultivo iniciador a utilizar para garantizar su crecimiento adecuado (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

La temperatura optima en el caso de cultivos iniciadores como son el *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, se encuentran entre los 40°C y 45°C (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Durante la fermentación la lactosa es transformada en ácido láctico que hace que el pH disminuya de 6,7 a $\leq 4,6$ (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Refrigeración y Almacenamiento

Cuando el yogur alcanza el pH establecido por la normatividad vigente este se enfría parcialmente a una temperatura de $\pm 20^{\circ}\text{C}$ antes de ser añadidos saborizantes o frutas. A menudo los yogures son almacenados a temperaturas de entre 4°C y 5°C de esta forma se estabiliza el ácido láctico y se evita el desarrollo de ácido adicional (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Características de calidad

Dentro de las características de calidad que se evalúan en las condiciones de calidad del yogur esta la reología, esta estudia la deformación y flujo de materiales alimentarios. El yogur se considera un material pseudoplástico (tiene que ser excedido su límite elástico para que se inicie el flujo), (Phadungath, 2005).

El yogurt muestra un comportamiento de adelgazamiento por cizallamiento sujeto al tiempo, este a su vez no es un material tixotrópico, debido a que el corte no es totalmente reversible una vez que el corte se detiene. Dentro de las características de la reología se evalúan variables tales como la viscosidad y la sinéresis (Phadungath, 2005).

Viscosidad

La viscosidad es una propiedad importante de los líquidos, se describe como la resistencia de los líquidos al flujo y su relación con la fricción interna del mismo. El flujo de cizallamiento en el que las capas del líquido se mueven cada una en relación con la otra, en respuesta a una fuerza de cizallamiento. Esta fuerza externa adopta la forma de una tensión, esta se define como la fuerza que actúa sobre el área de unidad de líquido, esta da como resultado un gradiente de velocidad en todo el espesor de la muestra denominada tasa de cizallamiento (malvernpanalytical, 2022).

Sinéresis

Se define como la expulsión de suero el cual se hace visible como suero superficial. Una de las formas de contrarrestar esta aparición de suero, es aumentar el contenido de sólidos en el yogur, principalmente el contenido de proteínas.

La sinéresis espontánea es la contracción del gel sin la aplicación de alguna fuerza externa (centrifugación), esta es la causa más habitual de dicha separación.

El comportamiento de la sinéresis está ligado al tiempo de vida útil y la relajación de los enlaces de proteína-proteína y la resistencia a ceder de las hebras de caseína. En muchas investigaciones se ha medido la expulsión de suero con la aplicación de centrifugado de alta velocidad (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

Otros factores de estudio que determinan la calidad del yogur son la textura y el color.

Textura

La textura del yogur está directamente ligada con la microestructura de este, estos geles están compuestos por una red de partículas de caseína unidas en grupos, cadenas y hebras. La red tiene poros o espacios vacíos en los que la fase acuosa está confinada. En los productos que contienen grasas la presencia de glóbulos de grasa oscurece los detalles más finos de poros y hebras. Los geles ácidos elaborados a partir de la leche tienen grupos de proteínas más grandes, que los geles hechos a partir de la leche calentada los cuales se describen como altamente ramificados (w.J.Lee & J.A.Lucey, 2010).

El color del yogur se ve altamente influenciado por la microestructura y el contenido de grasa de este.

Color

Durante la fabricación y almacenamiento y otros procesos se ve afectada la coloración, que en ciertos casos mejora sus propiedades sensoriales, mientras que en otros las deteriora. La constitución química de los alimentos hace que se propicien diversas transformaciones, responsables de estos cambios. En algunas situaciones los pigmentos naturales se pierden y en otras la oxidación de las grasas y la interacción de taninos con el hierro generan compuestos coloreados que no están en el producto original (Dergal, 2006).

Viabilidad

Las bacterias del ácido láctico se utilizan en la producción de alimentos por sus valiosas propiedades metabólicas. Se utilizan como iniciadores y como probióticos. Sin embargo, estas aplicaciones implican que estén expuestas a múltiples condiciones de estrés que pueden afectar el estado fisiológico de las bacterias.

Se utilizan en la producción de alimentos fermentados, como quesos, yogures, vinos y carnes fermentadas. La proliferación celular y la actividad metabólica son cruciales para el éxito de los procesos de fermentación.

Las bacterias iniciadoras se multiplican después de agregarse a la cuajada, convierten la lactosa en ácido láctico y degradan la caseína en péptidos y aminoácidos. Estas son funciones esenciales para el desarrollo de la textura y el sabor.

Al mismo tiempo las condiciones del proceso de fermentación en particular la disminución de pH, la temperatura y la alta concentración de sal afectan el estado fisiológico de las bacterias (Dergal, 2006).

Norma NTC 805

Para dar cumplimiento a los constituyentes fisicoquímicos del yogur se debe tomar como base la norma NTC 805, cuyos requerimientos se encuentran descritos en las tablas 1 con valores mínimos y máximos.

Tabla 1.

Requisitos fisicoquímicos mínimos y máximos de las leches fermentadas

Requisitos	Entera		Parcialmente Descremada		Descremada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Materia Grasa % m/m En yogur, Kumis o con probióticos	2,5	.....	> 0,5	< 2,25	.....	0,5
En bebidas lácteas a base de leche fermentada	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Proteína Láctea % m/m En yogur, kumis, leche cultivada	2,6	.....	2,6	.....	2,6	.....
En bebidas lácteas a base de leche fermentada	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Acidez titulable Expresada como ácido láctico, % m/m	0,60	.....	0,60	.....	0,60	.....
Fosfatasa		Negativa		Negativa		Negativa

Fuente: NTC 805 (2005)

En la tabla 2 se describe el requerimiento mínimo de bacterias viables lácticas del yogur al final de su vida útil

Tabla 2.

Requisitos de bacterias viables lácticas totales al final de la vida útil

Producto	Requisitos
En yogur, kumis, UFC/g, mín.	10^7
En leche cultivada, UFC/g, mín.	10^6
En bebida láctea a base de leche fermentada, UFC/g, mín.	10^4

Fuente: NTC 805 (2005)

En la tabla 3 se describe el requerimiento mínimo de bacterias lácticas probióticas al final de la vida útil del yogur

Requisitos de bacterias lácticas probióticas al final de la vida útil

Tabla 3.

Requisitos de bacterias lácticas probióticas al final de la vida útil

Producto	Requisito (UFC/g)
En yogur, kumis y leche cultivada	10^6
En bebida láctea a base de leche fermentada	10^5

Fuente: NTC 805 (2005)

Quinua

La quinua es un pseudocereal que se produce principalmente en los Andes suramericanos en países como Perú, Ecuador, Argentina, Bolivia, Chile y Colombia (Florez, 2022). La quinua tiene características que le permiten ser aprovechadas en el sector agroindustrial (Florez, 2022). La quinua presenta diferentes coloraciones que son características de cada variedad, existen alrededor de 17 variedades (Urquizo, 2022). Por sus características nutricionales este cultivo se ha extendido a más países en el mundo, realizando de esta manera una gran contribución a la seguridad alimentaria mundial (Florez, 2022).

El cultivo de quinua se adapta con gran facilidad a condiciones climáticas extremas lo que le da la posibilidad de adaptarse a temperaturas por encima de los 4000 metros de altura hasta climas ubicados sobre el nivel del mar (Urquizo, 2022).

La quinua es considerada un fruto seco de una semilla, la cual esta provista de un pericarpio el cual cubre el grano, tiene alveolos de variada coloración estos pueden ser de colores blancos, pasando por la tonalidad de los amarillos, rojos, cafés y negros (Urquizo, 2022). La episperma presenta tonalidades similares a las del pericarpio. Por último, el embrión cuenta con un par de cotiledones y una radícula, en el perisperma se alojan almidones y otra serie de nutrientes (Urquizo, 2022).

Composición de la quinua

La quinua está constituida por una serie de aminoácidos como lo son la valina, triptófano, isoleucina, leucina, metionina, treonina y la fenilamina entre otros, los aminoácidos esenciales mayormente presente en la quinua son la lisina, la fenilamina y la leucina. El porcentaje de proteína de la quinua esta entre el 16% y el 23% (Urquizo, 2022).

En cuanto a vitaminas en la semilla se encuentran presentes vitaminas como la E, B6, riboflavina, ácido fólico, tiamina y vitamina C y minerales como el potasio, fosforo, calcio y hierro (Urquizo, 2022).

El contenido de grasa de la quinua va del 4% al 7,6% la cual dependerá de la variedad, la grasa se encuentra mayormente presente en la cubierta y el germen de la semilla, posee ácidos grasos insaturados correspondientes al 88%, ácidos grasos saturados correspondientes al 10% y un 2% correspondiente a ácidos grasos esenciales (Florez, 2022) (Urquizo, 2022).

Producción en Colombia y problemática del desarrollo tecnológico

Según (Jager, 2015) la inexistencia de la cadena de valor de la quinua, además de que el rubro no tiene una clasificación definida de acuerdo con la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN). Así mismo hay un desconocimiento de estándares de calidad y hace falta una certificación de calidad. La quinua no es reconocida en Colombia ya que hace falta promoción, además falta diversidad de marcas y productos derivados.

Las estrategias para enfrentar estas problemáticas identificadas son:

- Estructurar una plataforma nacional de la quinua
- Obtener una reclasificación arancelaria de la quinua ante la DIAN.
- Adaptar y socializar la norma andina 0038 de la quinua.
- Diseñar la estrategia comercial de la quinua para el mercado nacional.

Entre las acciones destacadas, se encuentran establecer una agenda con temas más prioritarios, organizar talleres regionales y nacionales, presentar solicitud a la DIAN y realizar un estudio del potencial del mercado nacional e internacional. Una de las formas más relevantes para dar a conocer la quinua y las propiedades nutricionales de la mismas es partiendo de la

elaboración de productos que usen la semilla como fuente de proteína o suplemento alimenticio. Para potenciar la absorción de los diferentes aminoácidos que componen la quinua nos valemos del proceso de malteado.

Proceso de malteado

Hay tratamientos que emplean calor para mejorar las propiedades nutricionales y de digestibilidad de los granos sometidos a este tratamiento. Este se inicia con el remojo y posterior germinado, después se someten a un tratamiento térmico para culminar los procesos metabólicos y promover nuevos aromas y sabores.

En la germinación la semilla hace que los componentes de almacenamiento se desplacen por una diversidad de enzimas sintetizadas y activadas lo cual se ve reflejado en una óptima digestibilidad de las proteínas. El germinado genera un crecimiento en la actividad antioxidante y formación de metabolitos secundarios con la posibilidad de bioactividades (Forero, Salgado, Moncayo, & Cote, 2016).

Metodología

Para el desarrollo del proyecto de investigación se planteó una serie de operaciones, procesos metodológicos, análisis fisicoquímicos y estadísticos encaminados a dar respuesta a los objetivos planteados. Esta serie de actividades fueron desarrolladas en las instalaciones de la planta piloto y laboratorios de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, edificio José Celestino Mutis de la ciudad de Bogotá.

Materiales y metodología

Para las tres formulaciones de yogur objetos de estudio, se utilizó leche en polvo entera, azúcar y agua adquiridos en tiendas locales, cultivos comerciales de yogur (Lyofast YAB 452 BB) y harina de quinua malteada y sin maltear, obtenida de semillas de quinua variedad Aurora, cultivada en el municipio de Subachoque, que ha sido caracterizada en estudios anteriores como se presenta en la tabla 4.

Tabla 4.

Composición nutricional de la quinua en 100g

Caracterización quinua aurora en 100 g de muestra analizada		
Análisis	Resultados	Método de Análisis
Cenizas	2,29g/100g	AOAC(OMA) Ed.20 de 2005,923.03
Fibra cruda	2,61g/100g	AOAC 962.09
Grasa cruda	5,21g/100g	AOAC 920.39 C
Humedad	12,74g/100g	NTC 529:209
Proteína Cruda	16,06g/100g	AOAC 2001.11

Fuente: (Proyecto PIE 15-17)

Obtención de harina de quinua estándar

El grano de quinua fue limpiado, desaponificado y lavado. Por último, el grano fue secado para pasar a la operación de molienda la cual fue realizada con un molino de martillos.

Germinación

Se prepararon 60 gramos de semillas de quinua variedad Aurora, se retiró el exceso de impurezas presentes en las semillas.

Las semillas fueron, almacenadas en una incubadora a una temperatura de 25°C por un periodo de 7 horas para garantizar un proceso de germinación eficiente, posterior a esto se retiró el exceso de agua de las semillas y estas fueron depositadas en un tamiz, garantizando que tuvieran un porcentaje de humedad adecuado para continuar con el proceso de desarrollo de las radículas hasta alcanzar un largo aproximado de 10 a 15mm según (Aguilar et al., 2019; Padmashree et al., 2019).

Malteado

Las semillas germinadas fueron secadas en un horno por convección de aire (Mesmer Alemania), a una temperatura de 55°C durante un periodo de 26 horas, posterior a este periodo se retiraron de manera manual todas las radículas. Los granos fueron pasados por un mortero hasta obtener una harina fina. (Aguilar et al., 2019; Padmashree et al., 2019).

Formulación

En la tabla 5 se presenta la formulación.

Tabla 5.

Formulación para la elaboración de yogurt

Ingrediente	Yogurt Control	Yogurt Quinua	Yogurt Quinua Malteada
Harina Quinua	0,00%	1,50%	1,50%
Leche en polvo	12,00%	12,00%	12,00%
Azúcar	10,00%	10,00%	10,00%
Cultivo Comercial	0,01%	0,01%	0,001%
Agua	77,99%	76,49%	76,49%

Fuente: Autoría propia (2022) Nota: Cultivo comercial Lyofast YAB450BB

Elaboración del yogur

Se realizó la recepción de los materiales previamente pesados para cada formulación. agua, azúcar, leche en polvo, harina de quinua malteada, harina de quinua sin maltear y cultivos comerciales *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*.

Se precalentó el agua a una temperatura de 25°C, se adicionó el azúcar y leche en polvo en el caso del yogur de control y para los otros tratamientos. Se adicionó, harina de quinua y harina de quinua malteada. La mezcla fue homogenizada con ayuda de un agitador manual. Se realizó pasteurización a 85°C sostenidos por un periodo de 20 minutos.

Posteriormente se aplicó un choque térmico bajando la temperatura de la mezcla a 42°C sostenidos para realizar la inoculación de la mezcla con el cultivo comercial *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. La temperatura se mantuvo constante a 42°C durante

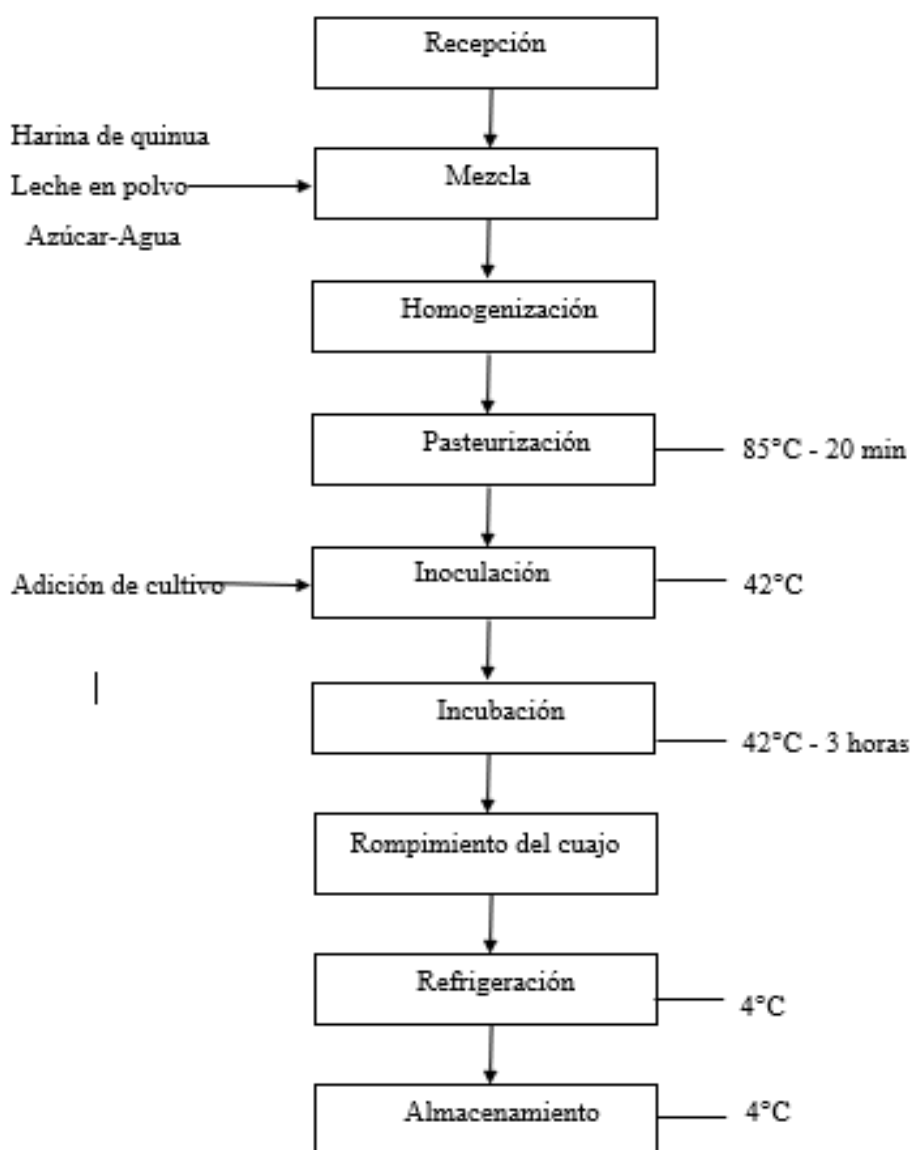
todo el proceso de fermentación que tuvo un tiempo diferente para cada tratamiento según el cumplimiento de pH y acidez exigidos por la norma (NTC 805).

El yogurt fue almacenado a 4°C por un periodo de 21 días.

A continuación, en la figura 1 se presenta el diagrama de proceso de la elaboración del yogur.

Figuras 1.

Diagrama de proceso elaboración del yogurt



Fuente: Autoría Propia (2022)

Características fisicoquímicas en la fermentación

A continuación, se describen los diferentes análisis realizados y el método empleado para establecer las características fisicoquímicas presentes en la fermentación.

pH

Se realizó de acuerdo con el método AOAC945.27,90 (AOAC, 2000), las mediciones fueron realizadas cada 30 min por triplicado.

Acidez Titulable

La acidez fue medida mediante titulación 10mL de muestra de yogurt fueron titulados con NaOH al 0,1N, utilizando como indicador fenolftaleína, esta medición se realizó a lo largo del proceso de fermentación del yogurt cada 30 minutos a una temperatura inicial de 40 °C (AOAC942.15,96). El resultado se expresó como porcentaje de ácido láctico y las mediciones se realizaron por triplicado.

Proteína

La evaluación de la proteína se realizó mediante el método de Kjeldalh (NTC5025:2021) las mediciones se realizaron por triplicado y se expresaron los resultados en porcentaje.

Grasa

La evaluación de la grasa se realizó mediante el método de Gerber (NTC6184:2016) las mediciones se realizaron por triplicado para cada tratamiento.

Recuento de bacterias ácido lácticas

Se realizó aplicando el método (APHA 2001) dando cumplimiento a los valores registrados en la norma (NTC 805).

Características sensoriales

Color

Se realizó mediante análisis de imágenes y se utilizó la aplicación pixel picker para medir color en coordenadas RGB y el software easy RGB para transformar los datos a coordenadas CIEL*A*B. El análisis fue realizado por quintuplicado (ISO233603:2005).

Viscosidad

Se utilizó un viscosímetro (Brookfield referencia M15-356-B0916) el análisis se realizó con un volumen de 100 ml a dos velocidades (10 rpm y 50rpm), el análisis se realizó por triplicado para cada uno de los tratamientos, aplicando la técnica de (Macedo et al., 2015).

Sinéresis

Se tomó 10 gramos de la muestra en tubos de centrifuga y se sometió a centrifugación, a 5000 rpm por 20 minutos se aplicó la técnica de (Aichinger et al., 2015). Se midió el porcentaje de sinéresis de acuerdo con la Ecuación 1.

$$\text{Ecuación 1: } \%S = \frac{P_f}{P_0} * 100$$

P_f = Peso de sobrenadante, P_0 = Peso inicial de la muestra, S = Porcentaje de sinéresis

Análisis estadístico

Para la evaluación de la adición de quinua se realizaron 2 tratamientos (yogurt con adición de quinua y yogurt con adición de quinua germinada), los resultados fueron analizados mediante un ANOVA según el cumplimiento de normalidad y homocedasticidad, las diferencias se identificaron mediante la prueba de tukey. Los resultados que no cumplieron los supuestos, y los resultados de análisis sensorial fueron evaluados por kruskall Wallis.

Diseño experimental de la estabilidad en el tiempo

Para la evaluación de la estabilidad del producto en el tiempo, en la tabla 6 se muestra el diseño experimental, fueron evaluados un yogurt control y el yogurt con adición de quinua los días 0, 10 y 21.

Tabla 6.

Diseño experimental

Factor		Variables						
Tiempo	Quinua	pH	Acidez	proteína	Grasa	Bacterias Acido lácticas	Viscosidad	sinéresis
0	YC	a	b	c	d	e	f	g
	YQ	a	b	c	d	e	f	g
10	YC	a	b	c	d	e	f	g
	YQ	a	b	c	d	e	f	g
21	YC	a	b	c	d	e	f	g
	YQ	a	b	c	d	e	f	g

Fuente: Autoría propia (2022)

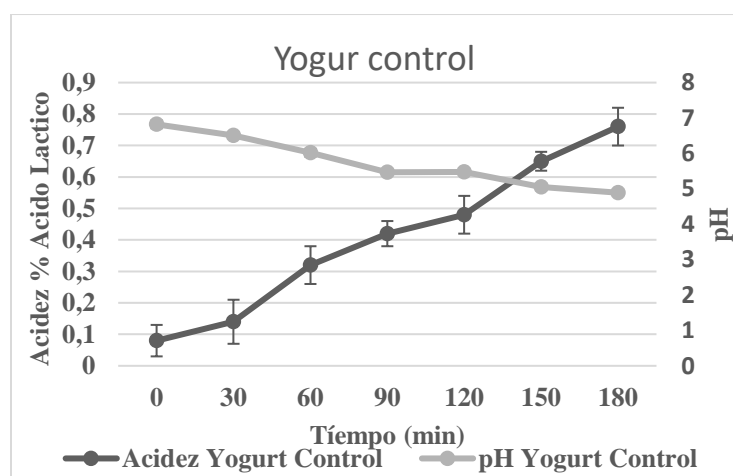
Resultados

Cinética de fermentación

En las figuras 2, 3 y 4 se presentan las cinéticas de fermentación para las muestras control YC (yogur control), YQ (yogur con quinua) y YQG (yogur con quinua germinada).

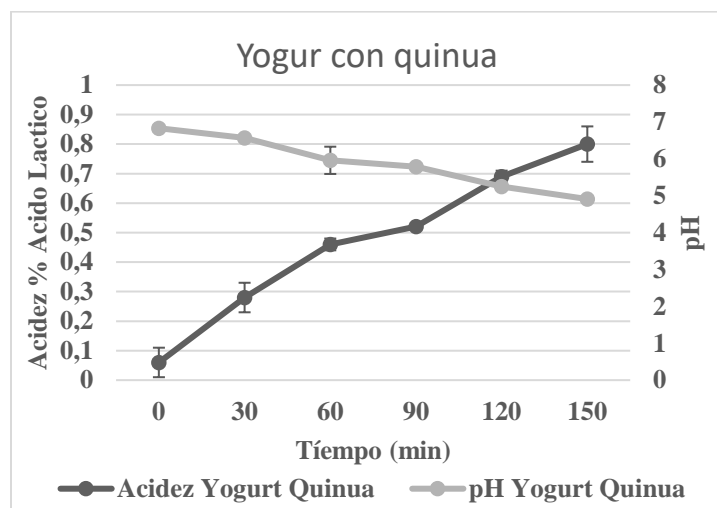
Figuras 2.

Cinética de fermentación yogurt control



Fuente: Autoría propia (2022)

Acidez titulable expresada en % de ácido láctico valores presentados como la media \pm la desviación estándar (n = 3).

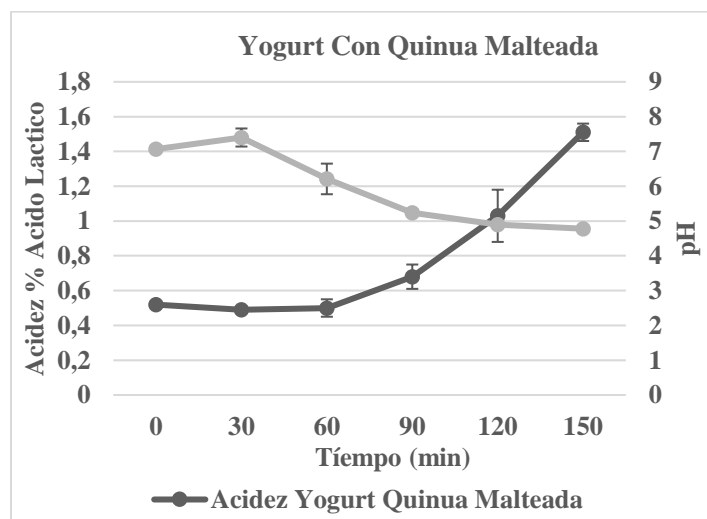
Figuras 3.*Cinética de fermentación yogurt con quinua*

Fuente: Autoría propia (2022)

Acidez titulable expresada en % de ácido láctico valores presentados como la media \pm la desviación estándar (n = 3).

Figuras 4.

Cinética de fermentación yogurt con quinua germinada



Fuente: autoría propia (2022)

Acidez titulable expresada en % de ácido láctico valores presentados como la media \pm la desviación estándar (n = 3)

De acuerdo con el análisis de varianza realizado se encontraron diferencias significativas para el pH (p Valor <0,05). El tratamiento YQG alcanzo un nivel de pH (4,78) ligeramente por debajo de los tratamientos YC (4,89) y YQ (4,91). La velocidad de fermentación de YQG es más alta que los otros tratamientos (-1 unidad de pH por hora). Esta aceleración para alcanzar el nivel óptimo de pH concuerda con los resultados obtenidos por Alkobeisi et al., (2022) quienes estudiaron el comportamiento de la adición de harina de quinua como sustituto de la leche en polvo desnatada en un concentrado de yogurt. Los tiempos de fermentación en los tratamientos con un mayor porcentaje de quinua tuvieron un menor tiempo de fermentación, respecto al yogurt de control y el yogurt adicionado con un porcentaje del 25% de harina de quinua. Mencionan que

puede deberse al aumento en el contenido de carbohidratos y aminoácidos debido a la inclusión de quinua

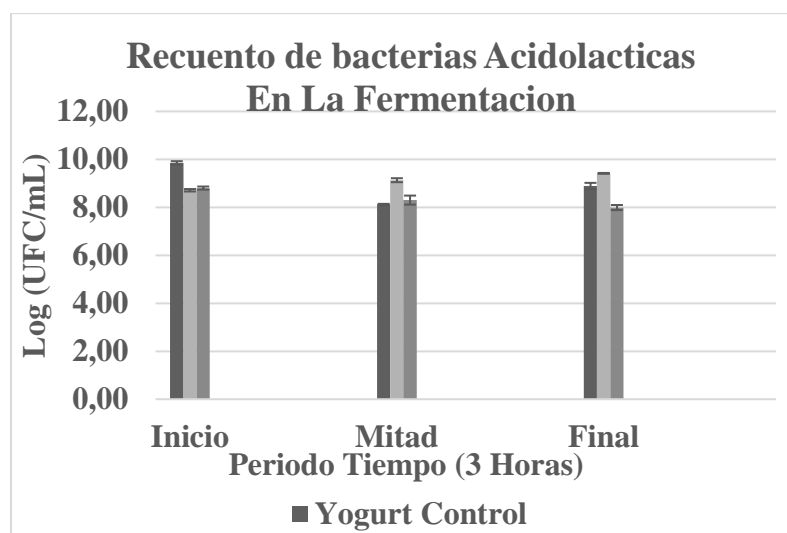
Para el caso de la acidez, según el análisis de varianza realizado se encontraron diferencias significativas (p Valor $<0,05$). El YQG alcanzo un nivel de acidez de (1,51%) ligeramente por encima de YC (0,76) y de YQ (0,8). El nivel óptimo de acidez se alcanzó en menor tiempo para la muestra YQG (0,53% ácido láctico por hora). Esta aceleración para alcanzar el nivel óptimo de acidez concuerda con los resultados obtenidos de pH como se esperaba.

Recuento de bacterias ácido-lácticas

La figura 5 se presenta el recuento de bacterias ácido-lácticas al final del proceso de fermentación

Figuras 5.

Recuento de bacterias acidolacticas en la fermentación



Fuente: autoría propia (2022)

valores presentados como la media \pm la desviación estándar (n = 3).

Para el caso del recuento de bacterias ácido-lácticas, según el análisis de varianza realizado se encontraron diferencias significativas ($<0,05$). En el inicio YC mostró un mejor comportamiento en el recuento de bacterias ácido lácticas con un valor de (9,85 UFC/mL), seguido de YQG 8,8 UFC/mL. Después de un periodo de tiempo de 1,5 horas YQ mostró un mejor comportamiento en el recuento de bacterias ácido lácticas (9,13 UFC/mL) seguido del yogur con quinua germinada YQG. Después de 2,5 horas el YQ y el YQG completaron su proceso de fermentación y el yogurt control en un tiempo de 3,0 horas. YQ mostró un mejor comportamiento en el recuento de bacterias ácido lácticas al final de la fermentación seguido del

YC. El comportamiento sostenido en el tiempo del YQ puede deberse a que la quinua puede presentar mayor biodisponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las bacterias ácido lácticas (Feijo, 2018). De igual forma la simbiosis de (*L. Bulgaricus* – *S termoophilus*) genera una competencia entre estas desde el inicio de la fermentación pasando por 4 diferentes etapas, en la primera etapa no hay una multiplicación significativa, la segunda etapa ocurre durante los primeros 100 minutos de fermentación, crece primero *S Termoophilus* y representa más del 90% de la población total. En la tercera fase se presenta el crecimiento de *L Bulgaricus* y la población de *S Termoophilus* se encuentra en un 75% y en la cuarta fase ambas desaceleran su crecimiento.

Comportamiento de proteína y grasa en la fermentación

En la tabla 7 se presentan los resultados de proteína y grasa durante la fermentación.

Tabla 7.

Proteína en mezcla sin fermentar y fermentada

Muestra	Proteína Mezcla Sin Fermentar (%)	proteína Mezcla Fermentada (%)	Grasa Mezcla Sin Fermentar (%)	Grasa Mezcla Fermentada (%)
NTC 805		2,6 mínimo		2,5 mínimo
YC	2,74 (2,72-2,75)	3,01 (3,00-3,02)	3 (3,00-3,00)	3 (3,00-3,00)
YQ	2,8 (2,80-2,80)	3,22 (3,21-3,23)	2,2 (2,20-2,20)	2,8 (2,80-2,80)
YQG	2,68 (2,66-2,69)	3,47 (3,47-3,47)	2,8 (2,80-2,80)	3 (3,00-3,00)
p Valor	>0,05	<0,01	<0,03	<0,03

Fuente: Autoría propia (2022)

Valores presentados como mediana (mínimo – máximo) (n=3), análisis de varianza por Kruskal Wallis con nivel de significancia del 95%.

Según los resultados de la tabla 7 y el análisis de varianza realizado por Kruskal-Wallis no hubo diferencias significativas entre las medianas de los porcentajes de proteína en la mezcla sin fermentar, para los casos del análisis de la proteína en mezcla fermentada y grasa se encontraron diferencias significativas (pValor <0,05), se observó un incremento en los valores de proteína y grasa después de que la bebida láctea fuera fermentada, esto puede deberse al contenido de grasa, minerales, vitaminas y aminoácidos contenidos en la quinua y que se ven potenciadas por el proceso de fermentación (Sisa, 2022).

Características fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado

En la tabla 8 se presentan los resultados de proteína, grasa, acidez, pH y recuento de bacterias ácido lácticas del producto terminado.

Tabla 8.

Características fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado

Muestra	Proteína (%)	Grasa (%)	pH*	Acidez (% expresado en ácido láctico) *	Bacterias Acido lácticas LOG UFC/mL*
YC	3,01±0,01	3,00±0,01	4,87 (4,85-4,88)	0,76 (0,76-0,77)	8,89 (8,76-9,02)
YQ	3,22±0,01	2,80±0,02	4,86 (4,85-4,86)	0,79 (0,7 -0,80)	9,42 (9,40-9,43)
YQG	3,47±0,00	2,00±0,00	4,77 (4,74-4,81)	1,51 (1,46-1,56)	7,99 (7,89-8,10)
p Valor	<0,01	<0,03	<0,01	<0,02	<0,02

Fuente: Autoría propia (2022)

Valores presentados como promedio ± desviación estándar, (n=3), análisis de varianza por ANOVA, las letras diferentes corresponden a diferencias significativas. *Valores presentados

como mediana (mínimo – máximo) (n=3), análisis de varianza por Kruskal Wallis con nivel de significancia del 95%.

Según los resultados de la tabla 8 y el análisis de varianza realizado por Kruskal-Wallis hubo diferencias significativas entre las medianas de los porcentajes de proteína y grasa mostrando un incremento en los valores de proteína de los tratamientos YQ (incremento del 0,21 %) y YQG (incremento del 0,46%) con respecto a YC. De igual forma el incremento del porcentaje de proteína de YQG respecto a YQ (0,25), de esta manera podemos concluir que el tratamiento que mostró un mejor comportamiento en contenido proteico fue el yogur con quinua germinada YQG. Posiblemente durante la germinación se pierden carbohidratos y se sintetizan proteínas, por lo tanto, generan mayor contenido de este nutriente (Padmashree, 2019).

El contenido de grasa de YQ respecto a YC es menor, esta diferencia fue de -0,2%, y el contenido de grasa de YQG también disminuye con respecto a YC (-1%). Esta disminución en el porcentaje de grasa puede deberse al agotamiento de la grasa almacenada que contribuye a la actividad catabólica de las semillas durante la germinación en el caso del YQG (Padmashree, 2019).

Características sensoriales del producto terminado

Para los tres tratamientos YC, YQ y YQG se evaluó el comportamiento del color. Según los valores presentados en la tabla 9 y el análisis de varianza realizado por método Kruskal Wallis, hubo diferencias significativas entre los valores de los tres tratamientos para las coordenadas L* a* y b*.

En los tres tratamientos YC, YQ y YQG la luminosidad coordenada L* tuvo una tendencia hacia el color blanco. Para el caso de la pureza del color los tres tratamientos YC, YQ

y YQG tuvieron una tendencia negativa acercándose hacia el color verde en la coordenada a^* y en el caso de la coordenada b^* la tendencia de color de los tres tratamientos YC, YQ y YQG tuvo una tendencia positiva hacia el color amarillo. Los resultados obtenidos tienen similitud con los reportados por (Alkobeisi, Varidi, Varidi, & Nooshkam, 2022) en su estudio Harina de quinua como sustituto de la leche desnatada.

En este reportan que la tendencia de L^* se debe a la dispersión de la luz causada por el contenido de proteína y grasa del yogur, la tendencia negativa de a^* y tendiente al color verde se debe a los pigmentos de riboflavina contenidos en el yogur. Para el caso de b^* y su tendencia hacia el color amarillo se le atribuyo a la presencia de betaxantinas presentes en el yogur.

Tabla 9.

Características de color en producto terminado

Muestra	L^*	a^*	b^*
	92,65	-4,62	27,12
YC	(87,02-95,52)	(-5,60-3,12)	(25,87-33,30)
	88,62	-2,59	31,35
YQ	(81,13-92,83)	(5,42-1,94)	(27,00-54,01)
	80,61	-0,44	29,54
YQG	(70,19-85,97)	(-3,37-2,86)	(27,81-31,80)
p Valor	<0,01	<0,01	<0,02

Fuente: Autoría propia (2022)

Valores expresados según método CIELAB coordenadas $L^*a^*b^*$

Valores presentados como mediana (mínimo – máximo) (n=3), análisis de varianza por Kruskal Wallis con nivel de significancia del 95%.

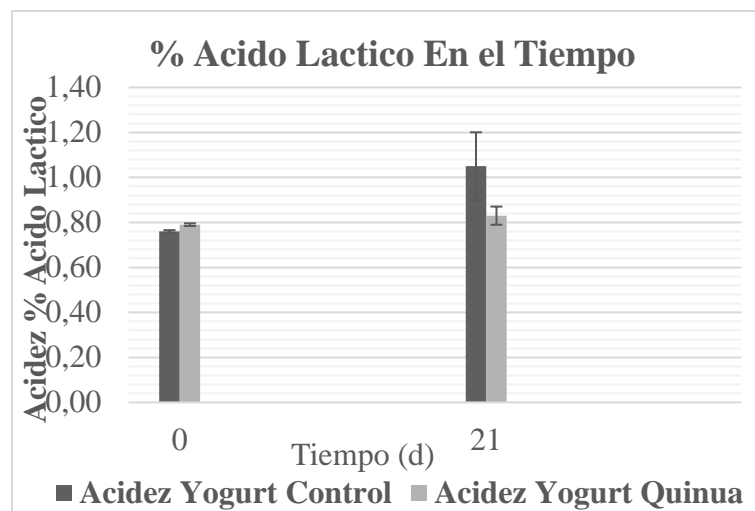
De acuerdo con los resultados iniciales, el yogur seleccionado para el seguimiento de estabilidad fue el YQ debido a que presentó mejores características de color y un contenido nutricional aceptable.

Seguimiento de acidez en el tiempo

Según los valores presentados en la figura 6 y el análisis de varianza realizado por el método Kruskal Wallis, hubo diferencias significativas entre los valores obtenidos para YC y YQ en los días 0 y 21. El yogur de control mostró un incremento en el porcentaje de ácido láctico de 0,29% finalizado el día 21. Para YQ el incremento en el porcentaje de ácido láctico fue de 0,04% finalizado el día 21 de almacenamiento a una temperatura de 4°C. Consultando otros estudios se observó un comportamiento similar en el aumento del porcentaje de ácido láctico culminado el día 21, se reporta una inclusión de adición de harina de quinua del 1 %. Este comportamiento puede deberse a el incremento de la actividad metabólica de las bacterias ácido lácticas y la conversión de la lactosa residual en ácido láctico. Estos resultados concuerdan con los reportados por (Ahmed & Abd, 2020).

Figuras 6.

Evaluación de la acidez en el tiempo



Fuente: Autoría propia (2022)

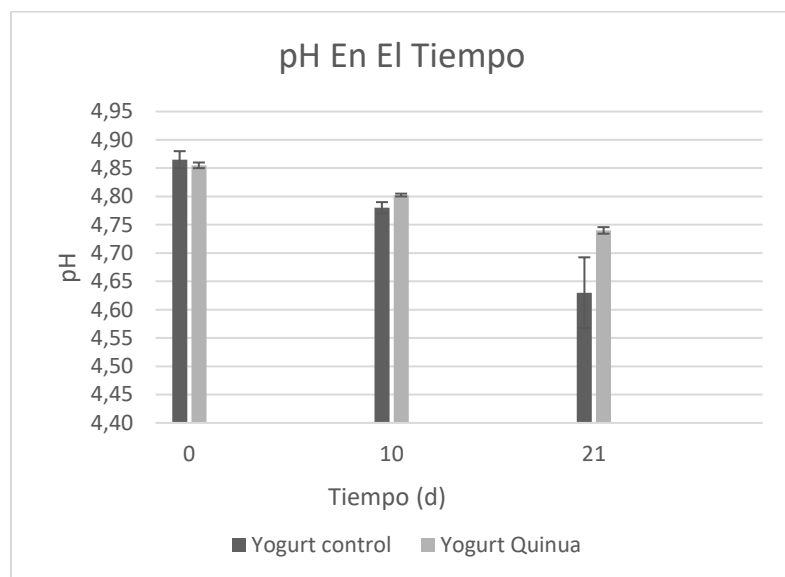
*Valores presentados como mediana (mínimo – máximo) (n=3), análisis de varianza por Kruskal Wallis con nivel de significancia del 95%.

Seguimiento de pH en el tiempo

El YC tuvo una disminución en el porcentaje de pH de aproximadamente 0,10 al llegar al día 10 y posteriormente al día 21. En el caso de YQ esta disminución fue 0,12 puntos porcentuales a lo largo del estudio de estabilidad del yogur. Es posible que la quinua estimulara la disminución del pH por el contenido de aminoácidos y minerales contenidos en esta lo cual estimularía el crecimiento de los cultivos iniciadores. Los valores obtenidos corresponden con los valores obtenidos por (Ahmed & Abd, 2020). Los resultados se describen en la figura 8.

Figuras 7.

Evaluación de pH en el tiempo



Autoría propia (2022)

*Valores presentados como mediana (mínimo – máximo) (n=3), análisis de varianza por Kruskal Wallis con nivel de significancia del 95%. Se evaluó el comportamiento del pH de YQ respecto a YC en los días 0, 10 y 21.

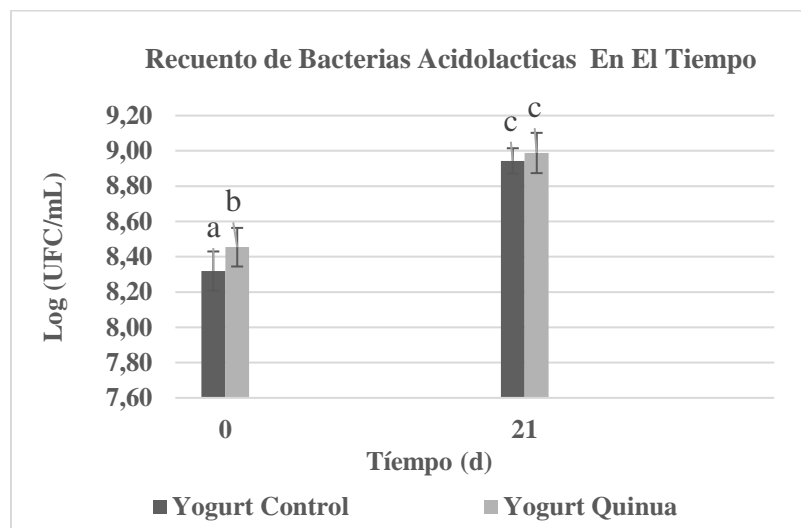
Seguimiento de recuento de bacterias ácido lácticas en el tiempo

En el estudio de viabilidad se presentó un incremento en las UFC/mL. Para el caso de YC, este incremento fue de 0,62 % al llegar al día 21 este crecimiento y su estabilidad en el tiempo pudo deberse al contenido de proteínas y carbohidratos presentes en la leche en polvo, para el caso de YQ el incremento fue de 0,54%. El contenido proteico de la quinua y los aminoácidos contenidos en esta pueden haber contribuido al crecimiento de las UFC/mL y su supervivencia

en el tiempo. Los resultados obtenidos coinciden con los reportados en el estudio de (Ahmed & Abd, 2020).

Figuras 8.

Recuento de bacterias acidolacticas en el tiempo



Fuente: Autoría propia (2022)

Recuento de bacterias ácido lácticos valores presentados como la media \pm la desviación estándar (n = 3). pValor >0,05

Seguimiento de Sinéresis en el tiempo

En el caso de la sinéresis en el tiempo transcurrido entre el día 0 y el día 10 se observa una disminución en el porcentaje para ambos tratamientos, para YC esta disminución fue de 2,47% y para el caso e YQ el 13,35%. Ya para el día 21 el porcentaje de sobrenadante para ambos tratamientos aumentó en el caso de YC el aumento fue de 6,75% y para YQ el aumento fue de 20,02%. Los resultados obtenidos concuerdan con (Alkobeisi, Varidi, Varidi, & Nooshkam, 2022) quienes reportan en su estudio sobre la quinua como sustituto de la leche, que el aumento de la sinéresis puede deberse a los cambios de pH en el tiempo, que influye en el

reordenamiento de las cadenas de caseínas de la leche, y la interacción de amilosa y amilopectina presentes en el almidón de la quinua. Los resultados se escriben en la Tabla 10.

Tabla 10.

Características fisicoquímicas en el tiempo

Muestra	tiempo (días)	viscosidad (cP) 10rpm	viscosidad (cP) 50rpm	% sinéresis
YC	0	128,85 (126,30-131,40)	130,3 (129,20-131,40)	26,49 (22,57-27,36)
	10	332,8 (315,90-349,70)	156,4 (150,60-165,30)	24,02 (22,91-24,26)
	21	28,2 (26,90-31,60)	74,8 (69,20-80,20)	30,77 (27,07-33,76)
YQ	0	196,9 (190,30-214,70)	103,9 (101,60-111,20)	53,99 (53,08-56,19)
	10	380,8 (368,80-392,80)	147,4 (134,30-151,60)	40,64 (38,18-41,28)
	21	41,3 (39,10-43,90)	70,8 (68,90-72,60)	60,66 (59,92-61,27)
p Valor		<0,01	<0,01	<0,03

Fuente: Autoría propia (2022)

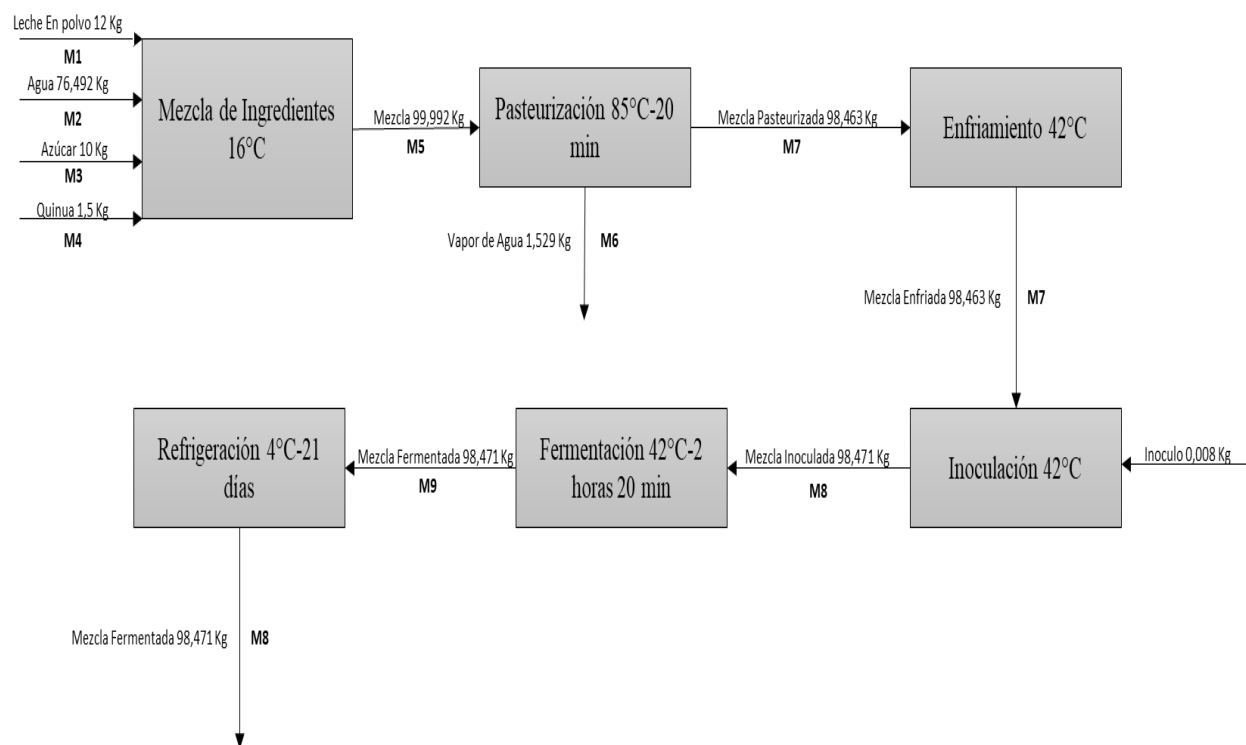
En la tabla 10 también se observan los resultados de viscosidad a través del tiempo. Se evaluó la viscosidad de los tratamientos YC y YQ en centiPoise (cP) a 10rpm y 50 rpm en los días 0, 10 y 21 para poder observar el comportamiento de la tendencia del valor de viscosidad y tener un punto de comparación. En el día 0 se observa el mismo comportamiento para los tratamientos YC y YQ tanto a 10rpm como a 50rpm con un aumento de viscosidad hacia el día 10. El incremento para YC y YQ a 10 rpm fue de 203,9 cp y 183,9cp de manera correspondiente, ya en el día 21 la viscosidad para YC y YQ disminuyó 304,6cp y 339,5cp de manera correspondiente. A 50 rpm el comportamiento de los dos tratamientos fue el mismo que a 10 rpm

con un aumento de viscosidad tanto para YC y YQ en el día 10 de 26,1cp y 43,5 cp de manera correspondiente, ya para el día 21 la viscosidad disminuye para ambos tratamientos 20,3cp para YC y 76, 6 cp para YQ. El comportamiento de la viscosidad y los valores obtenidos coinciden con los resultados reportados por (Alkobeisi, Varidi, Varidi, & Nooshkam, 2022) quienes atribuyen a los niveles de almidón contenidos en la harina de quinua, su capacidad para formar una red de proteínas durante la fase continua que aumenta su concentración e influye en la solubilización de la amilosa que hace que haya una mayor concentración de agua y aumente la viscosidad del yogur. De igual manera la velocidad de corte incide en la viscosidad aparente del yogur la cual disminuye por el rompimiento de las hebras de caseína, degradando las fibras débiles y la interacción electrostática e hidrofóbica del yogur.

Parámetros técnicos y de diseño Balance de materia y energía base de cálculo 100 kg

Figuras 9.

Diagrama de flujo balance de materia y energía



Fuente: Autoría propia (2022)

Balance de materia

Tabla 11.

Balance de materia en mezcla

Balance de Materia					
Mezcla (Base de Cálculo 100Kg)					
Entradas	%	(Kg)	Salidas	%	(Kg)
Agua	76,492	76,492	Mezcla	99,992	99,992
Leche En Polvo	12	12			
Azúcar	10	10			
Quinoa	1,5	1,5			
Entradas Totales	99,992	99,992	Salidas Totales	99,992	99,992

Fuente: Autoría propia (2022)

Tabla 12.

Balance de materia en la pasteurización

Balance de Materia					
Pasteurización (Base de Cálculo 100Kg)					
Entradas	%	(Kg)	Salidas	%	(Kg)
Mezcla	99,992	99,992	Vapor de Agua	2	1,529
			Mezcla Pasteurizada	97,992	98,463
Entradas Totales	99,992	99,992	Salidas Totales	99,992	99,992

Fuente: Autoría propia (2022)

Tabla 13.*Balance de materia en el enfriamiento*

Balance de Materia					
Enfriamiento (Base de Cálculo 100Kg)					
Entradas	%	(Kg)	Salidas	%	(Kg)
Mezcla pasteurizada	98,463	98,463	Mezcla enfriada	98,463	98,463
Entradas Totales	98,463	98,463	Salidas Totales	98,463	98,463

Fuente: Autoría propia (2022)

Tabla 14.*Balance de materia en la inoculación*

Balance de Materia					
Inoculación (Base de Cálculo 100Kg)					
Entradas	%	(Kg)	Salidas	%	(Kg)
Mezcla enfriada	98,463	98,463	Mezcla inoculada	98,471	98,471
Cultivo	0,008	0,008			
Entradas Totales	98,471	98,471	Salidas Totales	98,471	98,471

Fuente: Autoría propia (2022)

Tabla 15.*Balance de materia en la fermentación*

Balance de Materia					
Fermentación (Base de Cálculo 100Kg)					
Entradas	%	(Kg)	Salidas	%	(Kg)
Mezcla inoculada	98,471	98,471	Yogur	98,471	98,471
Entradas Totales	98,471	98,471	Salidas Totales	98,471	98,471

Fuente: Autoría propia (2022)

Tabla 16.*Balance de materia en la refrigeración*

Balance de Materia					
Refrigeración (Base de Cálculo 100Kg)					
Entradas	%	(Kg)	Salidas	%	(Kg)
Yogur	98,471	98,471	Yogur refrigerado	98,471	98,471
Entradas Totales	98,471	98,471	Salidas Totales	98,471	98,471

Fuente: Autoría propia (2022)

Balance de energía

Tabla 17.

Balance de energía en la pasteurización

Balance de Energía			
Pasteurización (Calculo calor sensible)			
Masa	Nomenclatura	Unidades	Totales
Mezcla	G	kg	99992
Calor específico	Cp	KJ/kg°C	3,866
Temperatura inicial	°Ti	°C	16°C
Temperatura final	°Tf	°C	85°C
Diferencia de temperatura	ΔT	°C	69
Calor requerido	Q	KJ	26673265,97
Pasteurización (Calculo calor latente)			
	Nomenclatura	Unidades	Totales
Agua o vapor	V	kg	1529
Entalpía	H	KJ/kg	2282,5
Calor total requerido	Q	KJ	3489942,5

Fuente: Autoría propia (2022)

Tabla 18.*Balance de energía en la fermentación*

Balance de Energía			
Fermentación (Calculo calor sensible)			
Masa	Nomenclatura	Unidades	Totales
Mezcla+Inoculo	G	kg	98471
Calor específico	Cp	KJ/kg°C	3,386
Temperatura inicial	°Ti	°C	85
Temperatura final	°Tf	°C	42
Diferencia de temperatura	ΔT	°C	43
Calor requerido	Q	KJ	14337180,66
Fermentación (Calculo calor latente)			
Masa	Nomenclatura	Unidades	Totales
Agua o vapor	V	kg	1529
Entalpía	H	KJ/kg	2282,5
Calor total requerido	Q	KJ	3489942,5

Fuente: Autoría propia (2022)

Tabla 19.*Balance de energía en la refrigeración*


Balance de Energía			
Refrigeración (Calculo calor sensible)			
Masa	Nomenclatura	Unidades	Totales
Mezcla+Inoculo	G	kg	98471
Calor específico	Cp	KJ/kg°C	3,386
Temperatura inicial	°Ti	°C	42
Temperatura final	°Tf	°C	4
Diferencia de temperatura	ΔT	°C	38
Calor requerido	Q	KJ	12670066,63
Refrigeración (Calculo calor latente)			
Masa	Nomenclatura	Unidades	Totales
Agua o vapor	V	kg	1529
Entalpía	H	KJ/kg	2282,5
Calor total requerido	Q	KJ	3489942,5

Fuente: Autoría propia (2022)

Ficha técnica

Tabla 20.

Ficha técnica yogur con adición de harina de quinua

		Ficha Técnica De Yogur Con Adición De Harina de Quinua	
Preparado Por:	Aprobado Por:	Fecha:	Versión
NOMBRE DEL PRODUCTO		Yogurt enriquecido con quinua	
DESCRIPCION DEL PRODUCTO		Bebida láctea fermentada a partir de leche entera de vaca en polvo fermentada a partir de la inclusión de cultivos comerciales <i>Streptococcus thermophilus</i> y harina de quinua	
LUGAR DE ELABORACION		Planta piloto sede José Celestino Mutis (UNAD) Calle 14 sur No 14-23 Bogotá	
COMPOSICION NUTRICIONAL		Carbohidratos	11,50%
		Proteína	3,22%
		Grasa	2,80%
		Agua	76,49%
		Calorías Aportadas por 100g	157Kcal
PRESENTACION Y EMPAQUES COMERCIALES		Envase de vidrio por 130 g	
CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS		Bebida láctea fermentada de textura viscosa, olor característico y color blanco	
REQUISITOS MINIMOS Y NORMATIVIDAD		Norma Técnica Colombiana NTC 805	
		Resolución 2310 de 1986	
		Resolución 683 de 2012	
		Resolución 4142 de 2012	
TIPO DE CONSERVACION		Medio Ambiente:	
		Refrigeración: Temperatura de 0°C a 4°C	
		Congelación:	
CONSIDERACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO		Mantener y conservar cadena de frio de 0°C - 4°C	
FORMULACION		Materia Prima	Porcentaje
		Agua	Base de cálculo

	Leche en polvo	12%
	Harina de Quinoa	1,5%
	Azúcar	10%
	Cultivo Comercial	0,008%
<p>Diagrama de proceso de elaboración del producto</p> <pre> graph TD A[Recepción] --> B[Mezcla] C[Harina de quinua] --> B D[Leche en polvo] --> B E[Azúcar-Agua] --> B B --> F[Homogenización] F --> G[Pasteurización] G --- H[85°C - 20 min] G --> I[Inoculación] J[Adición de cultivo] --> I I --- K[42°C] I --> L[Incubación] L --- M[42°C - 3 horas] L --> N[Rompimiento del cuajo] N --> O[Refrigeración] O --- P[4°C] O --> Q[Almacenamiento] Q --- R[4°C] </pre>		
VIDA UTIL ESTIMADA		
INSTRUCCIONES DE CONSUMO	Después de abierto consumir en el menor tiempo posible	

Fuente: Autoría propia (2022)

Tabla nutricional

A continuación, en la tabla se presenta la información nutricional de la bebida láctea fermentada acorde a la resolución 810 de 2021.

Tabla 21. *Tabla nutricional bebida láctea fermentada*

Información Nutricional Yogur Quinua		
Tamaño por porción: 1 unidad (200 mL) porciones por envase (1)		
Energía (kcal)	En 100g	En una porción
		1030 kcal	157 kcal
Grasa total	2,8 g	5,7 g
Grasa saturada	0,7 g	1,6 g
Grasa trans	351 mg	719 mg
Carbohidratos	201 g	32 g
Fibra dietaria	7 g	14 g
Proteína	3,2 g	6,6 g
Azúcares	48 g	11,39 g
Sodio	111 mg	26 mg
Calcio	988 mg	233 mg
Vitamina A	288 µg ER	71 µg ER

Fuente: Autoría propia (2022)

Conclusiones

Los valores de acidez durante la fermentación, de las formulaciones objeto de estudio estuvieron acordes a la norma NTC 805. El valor mínimo de la acidez titulable según esta norma es de 0,60. Para YC estuvo en un máximo de 0,76, para YQ estuvo en un máximo 0,80 y para YQG un máximo de 1,5. De acuerdo con el valor mínimo establecido por la norma el % de acidez titulable durante la fermentación cumple con esta norma.

Las características microbiológicas y fisicoquímicas durante el estudio de la estabilidad y viabilidad del yogur en lo que respecta a proteína y grasa presento valores mayores a 2,6 y 2,5 respectivamente. En el caso del recuento de bacterias ácido lácticas al final de la vida útil del yogurt fue superior al mínimo establecido por la norma NTC 805 que es de 10^7 UFC/g.

La valoración del parámetro de acidez durante el almacenamiento mostro un ligero aumento respecto a los valores obtenidos durante la cinética de fermentación, pero sin afectar aspectos sensoriales y de aceptación del yogur

En el seguimiento de la estabilidad del yogur se evaluaron aspectos como sinéresis, viscosidad y color. Aspectos que nos permitieron establecer que el yogur con adición de harina de quinua tiene un potencial significativo en lo que respecta a condiciones de aceptación sensorial y estabilidad en el tiempo.

Al establecer los parámetros técnicos y de diseño de un nuevo producto, se observa que el rendimiento del proceso de fabricación del yogur con adición de quinua es favorable dadas las características nutricionales y las mermas que puedan presentarse durante un potencial proceso de fabricación de yogur con estas características

Recomendaciones

La estandarización de los sólidos totales en la formulación de yogures juega un papel fundamental en el resultado final del proceso de fabricación y garantiza un mejor comportamiento de la estabilidad de este.

El control adecuado de la temperatura de pasteurización es vital para conservar las propiedades proteicas del yogur y no afectar sus condiciones sensoriales.

Se debe garantizar la temperatura adecuada en el proceso de incubación de las bacterias acidolacticas, para no afectar el desarrollo del proceso de fermentación e indirectamente condiciones sensoriales del yogur una vez finalizada la cinética de fermentación.

Para futuros estudios es vital garantizar un panel sensorial encaminado a establecer el grado de aceptación de las formulaciones de yogur adicionadas con quinua

Bibliografía

- Ahmed, M., & Abd, B. (2020). *Production of higt nutritional set yoghurt fortified with quinoa flour and probiotics*. Egipto: International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology.
- Alkobeisi, F., Varidi, M., Varidi, M., & Nooshkam, M. (2022). Quinoa flour as a skim milk powder replacer in concentrated yogurts. *Food Science & Nutrition*, 13.
- Dergal, S. B. (2006). *Quimica de los alimentos*. Mexico: Pearson Education.
- FAO. (Julio de 2011). *FAO.org*. Obtenido de FAO.org: <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- FAO. (2013). *fao.org*. Obtenido de fao.org:
http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro14/cap4.5.htm
- FAO. (22 de Marzo de 2020). *FAO.org*. Obtenido de FAO.org: <http://www.fao.org/3/ar364s.pdf>
- Feijo, M. A. (20 de 08 de 2018). *dehesa.unex.es*. Obtenido de dehesa.unex.es:
https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/9273/1/TDUEX_2019_Coronel_Feijo.pdf
- Fennema, O. R., & Tannebaum, S. R. (2014). *Introduccion a la quimica de los alimentos*. Massachusetts.
- Florez, L. C. (2022). *Tesis.unap.edu.pe*. Obtenido de Tesis.unap.edu.pe:
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3396/Churayra%20Flores_Lenin.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Forero, N. C., Salgado, Y. N., Moncayo, D. C., & Cote, S. P. (2016). *revistas.unitru.edu*.

Obtenido de revistas.unitru.edu:

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1131>

Gonzales, G. G. (2005). *Efecto de la agitación durante la fermentación de leche de cabra para producir yogur*. Monterrey.

Huimin Guo, Y. H. (2021). *Exploration on bioactive properties of quinoa*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.

Jager, M. (26 de Agosto de 2015). *cgspace.cgiar.org*. Obtenido de cgspace.cgiar.org:

https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/71072/Memorias_Quinoa_Definitivo_01272016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

malvernpanalytical. (2022). *malvernpanalytical*. Obtenido de malvernpanalytical:

<https://www.malvernpanalytical.com/es/products/measurement-type/viscosity>

MC, A. (2015). *Manual de microbiología de los alimentos capítulo 14*. Argentina.

Padmashree, N. N. (2019). *Effect of Germination on Nutritional, Antinutritional and Rheological*. India: Defence Life Science Journal,.

Phadungath, C. (Abril de 2005). *traiscience.info/journals/article/song/10462552.pdf*. Obtenido de traiscience.info/journals/article/song/10462552.pdf:

<https://www.thaiscience.info/Journals/Article/SONG/10462552.pdf>

Sekhvatizateh, S., & Hosseinzadeh, S. (2022). PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY

CHARACTERISTICS OF KASHK AS INFLUENCED BY QUINOA FLOUR . *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 7.

Sisa, E. M. (2022). *Estudio del uso de la harina de quinua para la elaboración de yogur*.

Riobamba-Ecuador.

Urquizo, F. E. (2022). *repositorio.lamolina.edu.pe*. Obtenido de repositorio.lamolina.edu.pe:

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5288/lude%C3%B1a-urquizo-fanny-emma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

w.J.Lee, & J.A.Lucey. (2010). *animbiosci.org*. Obtenido de animbiosci.org:

<https://www.animbiosci.org/upload/pdf/23-149.pdf>

Zuñiga, I. (2014). *isfcolombia*. Obtenido de isfcolombia:

https://isfcolombia.uniandes.edu.co/images/documentos/200921858_marmolejozunigaisabella_proyectodegrado.pdf