



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Evaluación de las condiciones de
proceso para la elaboración de una
bebida fermentada de quinua
(*Chenopodium quinoa* Wild) con
inclusión de bacterias ácido lácticas.**

Deisy Liliana Chilo Ramos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad, Ciencias Agrarias

Bogotá D.C., Colombia

2020

Evaluación de las condiciones de proceso para la elaboración de una bebida fermentada de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) con inclusión de bacterias ácido lácticas.

Deisy Liliana Chilo Ramos

Trabajo de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director:

Ing. Carlos Mario Zuluaga Domínguez. Ph.D.

Universidad Nacional de Colombia

Facultad, Ciencias Agrarias

Bogotá D.C., Colombia

2020.

...A Dios por darme la fuerza y la fortaleza de continuar adelante, para lograr el éxito de mi esfuerzo y un sueño más cumplido.

...A mis padres por su apoyo incondicional, por la confianza que depositaron en mí, por enseñarme el significado de la vida y el respeto, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, a pesar de la distancia y las dificultades. Sus consejos siempre fueron mi aliento para llevar a término mi posgrado y seguirán siendo esas voces de aliento, las que me guían, por que en cada consejo hay una enseñanza y en cada enseñanza un triunfo.

Agradecimientos

La autora agradece a la Universidad Nacional de Colombia, por haberle dado la oportunidad de hacer parte de esta honorable y reconocida institución educativa.

Al Doctor Carlos Mario Zuluaga Domínguez por su paciencia y valiosa orientación.

A la convocatoria para el apoyo y financiación de proyectos de tesis para fortalecer y consolidar los programas de doctorado y maestría de la Facultad de Ciencias Agrarias, sede Bogotá, código Hermes 45834.

Al personal del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) por su apoyo.

Al laboratorio de Bromatología del ICTA de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá.

Planta de vegetales del Instituto de Ciencia y tecnología de Alimentos, de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá.

A los panelistas entrenados del ICTA de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá.

Profesor Carlos Fernando Novoa Castro, por su amable orientaron en los temas específicos de mi proyecto.

Profesor Aquiles Enrique Darghan Contreras, por su amable orientaron en los temas específicos de mi proyecto.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional.

Al productor de quinua Juan Carlos Muelas del Resguardo Indígena de Guambia, Municipio de Silvia Departamento del Cauca

Resumen

Se estudió el efecto de diferentes condiciones de procesamiento de quinua para el desarrollo de una bebida fermentada con inclusión de bacterias ácido lácticas, como posible sustituto de productos lácteos de origen animal. Un problema que presentan los sustitutos vegetales es su baja aceptación sensorial, por lo tanto, se propone una fermentación para mejorar las características organolépticas. Se utilizó quinua originaria del departamento del Cauca con una composición promedio de humedad 13.87%, cenizas 2.88%, grasa 6.56%, proteína 17.70%, fibra dietaria 10.90% y carbohidratos 48.53%. Para la elaboración de la bebida se evaluaron dos cultivos lácticos comerciales (Yoflex Mild y Choozit MY 800), inoculados en relaciones 1:3 y 1:6 (quinua-agua). Choozit MY 800 fue el que mejor se adaptó en la relación 1:6, logrando en menor tiempo la fermentación, aumentando la viscosidad, mejorando el color y sabor. El producto final tuvo un valor de pH 4.2, acidez 0.308% y 10°Bx. Finalmente, el producto seleccionado fue evaluado por 70 consumidores, comparando una bebida fermentada de quinua sin endulzar, una bebida fermentada de quinua endulzada y una bebida fermentada comercial de arroz. El 83% de los consumidores expresó la aceptación de la bebida de quinua endulzada. Una prueba de puntajes con un panel entrenado mostró que la bebida de quinua endulzada tuvo buen balance dulce/ácido, sin sabor astringente ni afrijolado, con un comportamiento líquido homogéneo y medianamente viscoso, a diferencia de las demás muestras. A partir de los resultados obtenidos se demuestra la aptitud de la quinua como sustrato adecuado para llevar a cabo un proceso de fermentación ácido láctica, dando como resultado una bebida con aceptabilidad en atributos como sabor, olor y color. Este trabajo resalta entonces la pertinencia de diversificar el uso de un pseudocereal tradicional en la región Andina Latinoamericana, ligado a tradiciones culturales y sociales precolombinas, para promover su consumo y ampliar su comercialización.

Palabras clave: análisis sensorial, fermentación láctica, procesamiento de alimentos, pseudocereales.

Abstract

The effect of different quinoa processing conditions on the development of a fermented beverage with the inclusion of lactic acid bacteria, as a possible dairy products substitute, was studied. A common problem presented by plant-origin milk substitutes is their low organoleptic acceptance, therefore, a fermentation is proposed to improve sensory characteristics. Quinoa, with an average composition of moisture 13.87%, ashes 2.88%, fat 6.56%, protein 17.70%, dietary fiber 10.90% and carbohydrates 48.53%., was used. Two commercial lactic cultures (Yoflex Mild and Choozit MY800), inoculated in ratios (quinoa-water) 1:3 and 1:6, were evaluated for the preparation of the beverage. Choozit MY 800 was the culture that best adapted to substrate in the 1:6 ratio, achieving fermentation in less time, increasing viscosity, improving color and flavor. The final product had pH 4.2, acidity 0.308% and 10°Bx. Finally, the selected product was evaluated by 70 consumers by comparing a fermented unsweetened quinoa beverage, a fermented sweetened quinoa beverage, and a commercial fermented rice beverage. About 83% of consumers expressed the acceptance of the sweetened quinoa beverage. A test of scores with a trained panel showed that the sweetened quinoa drink had a good sweet/sour balance, without astringent or beany flavor, being a homogeneous and moderately viscous liquid, unlike the other samples. From the obtained results, the ability of quinoa as an adequate substrate for lactic acid fermentation was shown, resulting in a beverage with acceptability in attributes such as taste, aroma, and color. This work highlights the pertinence of diversifying the use of a traditional pseudocereal from the Andean Latin American region, linked to pre-colombian social and cultural traditions, to promote and extend consumption and marketing.

Keywords: Sensory analysis, lactic acid fermentation, food processing, pseudocereals

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIV
Lista de tablas	XVI
Lista de Símbolos y abreviaturas	XVIII
Introducción	1
1. Capítulo 1. Marco teórico	15
1.1 Introducción.....	15
1.2 Planta de quinua	16
1.2.1 La semilla	16
1.3 Producción de quinua.....	17
1.4 Composición química de la quinua.....	18
1.4.1 Proteínas	20
1.4.2 Carbohidratos	21
1.4.3 Fibra dietaria.....	23
1.4.4 Lípidos.....	25
1.4.5 Vitaminas.....	26
1.4.6 Minerales.....	27
1.5 Bebidas fermentadas elaboradas a partir de matrices vegetales.....	28
1.6 Empleo de bacterias ácido lácticas en fermentación de matrices vegetales..	33
1.7 Índices de calidad en la fermentación de bebidas.	36
1.8 Características de las bacterias ácido lácticas (BAL).....	37
1.8.1 Glucólisis de fermentación	39

XII Evaluación de las condiciones de proceso para la elaboración de una bebida fermentada de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) con inclusión de bacterias ácido lácticas.

1.9	Proceso elaboración de bebidas fermentadas a partir de quinua	41
1.10	Conclusiones	45
2.	Capítulo 2. Caracterización fisicoquímica de la quinua.....	47
2.1.1.	Introducción.....	47
2.2.	Materiales y métodos.....	48
2.2.2.	Análisis fisicoquímicos.....	48
2.2.2.1.	Determinación de humedad.....	48
2.2.2.2.	Determinación del contenido de cenizas.....	48
2.2.2.3.	Determinación de grasa bruta (o extracto etéreo).....	49
2.2.2.4.	Determinación de proteína.....	50
2.2.2.5.	Determinación de fibra dietaria total	51
2.2.2.6.	Determinación de Carbohidratos	52
2.3.	Resultados y discusión	52
2.3.2.	Contenido de humedad	52
2.3.3.	Contenido de cenizas.....	53
2.3.4.	Contenido de grasa bruta	55
2.3.5.	Contenido de proteína.....	57
2.3.6.	Contenido de fibra dietaria	59
2.3.7.	Contenido de carbohidratos	61
2.4.	Conclusiones	63
3.	Capítulo 3. Elaboración de una bebida fermentada de quinua, con inclusión de bacterias ácido lácticas.	65
3.1.	Introducción.....	65
3.2.	Materiales y métodos	65
3.2.1.	Cultivos láctios	65
3.2.1.1.	Cultivo 1: Yo-Flex® Mild 1.0	66
3.2.1.2.	Cultivo 2: Choozit®-MY 800	66
3.2.2.	Ingredientes adicionales.....	66
3.2.3.	Elaboración de la bebida fermentada	66
3.2.4.	Diseño experimental.....	68
3.2.5.	Variables respuesta.....	69
3.2.5.1.	Medición de acidez.....	69

3.2.5.2. Medición de pH.....	70
3.2.5.3. Medición de sólidos solubles	70
3.2.6. Ensayos preliminares de preparación de bebida fermentada a base de quinua.	70
3.2.7. Elaboración salsa de piña y caracterización de la fruta.....	73
3.2.8. Análisis microbiológicos de los productos elaborados	75
3.2.8.1. Recuento de mohos y levaduras.....	75
3.2.8.2. Recuento de células viables de bacterias ácido lácticas	76
3.2.9. Evaluación sensorial.....	78
3.2.9.1. Prueba sensorial de consumidores.....	79
3.2.9.2. Prueba de puntajes.....	80
3.3 Resultados y discusión	81
3.3.1 Resultados de ensayos preliminares.....	81
3.3.2. Elaboración del producto final.....	102
3.3.3. Caracterización de piña Golden.....	107
3.3.4 Resultados de análisis microbiológicos.....	108
3.3.4.1 Recuento de mohos y levaduras.....	108
3.3.4.2 Recuento de bacterias ácido lácticas.....	109
3.3.5 Análisis sensorial.....	112
3.3.5.1 Análisis sensorial de consumidores.	112
3.3.5.2 Evaluación sensorial prueba de puntajes.....	114
3.3.6. Evaluación de riesgos en la elaboración de la bebida fermentada de quinua.	119
3.3.7. Ficha técnica del producto elaborado.	121
3.3.7.1. Balance de materia.....	122
3.3.8. Conclusiones.	132
4. Conclusiones y recomendaciones	134
4.1 Conclusiones.....	134
4.2 Recomendaciones.....	135
Referencias	147

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1.1. Etapas de la glucólisis de fermentación.	40
Figura 2.1. Composición química de los alimentos	47
Figura 3.1. Diagrama de flujo elaboración bebida fermentada de quinua.....	67
Figura 3.2. Diagrama de flujo proceso de elaboración salsa de piña.	74
Figura 3.3. Esquema metodológico para cuantificar mohos y levaduras.	76
Figura 3.4. Monitoreo de acidez, relación quinua: agua 1:3.	83
Figura 3.5. Monitoreo de acidez relación 1:5.	85
Figura 3.6. Monitoreo acidez- relación 1:3.	87
Figura 3.7. Monitoreo de pH- relación 1:3.	87
Figura 3.8. Monitoreo acidez- relación 1:5.	88
Figura 3.9. Monitoreo pH- relación 1:5.....	89
Figura 3.10. Monitoreo acidez-relación 1:3.	91
Figura 3.11. Monitoreo pH-relación 1:3.....	91
Figura 3.12. Monitoreo acidez-relación 1:5.	92
Figura 3.13. Monitoreo pH - Relación 1:5.....	93
Figura 3.14. Monitoreo de acidez-relación 1:5.	95
Figura 3.15. Monitoreo de pH- Relación 1:5.....	95
Figura 3.16. Monitoreo de acidez en función del tiempo-relación 1:5.....	97
Figura 3.17. Monitoreo de pH en función del tiempo-relación 1:5.	97
Figura 3.18. Monitoreo de acidez - relación 1:5.	99
Figura 3.19. Monitoreo de pH- relación 1:5.....	100
Figura 3.20. Monitoreo de acidez - relación 1:5.	101
Figura 3.21. Monitoreo de pH- relación 1:5.....	101
Figura 3.22. Diagrama de flujo modificado, elaboración de bebida fermentada de quinua, con inclusión de bacterias ácido lácticas.	102

Figura 3.23. Monitoreo de acidez en función del tiempo- relación 1:6.	104
Figura 3.24. Monitoreo de pH en función del tiempo – relación 1:6.	105
Figura 3.25. Balance de materia de la bebida fermentada de quinua.	106
Figura 3.26. Cinética de crecimiento de células viables de las bacterias ácido lácticas	111
Figura 3.27. Análisis de consumidores bebidas fermentadas de quinua y bebida comercial	113
Figura 3.28. Análisis de correspondencia múltiple de los atributos de calidad, evaluados en tres bebidas fermentadas.....	115
Figura 3.29. Análisis de contribución múltiple de los atributos evaluados en tres muestras de bebidas fermentadas.....	116
Figura 3.30. Determinación con las medianas de cada atributo evaluado.	117

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1.1. Clasificación científica de la quinua	16
Tabla 1.2. Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos	19
Tabla 1.3. Comparación de perfiles de los aminoácidos esenciales de la quinua y otros cereales seleccionados (g/100 de proteína).	21
Tabla 1.4. Porcentaje de carbohidratos en diferentes variedades de quinua, en base seca.....	23
Tabla 1.5. Rango composicional de fibra dietaria de quinua, en comparación a otros cereales y pseudocereales, base seca (g/100g).....	24
Tabla 1.6. Rango contenido de lípidos de la quinua, en comparación con otros cereales y pseudocereales base seca.....	26
Tabla 1.7. Contenido de vitaminas promedio en quinua.....	27
Tabla 1.8. Contenido de minerales en la quinua, en comparación a otros cereales en mg por cada 100g de materia seca	27
Tabla 1.9. Caracterización de bebidas fermentadas elaboradas a base de quinua con inclusión de bacterias ácido lácticas y agentes probióticos.....	31
Tabla 3.1. Ajustes realizados por cada experimento de elaboración de la bebida fermentada de quinua.....	71
Tabla 3.2. Prueba hedónica escala de siete puntos.	79
Tabla 3.3. Descriptores utilizados en la prueba de consumidores	80
Tabla 3.4. Atributos de calidad de bebida fermentada de quinua.	81
Tabla 3.5. Monitoreo de acidez, bebida fermentada de quinua- relación 1:3.....	82
Tabla 3.6. Monitoreo de acidez, bebida fermentada de quinua- relación 1:5.....	84
Tabla 3.7. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo-relación 1.3.....	86
Tabla 3.8. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo, relación 1:5.	88

Tabla 3.9. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo -relación 1:3.	90
Tabla 3.10. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo- relación 1:5.....	92
Tabla 3.11. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo, bebida fermentada de quinua- relación 1:5.	94
Tabla 3.12. Monitoreo de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo, bebida fermentada de quinua- relación 1:5.....	96
Tabla 3.13. Monitoreo de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo, bebida fermentada de quinua- relación 1:5.....	99
Tabla 3.14. Monitoreo de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo- relación quinua: agua 1:6	104
Tabla 3.15. Resultados de caracterización fisicoquímica de la piña Golden.	108
Tabla 3.16. Resultados obtenidos en la pregunta, intención de compra de bebidas fermentadas de quinua y la bebida comercial.	114
Tabla 3.17. Resultado de estadística descriptiva vista desde las contribuciones	117
Tabla 3.18. Etapas del proceso de fermentación de la bebida de quinua. Adaptado de: (Maldonado & Carrillo, 2014.....	120
Tabla 3.19. Balance general de entradas y salidas.....	123
Tabla 3.20. Cantidad de proteína en balance general.....	124
Tabla 3.21. Cantidad de grasa en balance general.....	125
Tabla 3.22. Cantidad de carbohidratos en balance general.	126
Tabla 3.23. cantidad de fibra dietaria en balance general.....	127
Tabla 3.24. Ficha técnica producto bebida fermentada a partir de quinua blanca variedad Jericó	128

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviatura Término

FDT	Fibra dietaria total
PC	Porción comestible
BAL	Bacterias ácido lácticas
pH	Potencial de hidrógeno
NADH	Nicotinamida-Adenina-Dinucleótido reducida
NAD	Nicotinamida-Adenina-Dinucleótido
ATP	Adenosin trifosfato
mL	Mililitro
mm	Milimetro
g	Gramos
HCL	Ácido clorhídrico
NaOH	Hidróxido de sodio
UFC	Unidades formadoras de colonias

Introducción

Los sistemas agroalimentarios actuales han llevado a concentrar la oferta de alimentos en un reducido grupo de productos de origen vegetal y animal. Cultivos como el arroz, trigo, soya, maíz, mijo y sorgo han logrado cubrir la mitad de las necesidades de energía alimentaria humana, además, de cinco especies animales domésticos que proporcionan la ingesta promedio diaria de proteína, por lo cual ha sido fundamental que se quiera mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos agroalimentarios, con evidentes consecuencias energéticas y con la disminución de la contaminación ambiental. Este tipo de embudos alimentarios ha llevado a que actualmente sea indispensable acudir a nuevas fuentes vegetales para promover la seguridad alimentaria de la población, entre ellas, la quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) se destaca como un alimento emergente gracias a su calidad nutricional y bioactiva. Sin embargo, este grano aún no ha logrado posicionarse como una alternativa alimenticia de consumo masivo para el ser humano (Barraza, Tsukayama & Mortensen, 2016; Donell, 2015).

A raíz de esto, las regiones de mayor producción de quinua han propuesto desde los años 60, entender y preservar la biodiversidad, fomentar la producción orgánica, el desarrollo sostenible y multicultural, para reforzar el consumo de este importante grano, centrado en la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza (FAO, 2013; Barraza *et al.*, 2016). Actualmente la quinua ha logrado importantes espacios en algunas regiones de América Latina para ser transformada en diversos productos como pan, galletas, snacks, harinas y extractos acuosos, proporcionando así nuevas alternativas de alimentación (Matus, 2015; Ministerio de Agricultura & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019).

La quinua se ha convertido en uno de los principales productos de interés, principalmente por sus propiedades nutraceuticas y medicinales. La quinua es un

pseudocereal que, a diferencia de los cereales comunes, es conocida como alimento con altas propiedades nutricionales; no solo posee gran cantidad de carbohidratos como el arroz, trigo, cebada o maíz, sino también contiene mayor cantidad de proteínas con alta proporción de aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas. Por sus características físico-químicas, la quinua es llamada a actuar como un complemento nutricional adecuado para el desarrollo alimentario y funcional del ser humano (Bioversity International, FAO, PROINPA, 2013), especialmente para aquellas comunidades donde las familias no tienen acceso a fuentes de proteína o aquellas que presentan limitaciones en la producción de alimentos.

El grano de quinua presenta un alto potencial para elaborar diversos productos, entre estos alimentos fermentados. La combinación de quinua con bacterias ácido lácticas (BAL) es una alternativa para la elaboración de alimentos con características probióticas y prebióticas (Mckay, 2000). En particular, está demostrado que la fermentación con diferentes especies de bacterias acidolácticas reduce o elimina los factores antinutricionales presentes en el grano de quinua y otros cereales, mejorando así las características organolépticas de los productos. En connotación a las ventajas anteriormente mencionadas, cabe destacar que si se usan cultivos lácticos o probióticos para la fermentación, estos traen consigo efectos beneficiosos para quienes lo consumen, dado que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas en el organismo, ayudando a normalizar la función digestiva, la flora intestinal y la fuerza del sistema inmunológico (Bosze, Gill, & Prasad, 2008; Brown & Valiere, 2004).

La fermentación ácido láctica es representada como uno de los métodos más antiguos para la conservación de alimentos, el cual ha sido acogido por las industrias alimentarias. Entre los productos fermentados con BAL se encuentran bebidas a base de cereales, vegetales y leguminosas como soya, mijo, arroz, maíz, maní o sorgo (Mckay, 2000). En tal sentido, el aporte de la quinua en cuanto a calidad nutricional es importante; sin embargo, y de manera contradictoria, no existe un producto que aproveche estas propiedades y las combine con aquellas ventajas que se obtienen mediante la fermentación láctica, situación que podría explicarse en gran medida por la dificultad que se presenta al desarrollar la acidez en extractos vegetales a través de la fermentación. Además, existe evidencia de que los extractos

acuosos de vegetales por sí solos no cumplen requerimientos físicoquímicos necesarios para el desarrollo de bacterias específicas como las halladas en el yogurt; limitación que tiene como origen la concentración de azúcares y/o fuentes de nitrógeno presentes en los extractos vegetales, lo cual es insuficiente para el desarrollo de las bacterias específicas (Maldonado & Carillo, 2014). Al respecto, algunos estudios desarrollados a escala laboratorio han demostrado que la quinua presenta capacidad para desarrollar acidez mediante un proceso de fermentación, empleando diferentes BAL o agentes probióticos. A pesar de esto, la desventaja latente en los productos obtenidos de origen vegetal es la gran inestabilidad y una subsecuente separación de fase, obstáculo que puede corregirse empleando estabilizantes y espesantes (Maldonado & Carillo, 2014).

Algunos investigadores han propuesto fermentar quinua utilizando bacterias ácido lácticas, algunas de ellas con características probióticas (Waters, Mauch, Coffey, Arendt, & Zannini, 2015), con el fin de ofrecer un alimento de origen vegetal similar al yogurt, teniendo en cuenta las ventajas del proceso en cuanto al desarrollo de características sensoriales agradables (Barco, 2017; Guzmán Manzano & Apaza, 2010; Huapaya, 2014b; Maldonado & Carillo, 2014; Reina, 2016; Velázquez, Covatzin, Toledo, & Vela, 2018). Dichas investigaciones varían en las condiciones de proceso, encontrándose múltiples resultados, que involucran tiempos de fermentación, mezclas de extracto acuoso de quinua, adición de leche en polvo descremada, lactosuero y diferentes tipos de cultivos lácticos. Cada investigación partió de un cierto tipo de proceso para elaborar la bebida de quinua, con un determinado método desarrollado previamente, pero no se ha logrado establecer las operaciones estándar para la obtención de una bebida fermentada.

En este orden de ideas, el presente proyecto aborda la estandarización de un proceso para la obtención de una bebida fermentada de quinua, variedad Jericó, proveniente del municipio de Silvia, departamento del Cauca, como posible sustituto de bebidas lácteas, aprovechando el potencial nutricional de la quinua e incentivando la diversificación de un producto vegetal que juega un importante papel en la seguridad alimentaria en las comunidades andinas. Estas iniciativas son coherentes con el Plan Nacional de Desarrollo (2018) que pretende generar oportunidades de crecimiento económico, a través del aumento de la competitividad y fortalecimiento de la agroindustria, mediante la vinculación de los pequeños y medianos productores de

quinua en los mercados, con productos que logren estándares de calidad, sanidad, e inocuidad, que permitan crear modelos productivos resilientes a la variabilidad y al cambio climático como una alternativa de impacto social, promoviendo así, la ciencia la tecnología y la innovación.

Este proyecto fue financiado parcialmente gracias a la *convocatoria para el apoyo a la financiación de proyectos de tesis para fortalecer y consolidar los programas de doctorado y maestría de la Facultad de Ciencias Agrarias, sede Bogotá*, a través del proyecto “Obtención de una bebida fermentada de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) con inclusión de bacterias ácido lácticas”, código Hermes 45834.

Planteamiento del problema

La quinua en el pasado tuvo amplia distribución geográfica, que abarcó Sudamérica desde Nariño, en Colombia, hasta Tucumán en Argentina y las Islas de Chiloé en Chile. También fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, denominándola Huauzontle, pero utilizada únicamente como verdura de inflorescencia (Barraza *et al.*, 2016). Sin embargo, éste alimento perdió auge en la época de la colonización donde los granos andinos fueron reemplazados parcialmente por especies introducidas como maíz, trigo, arroz, cebada y soya, disminuyendo el consumo, la propagación de cultivos tradicionales y sus productos (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a; Vilcacundo & Hernández, 2017).

Particularmente, el cultivo de quinua en Colombia fue abundante a finales de los años 70 (6.000 ha cultivadas aproximadamente), grano que suplió la alimentación básica de las comunidades indígenas y campesinas. El descenso de los cultivos de la quinua en Colombia obedeció a la propagación de monocultivos, la diversificación de tecnologías agropecuarias, la expulsión de pequeños y medianos productores del sector, la presencia de empresas transnacionales, el aumento del trabajo asalariado, la migración de personas del campo a la ciudad, la propagación de los cultivos ilícitos y el conflicto armado, llevando consigo a desaparecer en gran medida los cultivos tradicionales, afectando así los pequeños y medianos productores de quinua en el país, así como la comercialización de los productos y el consumo (Duque, Espinel, & Herrán, 2016(Duque et al., 2016); Montoya, Martinez, & Peralta, 2005).

Estos factores perjudicaron la incursión de productos derivados de la quinua en el mercado a nivel local, regional y nacional, afectando la comercialización y la diversificación de nuevos productos, hasta el punto que el uso de quinua en Colombia no ha sido tan evidente, llevando a las familias productoras exportar el grano de quinua a países europeos, Estados Unidos y Canadá, donde existe un mercado de consumidores más consciente de los beneficios de este pseudocereal y, por ende, existe una mayor demanda. En contraste, regiones como el departamento de Cauca tomaron algunas iniciativas para promover la masificación del cultivo de quinua. Con

base en el Plan Departamental de Desarrollo Gobernación del Cauca (2016-2019) en el cual se planteó una estrategia integral para el fortalecimiento de las regiones desde dinámicas sociales, económicas, culturales, medio ambientales y de innovación social para mejorar las condiciones de competitividad y calidad de vida en las comunidades, enfocados fundamentalmente en el fortalecimiento de la producción agropecuaria y agroindustrial de productos como café, quinua, piña, fresa y aguacate. Lo anterior permitió al pequeño y mediano productor y las familias indígenas y campesinas del departamento del Cauca proponer iniciativas para reactivar el cultivo de quinua, su transformación, comercialización y el consumo, utilizando nuevas alternativas tecnológicas que mejoren la calidad de vida de aquellas poblaciones que aun carecen de fuentes de proteína animal, siendo esta una alternativa para equilibrar la dieta alimentaria de las familias colombianas.

De acuerdo con Tobón (2006), los resultados de investigación que se han llevado a cabo han contribuido escalonadamente a valorar el acceso de nuevos mercados nacionales e internacionales con productos diferenciados y ligados a un origen geográfico, logrados a partir de desarrollos sostenibles y conocimientos ancestrales de los pueblos indígenas y valoración científica. Sin embargo, contradictoriamente, no existen en el mercado características que combinen el conocimiento tradicional y científico para obtener productos de innovación. A pesar de esto, es común encontrar personas que aún consideran que el componente cultural y espiritual de los pueblos indígenas tiene poco o ningún valor comercial pues no es práctico, tangible ni comprobable. Sin embargo, la Organización de las Naciones Unidas, en el año 2013, reconoció que los pueblos indígenas andinos han mantenido, controlado, protegido y preservado la quinua como alimento de generaciones presentes y futuras gracias a sus conocimientos y prácticas tradicionales de vida con la naturaleza (Salcedo, Santivañez, Bazile, Bareto, & Nieto, 2014). Gracias a lo anterior, se vio la importancia de resaltar las prácticas ancestrales realizadas con la quinua, enmarcadas desde la reciprocidad, vinculando los procesos tecnológicos y científicos que permitan mejorar la transformación, innovación y comercialización de alimentos naturales, considerando las nuevas tendencias alimentarias como estrategia de consumo para las familias colombianas, generando valor agregado al grano de quinua y resaltando sus componentes nutricionales.

Con base a lo anterior, se resalta la necesidad de integrar el conocimiento empírico con el desarrollo científico, tecnológico e innovador para fomentar la transformación de productos basados en quinua, pseudocereal poco estudiado en Colombia, a pesar de tener una amplia producción en los departamentos de Cauca, Nariño, Boyaca y Cundinamarca, sin embargo, la información disponible en cuanto a la composición fisicoquímica de este alimento es escasa. En segundo lugar, se propone el desarrollo de una bebida fermentada con inclusión de bacterias ácido lácticas, como alternativa para la diversificación de ofertas de productos basados en este pseudocereal. No obstante, un problema latente en los sustitutos vegetales a base de quinua es que tienen muy baja aceptación debido a su sabor, provocado por las saponinas presentes en los granos.

Las saponinas presentes en la quinua han ocasionado una serie de problemas al momento de elaborar bebidas, debido a que le confieren un sabor amargo, el cual se debe a la presencia de glucósidos triterpenoides y esteroides que forman abundante espuma en soluciones acuosas, generando así sabores indeseables en los alimentos procesados (Ahumada, Ortega & Chito, 2016; Quitiaquez, 2005), incidiendo así en la calidad del producto. Debido a esto se puede decir que las saponinas han sido un problema en la elaboración de productos basados en quinua, por esta razón antes de su empleo se requiere de etapas de remojo; sin embargo, se desconoce si la relación quinua:agua o el hecho de moler los grano pueden tener un efecto en la desaponificación del grano.

En tercer lugar, existe un desconocimiento sobre la efectividad de las bacterias ácido lácticas comercialmente disponibles, como mecanismo para el aprovechamiento de los carbohidratos disponibles en la quinua para la fermentación y producción de ácido láctico, de allí la importancia de utilizar BAL comerciales, que promuevan una fermentación efectiva de los carbohidratos de la quinua y que debido a su sencilla consecución y bajo costo, son de fácil acceso para la elaboración de productos.

A pesar de las dificultades anteriormente descritas, las bebidas fermentadas a base de cereales y pseudocereales con inclusión de BAL actualmente son atractivas para los consumidores gracias al reconocimiento que han logrado en los últimos años por sus efectos benéficos contra la prevención de enfermedades cardiovasculares, por

lo que se ha evidenciado una mayor demanda en algunos países desarrollados (Waters et al., 2015).

Sin embargo, hasta el momento no existe mayor profundización en el tema, siendo muy incipientes los estudios sobre bebidas fermentadas a base de pseudocereales. Si bien es cierto que existen algunas investigaciones realizadas sobre bebidas fermentadas a base de quinua con adición de cultivos ácido lácticos, éstas sólo han quedado en procesos de investigación más no en desarrollo, por lo que hace falta mayor avance en la investigación y producción de bebidas fermentadas a base de pseudocereales.

En efecto, los pocos estudios realizados en la elaboración de una bebida fermentada de quinua resaltan que este alimento presenta aptitud para llevar a cabo un proceso de fermentación ácido láctica, a partir de la metabolización de los carbohidratos y azúcares libres (glucosa, maltosa, sacarosa y fructuosa), por lo que se buscó resaltar el valor nutricional de la quinua variedad jérico, cultivada por las comunidades indígenas del municipio de Silvia departamento del Cauca, a través de un proceso de fermentación ácido láctica con inclusión de BAL comerciales, dado que este pseudocereal ha sido poco investigado en nuestro país.

Justificación

Algunos estudios realizados establecen que la palabra quinua, proviene de la lengua quechua que significa chisaya (grano madre) y para otros (grano de oro); que hasta un período reciente fue considerada únicamente alimento de los pueblos andinos antes de ser reconocida mundialmente en la década de los años 70 en virtud de sus características nutricionales (Salcedo *et al.*, 2014a). La quinua es una planta sudamericana de origen andino, que tiene como mayor centro de diversidad en el altiplano Peruano y Boliviano; precisamente en estos países se cultiva esta planta desde hace más de 7000 años por las culturas pre incas e incas (Barraza *et al.*, 2016). Por lo cual, la FAO (2013) afirma que: “la quinua fue ampliamente cultivada en la región andina por las culturas precolombinas y sus granos han sido utilizados en la dieta de los pobladores tanto de valles interandinos y zonas altas superiores a 3.500 m.s.n.m. a temperaturas promedio de 12°C y áridas de 350 mm de precipitación promedio”. Paralelamente, la Organización Mundial de Salud (OMS) calificó a la quinua como un “Alimento Único” dada su capacidad de ser un sustituto especial de las proteínas de origen animal y considerarla como alimento indispensable para el futuro de la humanidad (MINAGRI, 2014).

Es así que, a raíz de la declaración oficial del año internacional de la quinua en el 2013, se ha reconocido este pseudocereal por el rol que juega en la seguridad alimentaria a nivel mundial, incrementando el interés de investigación y de consumo de esta especie (Ministerio de Agricultura & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019). Por lo cual, es importante reconocer que los estudios sobre la quinua no solo han recibido atención de diferentes instituciones y universidades a nivel mundial, sino también ha incrementado en gran medida el cultivo (Ministerio de Agricultura & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019; Tapia, & Taco, 2016).

Considerando las investigaciones realizadas, la quinua ha tenido una amplia oportunidad de ser incluida dentro de los hábitos de consumo a nivel mundial (Donell, 2015). La quinua es una fuente valiosa de proteínas, con un perfil de aminoácidos equivalente a la caseína láctea, libre de gluten y rica en compuestos bioactivos (antioxidantes, polifenoles, flavonoides, vitaminas y minerales). Se resalta que es un pseudocereal que presenta 610 mg de lisina por cada 100 g de proteína, a diferencia

de los cereales comunes que son deficientes en este aminoácido esencial. La lisina es indispensable para el crecimiento y desarrollo de los huesos en los niños, ayudando a la absorción de calcio y manteniendo un adecuado balance de nitrógeno en los adultos, ayudando a construir proteína muscular y reducir los niveles de triglicéridos. La quinua es similar a la composición de proteína de leche, queso, carne y huevos, además de contener fibra soluble e insoluble, considerado un alimento adecuado para diabéticos y la población celíaca (Córdova et al., 2016; Maldonado & Carillo, 2014).

Además, la quinua se ha convertido en un alimento empleado típicamente por instituciones como el Instituto de Bienestar Familiar (ICBF) y la Secretaría de Desarrollo Económico de Bogotá en los comedores escolares (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a). El Programa de Alimentación y Nutrición Escolar (PANES), del departamento del Cauca, ofrece alimentación a por lo menos a 80.000 niños que reciben un suplemento de colada a base de quinua. Entre tanto, el análisis de Procolombia (2016) afirma que en el departamento del Cauca los Indígenas Nasa, Misak, Totoroes, Coconucos y Yanaconas están empeñados en convertir la quinua en uno de los principales sustentos alimentarios y de desarrollo económico del Cauca, como estrategia para garantizar el futuro de la región, aprovechando la quinua blanca variedad jericó y junín cultivada por 2000 familias indígenas de cinco étnias y campesinos quienes ya están llamando la atención de clientes internacionales para su exportación.

A nivel nacional, las zonas con mayor producción son Cauca, Nariño, Boyacá y Cundinamarca; según reportes del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2018) las áreas de producción han pasado de 996 ha en 2014 a 2.538 ha en 2017, con una producción total de 2800 toneladas a nivel nacional. Basado en esto, es imperativo la implementación de nuevos nichos de mercado e incrementar el desarrollo de productos a base de quinua mediante procesos tecnológicos, con el propósito de comprender mejor el comportamiento de la quinua en la preparación de productos alimenticios tales como: quinua perlada, hojuelas, expandidos, germinados de harina, pastas, pan, almidón, extruidos, refrescos, malteado, colorantes y aislados proteicos, así como productos enriquecidos con quinua como: pastas, pizza, galletas, cremas, sopas, refrescos, hojuelas, turrónes, granolas, bebidas instantáneas, los cuales son

productos de mayor consumo en países como Estados Unidos, Canadá, Alemania y España, mientras que en Colombia solo el 0.25% de la población los consumen (Guerrero, 2018).

Con relación a las bebidas fermentadas de origen vegetal, existe una tendencia creciente de consumo de bebidas vegetales, frutas y cereales, en lugar de productos lácteos, debido a diferentes inconvenientes que éstos últimos presentan a la salud humana como la intolerancia a la lactosa, alergias a la leche y enfermedades gastrointestinales. Tal motivo ha permitido el incremento y desarrollo a nivel de mercado de bebidas a base de soya, avena, arroz, coco y almendras, por lo que la quinua no es la excepción, encontrándose dentro de esta tendencia por su alto potencial dentro de la industria alimentaria debido a su importante valor nutricional, que ha llevado al grano de quinua ser empleado dentro de la industria de bebidas, en la obtención de productos como cervezas, bebidas con mezclas de frutas y productos fermentados (Casas, 2016).

Actualmente, se evidencia en el consumidor una tendencia en la búsqueda de productos naturales, mínimamente procesados que no se haya añadido ingredientes como: aditivos, conservantes, sal y grasas saturadas, pero si aporten un beneficio fisiológico y sean enriquecidos con fibra, calcio, proteínas, vitaminas, probióticos y otros micronutrientes, que garanticen una alimentación sana y saludable, donde se ha destacado la quinua por su importante composición balanceada de aminoácidos esenciales, mayor índice de minerales, vitaminas y fibra (Portal Agronegocios e Industria de Alimentos -ANeIA, 2018; Santos, 2019). Lo anterior ha llevado a la industria alimentaria a desarrollar tecnologías e investigaciones en la formulación de productos saludables y mínimamente procesados, que no sean alterados sin que se les agregue o introduzca ninguna sustancia artificial (Organización Panamericana de la Salud-OPS (s.f.); Organización Mundial de la Salud-OMS (2019)). Dentro de estos productos se tiene la incorporación de quinua como fuente de proteína en bebidas de frutas con y sin adición de leche.

Teniendo en cuenta el potencial de consumo de productos vegetales, se obtuvo elaborar una bebida fermentada de quinua tomando como ejemplo uno de los procedimientos realizados en investigaciones previas modificando algunas etapas

del proceso, que servirá como base para ser transferido a las comunidades que requieren del apoyo en los procesos de transformación, la generación del valor agregado del grano de quinua y la diversificación de la oferta a partir de la comercialización.

El producto desarrollado se propuso como una alternativa para fomentar el consumo y acceso a nuevos mercados, basado en productos innovadores y de interés para la industria de alimentos, teniendo en cuenta que este producto es más económico de elaborar que un producto lácteo, además, presenta un impacto reducido en comparación a la producción de leche, el cual se debe principalmente a que no se requiere de la cría de animales para su producción, lo que genera impacto positivo en el entorno ambiental. Si bien es cierto que la producción de yogur ha incrementado en los últimos años, también ha crecido la tendencia de consumir productos sustitutos de origen vegetal (Vasudha & Mishra, 2013). Atendiendo estas consideraciones se busca que el presente trabajo se consolide como posible alternativa de transferencia tecnológica ante las familias productoras de quinua a nivel local, regional y nacional.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar y establecer los parámetros de proceso útiles para obtención de una bebida fermentada de quinua con inclusión de bacterias ácido lácticas y endulzantes naturales.

Objetivos específicos

- Determinar la aptitud de la quinua como un sustrato a utilizar en un proceso de fermentación ácido láctica.
- Evaluar la influencia de la etapa de remojo y la inclusión del tipo de cultivo ácido láctico en la fermentación de quinua
- Determinar la aceptación sensorial de los diferentes productos fermentados

1. Capítulo 1. Marco teórico

1.1 Introducción

Este capítulo enmarca una revisión bibliográfica sobre la importancia de la quinua, uno de los pseudocereales de mayor investigación en la actualidad, que ha generado gran impacto por sus compuestos nutricionales y bioactivos. Los atributos de la quinua han creado interés en temas de investigación y desarrollo industrial, con el propósito de difundir las bondades nutricionales que promuevan la producción, comercialización y consumo a nivel global. La quinua ha sido catalogada por la (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a), como uno de los cultivos promisorios de la humanidad no sólo por sus grandes propiedades benéficas y múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana. Por esta razón, se ha convertido en objeto de estudio en la elaboración de diversos productos, que abarcan más allá de la industria alimentaria, e incluyen a la industria química, cosmética y farmacéutica.

En adición, la industria alimentaria ha incentivado el desarrollo de alimentos fermentados a base de cereales, leguminosas y semillas tradicionales. Debido a esto, algunos estudios han demostrado los efectos de la fermentación alcanzados de quinua con adición de bacterias ácido lácticas en la industria de pan, pastas y bebidas, aportando consigo beneficios funcionales dado el aporte de probióticos, el favorecimiento de la síntesis de compuestos bioactivos, la degradación de factores anti nutricionales, el prolongamiento de la vida útil, el aseguramiento de la calidad nutritiva y la inhibición de los microorganismos patógenos presentes en los productos.

1.2 Planta de quinua

La quinua es una planta herbácea anual, rústica, de crecimiento recto, que puede alcanzar alturas hasta 1.5 m, con gran número de ramas y tamaño de hoja grandes, su raíz puede penetrar hasta 1.5 m por debajo de la superficie, dependiendo de la especie, cultivares, factores climáticos y edáficos, que integran el grupo de los granos andinos. La quinua ha sido declarada por la FAO como uno de los cultivos más prometedores de la humanidad, y es considerada como un cultivo potencial para el sistema de apoyo de la vida ecológica controlada de la NASA por su capacidad de capturar dióxido de carbono en la atmósfera y generar asimilados, oxígeno y agua (Aamir, 2015; Salcedo *et al.*, 2014; Waters *et al.*, 2015).

El fruto de la quinua es un aquenio que comprende varias capas, constituido por el perigonio que envuelve a la semilla y el encargado de dar el color al fruto, el cual se asocia directamente con el color de la planta, que puede ser verde, púrpura o rojo; este presenta un aspecto membranoso que se desprende con facilidad al frotarlo o llegada la madurez. El pericarpio del fruto que está adherido a la semilla presenta alvéolos que en algunas variedades se separa fácilmente, junto al pericarpio se encuentra la saponina, glucósidos de esteroides o de triterpenoides que le transfiere el sabor amargo al grano (Aamir, 2015; Tapia *et al.*, 2016). En la Tabla 1.1 se muestra la clasificación científica de la quinua.

Tabla 1.1. Clasificación científica de la quinua

Reino	Planta
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Género	<i>Chenopodium</i>
Especie	<i>Chenopodium. Quinoa</i>

Fuente: FAO, 2013

1.2.1 La semilla

Las semillas constituyen el fruto maduro sin el perigonio, que puede ser de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, con colores entre el blanco, amarillo, rojo o negro dependiendo de la variedad, está compuesta por tres partes definidas:

episperma, embrión y perisperma. La episperma es la capa externa; en ella se encuentran las saponinas, sustancias que dan el sabor amargo al grano, cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos. El embrión está formado por dos cotiledóneas cuya radícula ésta conformada por el 30% del volumen total de la semilla, donde se encuentra la mayor cantidad de proteína y envuelve al perisperma como un anillo. Finalmente, el perisperma es el tejido principal constituido mayoritariamente por gránulos de almidón (Arzapalo & Huaman, 2014a; Vega et al., 2010).

En granos sin procesar, el espesor de la episperma varía desde 20 μm en la parte central de las caras hasta más de 100 μm en los extremos cerca del embrión, y esto hace que de los tres componentes sea el más voluminoso. Por su carácter de semilla amilácea, mayor composición de almidón, grasa y proteína, botánicamente es asignada a la clase *dicotyledoneae*, atributos asignados a un pseudocereal o pseudograno y no a un cereal (Pereira, Oropeza, Montes & Zevallos, 2015).

1.3 Producción de quinua

La quinua tiene extraordinaria versatilidad de adaptarse a diversos pisos agroecológicos por sus características particulares en cuanto a resistencia y tolerancia a factores limitantes como clima y suelo, logrando producciones aceptables (Casas, Cote, Moncayo, & González, 2016). Debido a esto, la distribución geográfica de la quinua en Sudamérica se ha extendido desde los 5° Latitud Norte, hasta los 43° Latitud Sur (Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile), con distribución altitudinal que varía desde los 4.000 m.s.n.m, con mayor diversidad genética en el altiplano de Perú y Bolivia, y a nivel mundial se ha expandido ampliamente a países como: Estados Unidos, Canadá, Francia, Holanda, Dinamarca, Italia, India, Kenia, Marruecos y China (Vidal, Cáceres, Estrada, & Rember, 2013; Vilcacundo & Hernández, 2017). Según estadísticas de la FAO, la producción de quinua en América Latina llegó a 148 720 toneladas en el 2016, volumen menor en 45 mil toneladas respecto a lo que se produjo en el 2015. Perú se consolidó como primer productor mundial a partir de 1998 hacia adelante, salvo los años 2011, 2012 y 2013, años en los cuales la producción en Bolivia creció y fue mayor. En el 2016, Perú aportó el 53,3% del volumen total producido, le siguieron Bolivia y Ecuador, los

cuales produjeron 44% y 2.7% respectivamente (Ministerio de Agricultura y Riego-Perú, 2017).

En Colombia, las zonas con mayor producción son Cauca, Nariño, Boyacá y Cundinamarca. En particular, el Departamento de Cauca ha incrementado la producción de quinua en los últimos cuatro años, destacándose con un área sembrada de 1507 ha y una producción de 1413 toneladas con el 46% de participación de producción nacional. En segundo lugar, le sigue Nariño con un área de 681 ha y una producción de 1200 toneladas, con 25% de participación. Boyacá presenta un área productiva de 250 ha y producción anual de 375 toneladas, con el 8% de participación y Cundinamarca con un área de 100 ha y 100 toneladas generadas anualmente de producto, con 3% de participación (Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

1.4 Composición química de la quinua

A nivel de características físicas y químicas, la quinua es una planta dicotiledónea con excelente fuente de macronutrientes con alto contenido de aminoácidos esenciales, por lo que difiere de los cereales comunes FAO (2013). Los aminoácidos esenciales de la quinua se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que lo tienen en el exospermo o pericarpio, como el arroz o el trigo (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a). La quinua contiene buena fuente de vitaminas, minerales y compuestos fenólicos que aportan capacidad antioxidante que previenen enfermedades tales como: cáncer, alergias, enfermedades inflamatorias y cardiovasculares (Campos & Ponce, 2017; Carrasco, Espinoza, & Jaccobsen, 2003).

La quinua tiene la capacidad de producir semillas ricas en almidón con contenido entre el 52 y 60% del peso total del grano y grasa en concentraciones hasta del 9.5% (Barraza *et al.*, 2016). El almidón de quinua tiene una alta capacidad de retención de agua, alto poder de hinchamiento, alta susceptibilidad enzimática y una excelente estabilidad bajo congelación, así como bajo nivel de retrogradación, aspectos que podrían ofrecer una alternativa interesante para sustituir almidones modificados

químicamente., El almidón tiene posibilidades especiales de uso en la industria debido al pequeño tamaño del gránulo, por ejemplo, en la producción de aerosoles, pastas, producción de papel autocopiante, postres alimenticios, excipientes en la industria plástica, talcos y polvos (Valcárcel & Caetano, 2012).

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional; el contenido de proteína varía entre 13.8 y 21.9 % dependiendo de la variedad. La quinua es considerada como uno de los pocos alimentos del reino vegetal que tiene una relación completa de aminoácidos esenciales, que se encuentran cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO (2013).

La quinua, al igual que el amaranto, contiene elementos nutricionales similares que permiten satisfacer los requerimientos de nitrógeno y aminoácidos esenciales. La proteína de quinua es superior a la del trigo, cebada y soya, comparándose favorablemente con la proteína de leche, carne, huevos, queso. Sin embargo, el portal de la FAO (2013) destaca que la quinua por ser buena fuente de muchos nutrientes se debe consumir como parte de una alimentación equilibrada junto con otro tipo de alimentos, a fin de obtener una buena nutrición general. En la tabla No 1.2 se indica la comparación de la carne, huevo, queso, leche, leguminosas y cereales con respecto a la quinua.

Tabla 1.2. Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos

Componente	Quinua	Carne	Huevo	Queso	Leche vacuna	Frijol	Maíz	Arroz	Trigo
Proteína (g/100g)	16.5	30.0	14.0	18.0	3.0	58.0	10.2	7.6	14.3
Grasa (g/100g)	6.3	50.0	3.0	51.0	3.0	1.1	4.7	2.2	23.0
Carbohidratos (g/100g)	71.0	-	-	2.5	4.6	61.2	81.1	80.4	78.4
Hierro (mg/kg)	13.2	2	3	0.7	2	20	2.1	2.6	3.8
Calorías por 100g	399	431	200	24	60	367	408	372	392

Fuente:(Barraza et al., 2016; Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a)

La quinua, a pesar de presentar un alto valor nutricional, también contiene en las semillas saponina componente antinutricional que se encuentra presente en el pericarpio del grano en determinadas concentraciones, dependiendo la variedad. Por lo cual, las saponinas deben ser eliminadas antes de su consumo, que se puede realizar por método húmedo, es decir, por lavado y frotamiento en agua fría o por método seco a través del tostado y posterior frotamiento de los granos para eliminar las capas exteriores, sin embargo, en este proceso de eliminación puede reducir el contenido de vitaminas y minerales y en cierta medida pérdida significativa de potasio, hierro y magnesio. A escala industrial las saponinas son eliminadas por descascarado abrasivo, no obstante, en este método quedan algunos residuos de saponina unidos al perisperma, que en cierta medida no afectan los procesos de transformación (Aamir, 2015).

1.4.1 Proteínas

Entre el 16 y 20% del peso de la semilla lo constituyen los aminoácidos de alto valor biológico, incluyendo los aminoácidos esenciales (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a). Las proteínas de los pseudocereales se encuentran principalmente en el embrión, a diferencia de los cereales y leguminosas que lo tienen en el endospermo. La cantidad de proteínas en la quinua depende de la variedad, con un rango comprendido entre 10.4 y 21.9% de su parte comestible siendo el más alto que en los cereales comunes; la quinua se conoce más por calidad proteica, compuesta por ocho aminoácidos esenciales, entre los más destacados se encuentran: la lisina, isoleucina, metionina, treonina y triptófano (Díaz *et al.*, 2013; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a).

Al contrario de la quinua, la mayoría de los granos tienen un bajo contenido de aminoácidos esenciales como la lisina, mientras que la mayoría de las leguminosas tienen un bajo contenido de los aminoácidos azufrados metionina y cisteína (FAO, 2013). El contenido de lisina en quinua es dos veces mayor que en el trigo y el maíz, siendo el aminoácido limitante en la mayoría de los cereales (Valcárcel & Caetano,

2012). Si se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quinua y trigo, arroz y maíz, se puede corroborar que los valores promedios reportados para la quinua son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a). La tabla No 1.3 representa la comparación de perfiles de los aminoácidos esenciales de la quinua y otros cereales seleccionados con el patrón de puntuación recomendados por la FAO, para edades comprendidas entre los tres y diez años.

Tabla 1.3. Comparación de perfiles de los aminoácidos esenciales de la quinua y otros cereales seleccionados (g/100 de proteína).

Aminoácido	Fao^a	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo
Isoleucina	3.0	4.9	4.0	4.1	4.2
Leucina	6.1	6.6	12.5	8.2	6.8
Lisina	4.8	6.0	2.9	3.8	2.6
Metionina	2.3	5.3	4.0	3.6	3.7
Fenilalanina	4.1	6.9	8.6	10.5	8.2
Treonina	2.5	3.7	3.8	3.8	2.8
Triptófano	0.7	0.9	0.7	1.1	1.2
Valina	4.0	4.5	5.0	6.1	4.4
%N del grano	-	2.5	4.0	1.5	2.2
%Proteína	17.0	12.8	18.4	9.5	14.0

a: Patrón de puntuación de los aminoácidos (puntuación de los aminoácidos corregida por la digestibilidad de las proteínas, para determinar la calidad de las proteínas en humanos (FAO, 2017). **Fuente:** (FAO,2013; Carrasco et al., 2003)

Cien gramos de quinua contienen casi el quintuple de lisina y el doble que isoleucina, metionina, treonina y valina, en comparación por cada 100 g de trigo. La excepcional riqueza que tiene la quinua en aminoácidos le confiere propiedades nutricionales muy interesantes (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a).

1.4.2 Carbohidratos

Los carbohidratos en la quinua se distribuyen entre almidón, azúcares reductores y no reductores y fibra dietaria (Díaz *et al.*, 2013). En la quinua, los carbohidratos están representados entre el 58 a 68 % de almidón y un 6.2% azúcares libres distribuidos como 1.70% de glucosa, 0.20% de fructosa, 2.90% de sacarosa y 1.40% de maltosa

(Vega et al., 2010); sin embargo, Navia, Nina, Mena y Salcedo (2019) determinan que el contenido de azúcares libres de quinua real blanca y negra se distribuye en 2.9% de sacarosa, 1.4% de maltosa, 1.7% de glucosa y 0.2% de fructosa. Entre tanto, el almidón de quinua de las variedades, rojo, amarillo y blanco, es de 59, 58 y 64 % respectivamente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a).

El almidón es el carbohidrato más importante en los cereales y pseudocereales, constituye aproximadamente entre el 60 y 70 % de materia seca, en la quinua el contenido de almidón oscila entre el 58.1 y 64.2 %, compuesta por dos tipos de biopolímeros, amilosa y amilopectina, el cual varía entre 30 a 70 % con respecto a la totalidad de almidón (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a; Reyes, Ávila, & Guevara, 2006). El gránulo del almidón tiene forma poligonal con un tamaño entre 0.6 y 2.0 μm , siendo más pequeño en comparación a los cereales comunes, siendo principalmente cristalinos e insolubles en agua a temperatura ambiente. El almidón se encuentra localizado en el perisperma en cantidades individuales o agregados compuestos de forma esférica u ovalada con tamaños entre 16 y 34 μm . Entre tanto, el contenido de amilosa según la variedad de quinua se encuentra muy cerca al 20%, mientras que la estructura molecular de la amilopectina es muy parecida a la del almidón céreo, con un grado de cristalinidad de 35 % aproximadamente (Salcedo *et al.*, 2014a; Vega *et al.*, 2010).

La amilosa está compuesta aproximadamente por 4000 unidades de glucosa, unidas por enlaces α -1,4; por lo cual en los gránulos de almidón este polímero está presente bajo la forma cristalizada, debido al gran número de enlaces de tipo puentes de hidrógeno entre los grupos hidrofílicos; por su naturaleza cristalina la amilosa solo se hincha a temperaturas elevadas. Entre tanto, la amilopectina es muy ramificada, los enlaces glucosídicos del esqueleto son α -1,4 pero en cuanto a los puntos de ramificación son enlaces α -1,6. No obstante, las moléculas de la amilopectina no tienen tendencia a la recristalización y por tanto poseen un elevado poder de retención de agua, lo que indica que el grado de recristalización es muy inferior al de la amilosa (Huapaya, 2014). En la tabla No. 1.4 se presenta el porcentaje de carbohidratos en diferentes variedades de quinua.

Tabla 1.4. Porcentaje de carbohidratos en diferentes variedades de quinua, en base seca.

Variedad de quinua	Contenido de carbohidratos (g/100 g)
Quinua blanca (Junin)	67.2
Quinua blanca (Puno)	66.7
Quinua Willd cruda (Perú)	66.3
Quinua dulce blanca (Junin)	67.4
Quinua W. dulce blanca (Puno)	68.9
Quinua W. dulce rosada (Junín)	67.1
Quinua rosada (Puno)	67.6
Quinua dulce Quitopamba	66.0
Quinua amarga (Nariño)	66.0
Quinua pasankalla (Bolivia)	70.4
Quinua común amarilla (chile)	66.8
Quinua (Ecuador)	66.2
Quinua dulce (Bolivia)	75.6
Quinua real (Bolivia)	69.7
Quinua coitu (Bolivia)	68.1
Quinua pito (Bolivia)	71.8
Quinua Qaslala (Bolivia)	72.3
Quinua (Colombia)	65.6
Otras quinuas	63.8

Fuente: (Reyes et al., 2006)

1.4.3 Fibra dietaria

La fibra dietaria en la quinua cruda varía entre los 13.6 g y los 16.0 g por cada 100 g de quinua (base seca). La mayoría de la fibra dietaria es insoluble, con un intervalo de 12.0 g a 14.4 g, mientras que la fibra soluble comprende entre 1.4 g y 1.6 g por cada 100 g; de modo similar al valor proteico total de la quinua, el valor de la fibra

dietaria es por lo general superior al de la mayoría de granos e inferior al de las leguminosas (Repo & Serna, 2011; FAO, 2013). La fibra dietaria es reconocida como un componente en los alimentos con capacidad de disminuir los niveles de glucosa y colesterol en la sangre, disminuir el riesgo de padecer enfermedades del corazón, reducir el estreñimiento y eliminar toxinas o residuos que puedan afectar el organismo, por lo cual se recomienda consumir entre 20 y 30 g/día. La quinua en particular tiene la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago, por lo que se logra plenitud con poco volumen de los granos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a). La tabla No. 1.5 presenta el rango de composición de fibra dietaria de quinua, en comparación a otros cereales y pseudocereales.

Tabla 1.5. Rango composicional de fibra dietaria de quinua, en comparación a otros cereales y pseudocereales, base seca (g/100g).

Nutrientes	Quinua	Amarant o	Trigo	Cebada	Maíz	Arroz
Fibra dietaria	2.1-14.2	6.7-20.6	11.7-12.3	11.5	8.1	2.7

Fuente: (Díaz *et al.*, 2013)

La digestibilidad y fermentación de la fibra dietaria depende tanto de su composición química, como de su estructura. Uno de los componentes mayoritarios de fibra en la quinua corresponde a celulosa, reportado con valores promedio de 50.86% del total de fibra dietaria. La importancia de este componente en la alimentación reside en su insolubilidad, lo que estimula los movimientos peristálticos del intestino e influye de forma especial en el tránsito de los alimentos. Otro de los componentes importantes es la hemicelulosa, polisacárido de estructura compleja, menos rígida que la celulosa, compuesta por elementos solubles como la hemicelulosa B, heteroglucano que contiene más de una clase de monosacáridos o ácidos urónicos (galacturónico, glucorónico y manuriónico), reportada en algunas variedades de quinua criolla en un 3.34%, como producto aprovechable para elaboración de masas por la capacidad de ligar agua e incrementar la viscosidad. En tanto la hemicelulosa A, presente en quinua criolla, es un componente que podría ser aprovechado para la elaboración de

galletas dado que requieren características de sequedad y menos elasticidad (INIAP, s.f.).

Otro de los componentes presentes en la fibra dietaria de la quinua son las galactanas, hallándose en concentraciones hasta de 0.01%; así como también sustancias pécticas que le confieren al grano mayor resistencia a la ruptura, que pueden ayudar en la reducción del colesterol sanguíneo y otras propiedades benéficas tales como la capacidad de intercambio catiónico, la sensibilidad a la fermentación, la inhibición de enzimas digestivas y capacidad antioxidante, de acuerdo a lo mencionado (INIAP, s.f; Repo-carrasco-Valencia & Serna, 2011)

1.4.4 Lípidos

En los granos de quinua la mayor parte de los lípidos se encuentran en el embrión, y además la composición de ácidos grasos se asemeja a la soya, lo cual representa una ventaja nutricional debido a que ambos poseen una proporción apreciable de ácidos grasos poliinsaturados y cantidades reducidas de ácidos saturados como el ácido esteárico y el eicosapentaenoico que son muy similares al aceite del germen del maíz, el cual indica que los granos de quinua son una fuente potencial para la extracción de aceite, formados por tocoferoles y ácidos grasos, aspecto que no ha sido estudiado a profundidad (Carrasco *et al.*, 2003; FAO, 2011a;Díaz *et al.*,2013).

La quinua posee 6.0 g de grasa/100 g de materia seca, además contiene ácidos grasos insaturados omega 6 (ácido linoleico) con un 50.24 % en proporción al contenido total de grasa, un valor muy similar al encontrado en el germen del maíz con un rango entre 45 a 65 %, el omega 9 (ácido oleico) es el segundo ácido graso más importante en la quinua, con un 26.04 %, omega 3 (ácido linolénico) se encuentra en una proporción aproximada del 4.77 %, seguido del ácido palmítico con un 9.59 %, y otros ácidos grasos en pequeñas cantidades como ácido esteárico y ácido eicosapentanoico (Carrasco *et al.*, 2003; FAO, 2011a). Algunos estudios han demostrado que los lípidos de la quinua contienen vitamina E, que actúa como antioxidante natural (Solorzano, 2013; Vilcacundo & Hernández, 2017).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2011a) y Vega (2010) el 82.71% de ácidos grasos en la quinua son insaturados. En las últimas décadas los ácidos grasos insaturados han cobrado gran importancia por la actividad benéfica para el organismo. La tabla No. 1.6 presenta el rango del contenido de lípidos en la quinua y amaranto.

Tabla 1.6. Rango contenido de lípidos de la quinua, en comparación con otros cereales y pseudocereales base seca.

Nutrientes	Quinua g/100 g	Amaranto g/100 g
Total lípidos	5.90	7.1
Ácidos grasos insaturados	75	75
C14-ac. Mirístico	0.10	0.20
C16-ac. Palmítico	14	21.1
C16:1-ac. Palmitoleico	0.2	16
C18-ac. esteárico	0.6	3.6
C18:1-ac. Oleico	19.3	29.4
C18:2-ac. Linoléico	51.2	42.7
C18:3-ac. Linolénico	4.95	0.85
α -Linilénico C18:3	3.8	-
C:20 ac. Araquídico	0.40	0.80

Fuente: (Díaz *et al.*, 2013)

1.4.5 Vitaminas

La quinua posee un alto contenido de vitaminas del complejo B, C y E. La vitamina E tiene propiedades antioxidantes que impide la peroxidación de los lípidos, aportando de esta forma a la estabilidad de la estructura de las membranas celulares y protección del sistema nervioso, el músculo y la retina de la oxidación. La quinua es rica en α -caroteno y niacina (vitamina B3), sustancialmente contiene más riboflavina (vitamina B2), α -tocoferol (vitamina E) y β -caroteno que el trigo y el arroz FAO (2013); en términos de una porción comestible de 100g, la quinua suministra 0.20 mg de piridoxina, 0.61 mg de ácido pantoténico, 23.5 mg de ácido fólico y 7.1 mg de biotina (Vargas, Arteaga, & Cruz, 2019). El contenido de vitaminas, dependiendo la variedad,

puede variar (Miranda *et al.*, 2011). En la tabla No 1.7 se reporta el contenido de vitaminas promedio de la quinua.

Tabla 1.7. Contenido de vitaminas promedio en quinua.

Vitaminas	Rango (mg/100 g de materia seca)
Vitamina A (Carotenos)	0.12 -0.53
Vitamina B1	0.35 -0.65
Vitamina B2	0.06-0.08
Vitamina B3	0.56-1.57
Vitamina E	4.60-5.90
Tiamina	0.05-0.60
Riboflavina	0.20-0.46
Niacina	0.16-1.60
Ácido ascórbico	0.00-8.50

Fuente: (Miranda *et al.*, 2011; FAO, 2011a ;(Vega *et al.*, 2010)

1.4.6 Minerales

La quinua tiene casi todos los minerales fundamentales en la nutrición humana, pues contiene potasio, zinc, magnesio, fósforo, manganeso, hierro y calcio. El contenido de hierro es dos veces más alto que en el trigo y tres veces más alto que en el arroz, en cambio el contenido de calcio es cuatro veces más alto que el maíz, el centeno y el arroz. En especial, la quinua es una buena fuente de hierro, calcio y magnesio si se compara con las recomendaciones relativas de consumo diario de minerales. El calcio es un componente esencial que ayuda a evitar la descalcificación y la osteoporosis, es responsable de muchas funciones estructurales de los tejidos duros y blandos del organismo, así como la regulación de la transmisión neuromuscular de estímulos químicos y eléctricos, la secreción celular y la coagulación sanguínea (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a; Solorzano, 2013; Vilcacundo & Hernández, 2017). En la tabla No.1.8 se aprecian las cantidades de minerales de quinua en comparación con otros cereales.

Tabla 1.8. Contenido de minerales en la quinua, en comparación a otros cereales en mg por cada 100g de materia seca

Minerales	Quinua	Trigo	Frijol	Arroz	Centeno	Maíz
Fósforo	387	387	367	260	428	293
Calcio	149	50	119	15	49	17
Magnesio	270	169	2.00	118	138	137
Manganeso	10	12	00	6	-	1
Sodio	11	4	252	30	10	35
Potasio	927	578	1098	118	-	377
Hierro	13	5	8.6	3	4	2
Cobre	4.0	1.0	1.0	0.4	1.0	1.0
Zinc	8	5	00	2	2	3

Fuente: (Carrasco *et al.*, 2003;FAO,2013;Romo *et al.*, 2006)

1.5 Bebidas fermentadas elaboradas a partir de matrices vegetales

Existe una tendencia creciente al consumo de bebidas a base de vegetales, frutas y cereales a nivel mundial y, en consecuencia, el interés de incrementar el desarrollo de nuevos alimentos funcionales no lácteos que beneficien los aspectos en la salud, como la intolerancia a la lactosa, alergias a la leche y las enfermedades estomacales, por lo cual ha ido incrementado la demanda de estos productos a nivel de mercado (Casas *et al.*, 2016). La bebida de soya es el sustituto vegetal más común, sin embargo, el 14% de los individuos que contraen alergias ocasionadas por la leche de vaca, también presentan reacciones alérgicas con la bebida de soya, por ello han desarrollado otros productos vegetales a base de avena, almendras, arroz, coco, mijo, maíz, trigo, sorgo y quinua que representan una opción de consumo y alto potencial dentro de la industria alimentaria debido a su valor nutricional (Enujiugha & Badejo, 2017; Zannini, Jeske, Lynch, & Arendt, 2018).

Las bebidas fermentadas de cereales y de extractos de frutas han generado un enorme potencial para llenar el vacío en el mercado de consumo, desde principios del tercer milenio y con ello el interés científico, incrementado la promoción y producción de alimentos sustitutos de la leche a nivel industrial, manteniéndose en continuo crecimiento con alimentos que no sólo proporcionan nutrientes esenciales

necesarios, sino también, compuestos bioactivos que evitan el riesgo de desarrollar enfermedades; por lo cual han logrado abarcar en un 25% de la dieta en Europa y un 60% en países en desarrollo (Corona et al., 2016; Corona et al., 2016).

Las bebidas funcionales a base de quinua se han convertido en referencia de alimentos saludables por las recientes tendencias de consumo de productos naturales, que han ido satisfaciendo las necesidades del consumidor en términos de contenido, tamaño, forma, apariencia, facilidad de distribución y la oportunidad de incorporar nutrientes y componentes bioactivos. Existen diferentes tipos de productos comerciales como: (1) bebidas lácteas incluyendo bebidas probióticas y bebidas enriquecidas con minerales y ácidos grasos tipo omega, (2) bebidas de frutas y vegetales, y (3) bebidas energizantes y deportivas (Corbo, Bevilacqua, Petruzzi, Casanova, & Sinigaglia, 2014).

Se reportan estudios en bebidas fermentadas a base de leguminosas como soya, un alimento usualmente encontrado en el mercado, comprobado como alternativa nutricional y sustituto de las bebidas lácteas. La bebida de soya presenta bajos contenidos de calcio y magnesio, también contiene proteínas y aminoácidos que puede reducir hasta un 20% la tasa de colesterol en sangre ha sido percibida como un alimento saludable debido a su contenido de isoflavonas y los impactos benéficos que aporta a la salud. Además, tiene proteína, fibra, bajo colesterol, sin lactosa y altos niveles de compuestos bioactivos, fenólicos; las isoflavonas, clasificadas como flavonoides y fitoestrógenos, son componentes fenólicos característicos de la soya (Corbo, Bevilacqua, Petruzzi, Casanova, & Sinigaglia, 2014b; García, 2017; Corbo et al., 2014; García, 2017; Quicazán, 2012).

Otro alimento disponible es el extracto soluble en agua de avena, ampliamente usado como sustituto de la soya y leche animal; la avena presenta problemas por la presencia de gluten, componente que puede afectar a las personas con enfermedades celíacas. Esta bebida puede disminuir su valor nutritivo, dado que se producen cambios en su microestructura y en las características funcionales de sus proteínas, almidón y componentes de la fibra; la transformación de la avena a una forma líquida implica tratamientos térmicos que podrían causar la pérdida de algunas

vitaminas y minerales, así como la modificación del perfil de ácidos grasos y la alteración de las propiedades del beta-glucano (García, 2017).

Las bebidas fermentadas derivadas del maíz como la chicha y el guarapo son conocidas ampliamente por sus procesos de producción artesanal y sus características sensoriales, sobre todo en zonas rurales de la región andina. Por otra parte, el masato es una bebida tradicional colombiana preparada a partir de diferentes materias primas como yuca, arroz, maíz e incluso con piña, siendo un alimento que tiene características propias como textura, cantidad de alcohol y sabor dulce (Becerra, 2014). La bebida fermentada de arroz es elaborada a partir de harina húmeda o seca, a la que le añaden algunas sustancias como aromatizantes/saborizantes; el contenido total y valor biológico de las proteínas de esta bebida es inferior a las proteínas lácteas. Pocos estudios han evaluado la adición de cultivos iniciadores o probióticos a la bebida fermentada a base de arroz (Dourado, Soares, Rodriguez, Caliar, & Colombo, 2017; García, 2017).

Otro producto conocido es la bebida fermentada de almendras, destacado por su alto costo y comercializado industrialmente, las almendras contienen un importante valor nutricional, no contienen lactosa, ni lipoproteínas de baja densidad, es rica en antioxidantes y minerales esenciales como el potasio y el calcio. Posee un alto contenido de vitamina E, un antioxidante natural que ayuda a prevenir diferentes desórdenes metabólicos y retrasar los procesos de envejecimiento (Consejo Superior de Investigaciones Científicas Serrano, 2010; García, 2017).

Entre tanto, la bebida fermentada de sorgo blanco contiene componentes de importancia para ciertas funciones biológicas del organismo humano, tales como tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, niacina, entre otros. Adicional a esto, contiene fibra soluble que evita el tránsito intestinal lento y contribuye a la disminución de la hipercolesterolemia (Vicente, 2013). Entre tanto, la bebida fermentada de mijo o Togwa es una bebida muy consumida en el este de África, caracterizada en esa región como un refresco, producto consumido especialmente por mujeres en etapa post natal, lactantes, niños y adultos (Amadou, Gbadamosi, & Le, 2011).

En cuanto a las bebidas fermentadas de pseudocereales, éstas han sido poco estudiadas; actualmente en algunos países productores de quinua están trabajando en el desarrollo de análisis y estudios sobre los procesos de fermentación de la quinua con inclusión de bacterias ácido lácticas y probióticos (Maldonado & Carillo, 2014; Reina, 2016; Vera et al., 2016). Algunas de estas bebidas le han adicionado otros componentes tales como lactosuero, extractos de soya, leche en polvo descremada, glucosa, azúcar, estabilizantes, gelatina y harina de quinua germinada, reportando resultados favorables de los procesos de fermentación. En la Tabla No. 1.9 se recopilan algunos estudios realizados a escala laboratorio.

Tabla 1.9. Caracterización de bebidas fermentadas elaboradas a base de quinua con inclusión de bacterias ácido lácticas y agentes probióticos.

Materia prima Utilizada	Producto elaborado	Bacterias ácido lácticas empleadas	Referencia
Bebida comercial de quinua	Elaboración de bebida fermentada de quinua, a partir de un extracto acuoso comercial de quinua.	<i>Cibaria Weissella</i> MG1, obtenido de la colección de cultivos del laboratorio Cereal Science de la Universidad de Cork, Irlanda	(Zannini <i>et al.</i> , 2018)
Extracto hidrosoluble de quinoa, leche en polvo, sorbato de potasio y goma xantan	Desarrollo de Una Bebida Fermentada a Base de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	(<i>S. thermophilus</i> y <i>L. bulgaricus</i>) y probióticos (<i>L. acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium lactis</i>).	(Maldonado & Carillo, 2014)
Quinoa germinada	Obtención de bebida fermentada a base de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> willd)	Bacterias ácido lácticas (BAL) mezcla de: <i>Lactobacillus delbrüeckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> y <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	(Olivo, Morales, & Gutierrez, 2015).

Extracto de quinua y extracto de soja y leche	Elaboración de bebida fermentada a base del extracto de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) y soja (<i>Glycine max</i>) con aplicación de probióticos.	<i>Lactobacillus plantarum</i> BG112, <i>Lactobacillus casei</i> BGP93 adición de bacteria nativa del 1%.	(Barco, 2017)
Almidón hidrolizado de harina de quinua, y suero	Elaboración de una bebida probiótica a partir de la fermentación láctica del almidón hidrolizado de harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>).	Aplicación de hidrólisis enzimática de α -amilasa de <i>Bacillus licheniformis</i> Sigma Aldrich® Cultivos probióticos Vivolac Dri-Set Bioflora Aby 424	(Huapaya, 2014)
Extractos acuosos de quinua, aceite de soja y leche en polvo desnatada	Desarrollo y validación en un simulador de ecosistema microbiano humano de una bebida simbiótica a base de extractos acuosos de quinua y soja.	<i>Lactobacillus casei</i> Lc-01 y agregado de fructooligosacáridos (Prebiótico FOS)	(Bianchi, 2013)
Lactosuero enriquecido con harina de maíz germinada y quinua germinada.	Elaboración de una bebida fermentada de quinua blanca germinada	Cultivo Láctico Comercial <i>Cultivo Vivolac DRI-SET 438 cultivo comercial</i>	(Reina, 2016)
Lactosuero, quinua y gelatina	Elaboración de una bebida fermentada probiótica a partir de lactosuero con quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) y estabilizado con gelatina.	Mezcla de bacterias ácido lácticas: <i>S. Thermophilus</i> <i>L. Acidophilus</i> <i>Bifidobacterium animalis ssp lactis</i>	(Guzmán & Apaza, 2010)
Harina de quinua variedad Tunkahuan, azúcar, glucosa y gelatina sin sabor	Obtención de una bebida fermentada a base de Quinoa germinada	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i>	(Campos & Ponce, 2017)

Fuente: Elaboración propia, 2020

1.6 Empleo de bacterias ácido lácticas en la fermentación de matrices vegetales.

Las bacterias ácido lácticas y levaduras han sido utilizadas con éxito para fermentar productos a base de cereales, leguminosas y semillas tradicionales. Debido a esto, algunos estudios realizados han demostrado los efectos de la fermentación en la industria de pan, pastas y bebidas, trayendo consigo beneficios funcionales de bioprocesamiento en especial en bebidas tradicionales novedosas que incluyen actividad probiótica, así como también favorecer la síntesis de compuestos bioactivos y la degradación de factores anti-nutricionales Amadou *et al.* (2011), Loruso y Coda (2018) Bacterias ácido lácticas

Las BAL desempeñan un importante papel en los procesos de fermentación, no sólo por la capacidad de acidificar y preservar alimentos, sino también por mejorar las características sensoriales como textura, sabor, olor y aroma, incrementando la calidad nutritiva en los alimentos fermentados, esto dado por la producción de exopolisacáridos y la modificación de proteínas. La producción de exopolisacáridos ha contribuido en las características de textura en alimentos fermentados, debido a la actividad metabólica sobre las proteínas, azúcares y lípidos que contribuyen a la digestibilidad de alimentos y preservación del producto final (Ramirez, Ulloa, Velázquez, Ulloa, & Romero, 2011).

Los microorganismos implicados en la fermentación obtienen energía metabólica fundamentalmente a partir de los carbohidratos, por medio de reacciones en las que intervienen la fosforilación inicial de glucosa y la formación de piruvato, del cual se obtienen ácidos orgánicos, alcoholes y CO₂. Dichos microorganismos implicados también se conocen como iniciadores, los cuales definen como: “una o más cepas de una o más especies bacterianas, que se utilizan para inocular un producto crudo o pasteurizado, con el propósito de iniciar la fermentación” (Magadán, 2007). Los cultivos iniciadores han sido utilizados para acidificar alimentos tales como leche, frutas, carnes, pescado, verduras, cereales, raíces y tubérculos, gracias a sus efectos benéficos en la salud humana, aumento de características organolépticas y actividad para servir como barrera para la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos en alimentos fermentados, debido a la producción de

ácido láctico y otros metabolitos sintetizados por las BAL (Guerrero, 2014; Guyot, 2012).

Las BAL constituyen un grupo de bacterias Gram- positivas, catalogadas por sus características morfológicas, metabólicas y fisiológicas. Dentro de los productos del metabolismo de las BAL se encuentran compuestos antifúngicos y compuestos orgánicos tales como: ácido láctico y acético, así como otros ácidos orgánicos, acetona, dióxido de carbono, diacetilo, peróxido de hidrógeno, ácido caproico, ácidos grasos, dipéptidos cíclicos, entre otros compuestos. Las BAL típicas en estos procesos incluyen especies tales como *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus leichmannii*, *Streptococcus lactis* y *Lactococcus*, por nombrar unos cuantos (García, Arrázola, & Durango, 2010; Tufail et al., 2011; Waters et al., 2015).

El género *Lactobacillus* está compuesto por más de 100 especies bacterianas, y han sido recientemente investigados como un cultivo iniciador, por su capacidad de sintetizar vitaminas del complejo B (folato, riboflavina) y otros metabolitos de bajo peso molecular, como el 3- fenil- láctico, algunos ácidos grasos y péptidos cíclicos que se destacan por ser potentes fungicidas Guerrero et al. (2014). Los *Lactobacillus* son bacilos largos y finos, algunos curvados o cortos de morfología cocobacilar conforme, con habitual formación de cadenas. La longitud de los bacilos y el grado de curvatura está dada en función a la edad del cultivo, son de metabolismo fermentativo, sacarolíticos y su característica principal es fermentar azúcares con producción de ácido láctico; son homofermentadores cuando originan ácido láctico y heterofermentativos al producir ácido láctico y otros compuestos diferentes (Amarocho-Cruz, 2011). Este género contribuye efectivamente a la tecnología de alimentos, produciendo compuestos volátiles que pueden otorgar un aroma placentero a los productos fermentados (Guerrero et al., 2014; Waters et al., 2015).

El *Lactobacillus delbrueckii* es la especie más antigua del género *lactobacillus*, la cual necesita para su desarrollo ácido pantoténico, niacina, riboflavina, ácido fólico y vitamina B12. De este género se desprenden cuatro subespecies tales como *delbrueckii*, *bulgaricus*, *lactis* y *indicus*, sub especies que comparten al menos el 78% de similitud del ADN, empleadas en productos lácteos fermentados, quesos y yogur

Amorocho- Cruz (2011) Kafsi *et al.* (2014). El *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* es ampliamente utilizado en la industria láctea como cultivo iniciador, produce exopolisacáridos extracelulares utilizados en la fabricación de productos lácteos como yogur. Este es un microorganismo productor de ácido γ -amino butírico (GABA) importante en las funciones fisiológicas como la inducción de hipotensión, efectos diuréticos y tranquilizantes (Amorocho-Cruz, 2011). Esta cepa no solo tiene la capacidad de metabolizar los azúcares presentes en la leche, sino que también, presenta capacidad de fermentar otro tipo de sustratos de origen vegetal a través de la hidrólisis del almidón mediante las amilasas presentes, que mejoran notablemente la digestibilidad de los alimentos fermentados por estas bacterias, teniendo en cuenta que el almidón es la principal reserva de los carbohidratos en los pseudocereales y cereales, que a partir de su hidrólisis permite la producción de ácido láctico (Dominguez, 2013). Otro estudio revela que *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* presenta capacidad para fermentar manosa, monosacárido que se encuentra formando parte de algunos polisacáridos de frutas o vegetales (Kafsi *et al.*, 2014). Recientemente este microorganismo también se ha considerado un probiótico (Amorocho-Cruz 2011; Serrero *et al.*, 2002).

El *Streptococcus thermophilus* codifica la producción de ácido p-aminobenzoico (PABA), el cual no es capaz de producir el *Lactobacillus bulgaricus*. El PABA es un precursor de biosíntesis de cofactores metabólicos como el folato, elemento esencial en las funciones celulares de ambas BAL. Es una de las BAL más importantes, ya que no sólo se utiliza en la fabricación de queso *cheddar* sino también en distintas variedades de queso italiano, este se constituye junto con el *L. bulgaricus* como cultivo iniciador empleado para la fabricación de yogur (Guerrero *et al.*, 2014; Hernandez, 2007). El *Streptococcus thermophilus* tiene la capacidad de crecer más rápido que el *Lactobacillus bulgaricus*, produciendo ácido fórmico, ácido fólico y dióxido de carbono, compuestos que están asociados con la biosíntesis de purina como precursores o cofactores, producción que estimula el crecimiento del *Lactobacillus bulgaricus*, que gracias a la actividad proteolítica, libera péptidos y aminoácidos, metabolitos que a su vez son aprovechados por los *Streptococcus thermophilus*, que al carecer de enzimas proteolíticas extracelulares, requieren un aporte exógeno de dichos compuestos (Sieuwerts *et al.*, 2010). De tal manera, el metabolismo desarrollado del *Streptococcus thermophilus* provoca una disminución

inicial de pH hasta un nivel de 5, que posteriormente aprovecha el *Lactobacillus bulgaricus* y acidifica el producto final llevándolo hasta un pH 4. Debido a este efecto simbiótico se favorece el crecimiento mutuo de ambas especies, que finalmente son las encargadas de dar el típico aroma y textura al yogur (Hernández, 2007).

El *Lactobacillus delbrueckii* ssp *lactis* es una cepa potencialmente probiótica que ha demostrado propiedades interesantes como la capacidad de inhibir actividades enzimáticas dañinas, así como el crecimiento de microorganismos patógenos. El *Lactobacillus delbrueckii* ssp *lactis* al igual que el *Lactobacillus ssp bulgaricus* son bacterias termófilas productoras de ácido láctico, que son utilizadas en gran medida en las industrias lácteas, especialmente para la producción de queso y yogur, en efecto la especie *Lactobacillus bulgaricus* es conocida principalmente por el uso en la fabricación de yogur, mientras que el *Lactobacillus lactis* usada tradicionalmente para la producción de quesos tipo parmesano y emmental. No obstante, algunos estudios reportan que el *Lactobacillus lactis* también presenta capacidad de metabolización de los carbohidratos más complejos, incluyendo la fermentación de azúcares de origen vegetal como la maltosa, manosa, sacarosa y trehalosa, lo que permite incrementar ventajas competitivas en los procesos de fermentación vegetal. Una de las principales características del *Lactobacillus lactis* es la producción de niacina (bacteriocina), que permite reducir las poblaciones bacterianas patógenas presentes en los alimentos (Henry & Jarriín, 2015; Hugo, Rolny, Romanin, & Pérez, 2017; Kafsi, et al., 2014).

1.7 Índices de calidad en la fermentación de bebidas.

Según la (FAO/OMS, 2016), el criterio microbiológico para un alimento define la aceptabilidad de un producto o lote del alimento, o de un proceso para producirlo, basado en la ausencia o presencia, de microorganismos, y/o cantidad de sus toxinas/metabolitos, por unidad de masa, volumen o superficie; por lo cual llevar a cabo el análisis en los alimentos, permite garantizar que los productos procesados que lleguen a la fábrica o planta, cumplan con las especificaciones microbiológicas de calidad exigidas, garantizando al consumidor el abastecimiento de productos inocuos y de calidad (FAO/OMS, 2016).

En ese orden de ideas, la Resolución 2310 (1986) del Ministerio de Salud y Protección Social, establece para denominarse un producto fermentado como yogurt, este debe partir de leche higienizada, además que haya sido sometido a un proceso físico como pasteurización, ultra pasteurización u otro, con el objeto de reducir al mínimo los posibles peligros para la salud, derivados de microorganismos; por lo cual, es importante emplear métodos usuales para evaluar la calidad microbiológica de los alimentos y que a su vez también puede ser aplicados para evaluar productos similares como bebidas fermentadas de origen vegetal.

Típicamente, los productos fermentados suelen ser analizados a través del recuento de mohos y levaduras, así como la determinación de coliformes totales y fecales. El recuento de mohos y levaduras permite garantizar la inocuidad y confiabilidad de los alimentos fermentados, teniendo en cuenta que es un indicador de prácticas sanitarias adecuadas durante la producción y el almacenamiento de los productos, así como el uso de materia prima y de equipos contaminados (Camacho et al., 2009).

Entre tanto, la determinación de coliformes totales tiene una importancia relevante como indicador de contaminación por mala manipulación. El análisis de coliformes permite evidenciar la eventual presencia de microorganismos como *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* en muestras de agua potable y alimentos. Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes; este determina si el alimento ha sido manipulado durante todo el proceso en condiciones que aseguren su higiene e inocuidad (Campuzano, Mejía, Madero & Pabón, 2015)..

En este contexto, la resolución anteriormente citada ha sido tomada como base en diferentes investigaciones para evaluar los criterios microbiológicos de calidad en productos lácteos, pero puede ser tomada en cuenta para la estimación de los parámetros de calidad microbiológicos en productos fermentados de origen vegetal, dado que no existe ninguna normatividad vigente para estos.

1.8 Características de las bacterias ácido lácticas (BAL)

Además de las características de las bacterias ácido lácticas mencionadas previamente, se debe indicar que son microorganismos anaerobios facultativos,

catalasa, oxidasa y bencidina negativa, no formadores de esporas, no pigmentan ni reducen el nitrato, carecen de actividad respiratoria por la falta la enzima citocromo catalasa y producen ácido láctico como el único o principal producto de la fermentación de carbohidratos, a través de la degradación de hexosas a lactato y productos adicionales como acetato, etanol y CO₂. Las BAL contienen un grupo hemina que les permite poner en marcha la cadena respiratoria con el oxígeno como aceptor de electrones, son anaerobio tolerantes los cuales en medios de cultivos sólidos forman colonias en presencia de aire (Carrera, 2015; Parra, 2010; Ramírez et al., 2011; Waters et al., 2015). Según sus características bioquímicas las bacterias lácticas se clasifican en:

Homofermentativas: Usualmente metabolizan la glucosa por una vía bioquímica llamada ruta glucolítica de Embden Meyerhof Parnas, produciendo dos moléculas de lactato por cada molécula de glucosa con un rendimiento mayor a 0.9 g/g; Solamente las bacterias ácido lácticas homofermentativas producen ácido láctico a partir de la glucosa hasta con un 98% de rendimiento (Garcia *et al.*, 2010; Stoyanova, Ustyugova, & Netrusov, 2012).

Heterofermentativas, producen el 50% de ácido láctico y otras sustancias, no tienen fructosa-difosfato-aldolasa, por lo tanto, degradan los glúcidos por la vía denominada pentosa fosfato o hexosa fosfato. Las BAL heterofermentativas fermentan un mol de glucosa para formar un mol de ácido láctico, un mol de etanol, un mol de CO₂ y un mol de ATP. Este grupo está compuesto por géneros como *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus*, grupo de bacterias que contienen la enzimas fosfocetolasa, pero que carecen de la aldolasa y hexosa isomerasa; así que, en lugar de seguir por la vía de Embden Meyerhof Parnas, utilizan la vía de la hexosa monofosfato o la de la pentosa Parra (2010).

Adicionalmente, los microorganismos pueden ser clasificados según su tolerancia a la temperatura en:

Termófilos: requieren una temperatura ideal de incubación entre 30 a 45°C, con volumen de cultivo líquido de 2-3%, tiempo de incubación entre 2 a 4 h y acidez final de 0.9% de ácido láctico, entre las que se encuentran especies como: *Lactobacillus*

delbrueckii subsp bulgaricus, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus Plantarum* y *Sterptococcus thermophilus* (Parra, 2010; Stoyanova *et al.*, 2012).

1.8.1 Glucólisis de fermentación

La glucólisis es la ruta de fermentación más importante, la cual esta ampliamente distribuida en los seres vivos; el resultado final de la glucólisis es la liberación de una pequeña cantidad de energía, que se conserva como ATP, para ser usada en varias funciones celulares y la formación de productos de fermentación derivados del piruvato, tales como ácido lactico, etanol o CO₂. Este proceso se divide en tres etapas principales de las cuales comprende una serie de reacciones individuales catalizadas enzimáticamente (Michael, Martinko, & Parker, 2008). En la figura No 1.1 se indica las etapas de la glucolisis de la fermentación.

- **Etapas I y II reacciones preliminares y reacciones redox**

La primera parte no implica óxido - reducción, y lleva a la producción del intermediario clave gliceraldehído 3-fosfato, para ello, al inicio, la glucosa sufre una fosforilación con consumo de ATP, dando origen a la glucosa 6-fosfato, la cual sufre una isomerización y otra fosforilación que se convierte en fructosa 1-6-difosfato metabolito intermediario clave de la glucolisis. En este punto es importante anotar que al fermentarse otros azúcares distintos a la glucosa, estos se convierten antes en fructosa -1-6-difosfato para ser utilizados por la ruta de Embden Meyerhof Parnas. La enzima aldolasa cataliza la rotura de la fructosa -1-6-difosfato en dos moléculas de tres átomos de carbono, el gliceraldehído 3 fosfato y su isómero dihidroxiacetona fosfato, el cual ocurre porque la enzima cataliza la interconversión de dihidroxiacetona – fosfato a gliceraldehído-3-fosfato (Medigan *et al.*, 2008; Sanchez *et al.*, s.f.).

La primera reacción redox de la glucolisis tiene lugar en la II etapa, donde ocurren las reacciones de oxido - reducción, donde hay producción de energía (ATP) a partir del enlace fosfato, originando como producto final etanol y CO₂, para ello el gliceraldehído 3-fosfato es convertido en 1,3-difosforilato por la incorporación de fosforo inorganico – fosforilación a nivel de sustrato-con la intervención de la coenzima

NAD, el cual se reduce a NDAH, siendo una reacción que ocurre dos veces, una por cada molécula de gliceraldehido 3-fosfato, y conversión posterior del difosfoglicerato en fosfoenolglicerato que permite la generación de ATP, que en una etapa siguiente se oxida para dar lugar a la formación del ácido pirúvico y la generación de más energía en forma de ATP. De esta manera, en la glucólisis se consumen dos moléculas de ATP, mientras que en las dos fosforilaciones de la glucosa se producen a su vez cuatro moléculas de ATP, lo cual representa para el microorganismo que realiza la fermentación una ganancia de dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa fermentada (Medigan *et al.*, 2008; Sanchez *et al.*, s.f.).

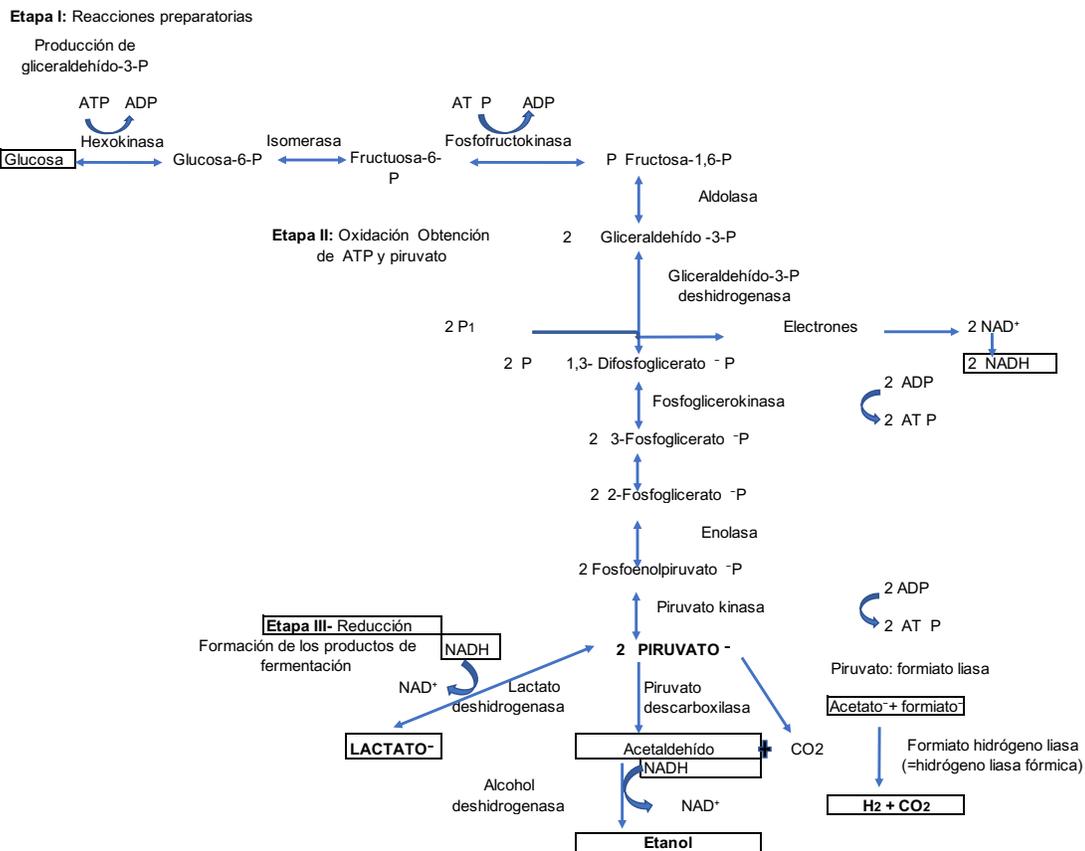


Figura 1.1. Etapas de la glucólisis de fermentación.
Fuente: (Michael *et al.*, 2008)

- **Etapa III producción de fermentación**

El NAD en las células eucariotas se regenera a su forma oxidada por medio del ciclo de Krebs, pero en el caso de algunos organismos como las levaduras que no cuentan con mitocondrias, la vía de regeneración del NAD⁺ es una oxidación del piruvato al gliceraldehído en condiciones anaerobias (sin oxígeno), en el cual el piruvato se reduce a etanol y libera CO₂. En caso de las BAL el piruvato se reduce a lactato. Algunos microorganismos como los protozoos y bacterias, así como los tejidos musculares de los animales pueden reducir ese piruvato a ácido láctico, este proceso se conoce como fermentación láctica. Existen otros tipos de fermentaciones como la heteroláctica en la que se producen otros tipos de compuestos, entre los que se encuentran el ácido láctico, acetato, succinato y formiato, así como también etanol (Michael *et al.*, 2008).

1.9 Proceso elaboración de bebidas fermentadas a partir de quinua

La fermentación de cereales y pseudocereales se ha ido incrementado de manera gradual a nivel mundial. No obstante, cada proceso de elaboración de los productos fermentados presenta técnicas de fabricación diferentes acordes a la matriz alimenticia. En este orden de ideas, se describen algunos desarrollos existentes relacionados a la elaboración de bebidas fermentadas de quinua. Uno de estos procesos fue realizado a partir de una suspensión acuosa de la harina de quinua al 12.5% p/p, acondicionada a pH 7.8. La hidrólisis fue realizada con la adición de α -amilasa producida por *Bacillus licheniformis* al 0.01% p/p. La harina se sometió a cocción a 100°C por 40 min y luego a hidrólisis del almidón a 90°C por 60 minutos. La fermentación se realizó con la adición de microorganismos probióticos compuestos por las especies: *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium spp* a una concentración de 10% (v/v) y a una temperatura de 42°C por 10 horas, hasta lograr un pH 3.8 y un contenido de ácido láctico alrededor del 0.2% y sólidos solubles de 2.8°Bx. Los productos finales fueron endulzados con miel de abejas, algarrobina, naranja y mango para dar sabor natural a la bebida fermentada (Huapaya, 2014).

Entre tanto, Barco (2017) estableció un procedimiento experimental para elaborar una bebida fermentada a base de extracto de quinua y soya, con aplicación de

probióticos. Para este proceso se utilizó quinua y soya. Las bacterias usadas durante la fermentación fueron cultivos liofilizados de *Lactobacillus Plantarum* BG112 y *Lactobacillus casei* BGP 93, adicionalmente se usó una bacteria nativa aislada. Una vez se obtuvo el extracto acuoso, se tomó una porción del 66% de extracto de quinua y 34% de extracto de soya, los cuales se mezclaron e incorporaron 10% de leche en polvo. La fermentación de las bebidas con la adición de los probióticos comerciales fue realizada a una temperatura de 37°C por 20 h para los microorganismos comerciales y a 37°C por 24 h para la bacteria nativa, logrando un pH de 4.0 - 4.5, con un porcentaje de acidez para el tratamiento con *Lactobacillus casei* BGP 93 de 0.63%, para el tratamiento inoculado con *Lactobacillus plantarum* BG 112 de 1.42% y en la bacteria nativa de 0.85%. Finalmente, los productos fueron endulzados con esencia de vainilla, azúcar y sometidos a evaluación sensorial, en el cual se evidenció poca aceptación de los productos, dado por el cambio del color de las bebidas fermentadas de blanco a amarillo por el tipo de granos empleados, además, contaba con una acidez muy alta por lo cual fue un producto no tan atractivo para el paladar del consumidor ya que los panelistas notaron fácilmente esa diferencia al momento del consumo.

Bianchi (2013) elaboró una bebida fermentada con un extracto acuoso de quinua y soya, esperando obtener un alimento con una combinación de prebióticos y probióticos en un mismo alimento buscando así una mejora en la supervivencia y el crecimiento de los microorganismos seleccionados y empleados en la bebida (Correia, Pagan, García, & Barros, 2013). La mezcla de los extractos fue complementada con aceite de soya, lactosa, estabilizante, leche en polvo descremada y fructooligosacáridos. La fermentación fue realizada con la incorporación de *Lactobacillus casei* Lc-01, 1% de glucosa y 0.5% de extracto de levadura, durante 15 horas a una temperatura de 37°C hasta obtener un pH 4.49 y acidez de 0.47%. El producto final fue sometido a análisis sensorial, presentando baja aceptación por parte de los consumidores.

La baja aceptación de la bebida fermentada se basó fundamentalmente por la aparición de un sabor residual y afrijolado, típico de los productos elaborados a partir de leguminosas y pseudocereales; las notas del sabor afrijolado se deben a que son

propias del frijol de soya, sabor a nuez, amargo y cremoso son consideradas características indeseables por el consumidor según Potter *et al.* (2007). En este sentido, la enzima lipoxigenasa es la responsable de que aparezca el sabor afrijolado en leguminosas, esta cataliza la oxidación de los ácidos grasos insaturados como el linoléico para luego transformarlos en hidroperóxidos, los cuales se descomponen para producir el sabor afrijolado. La activación de la lipoxigenasa es la responsable de los sabores y olores indeseables, la cual se desarrolla durante el proceso de triturado del grano, dado que se liberan tanto la enzima lipoxigenasa como los sustratos de la oxidación lipídica, en el cual si el grano está seco y se muele, la enzima no actúa, pero si el grano es remojado se facilita la acción de la enzima (Saltos, 2009).

Entre tanto, Maldonado y Carrillo (2014) elaboraron una bebida fermentada a partir del extracto hidrosoluble de quinua germinada usando cultivos tradicionales de yogurt *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* y probióticos *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*. El extracto obtenido fue sometido a pasteurización a 85°C por 5 minutos para facilitar la separación del extracto acuoso y los componentes sólidos. La mezcla fue sometida a fermentación a una temperatura de 36°C por 16 horas hasta alcanzar pH 4.5. El producto final fue saborizado con pulpa de maracuyá y sacarosa-fructosa y sometido a evaluación sensorial, logrando la aceptación del producto. La aceptación del producto se logró por adición de fruta a la bebida fermentada, para enmascarar el sabor afrijolado y residual presente en el alimento. Otra ventaja fue usar quinua germinada, donde hay mayor proporción de enzimas disponibles que hidrolizan los carbohidratos y las proteínas, que servirán como sustrato para la fermentación y como principal fuente de nutrientes para el producto final.

Campos y Ponce (2017) reportan la elaboración de una bebida fermentada con harina de quinua germinada, fórmula partir de 87.5% de extracto acuoso de quinua, 7% de azúcar, 5% de glucosa y 0.5% de gelatina sin sabor. Al extracto obtenido se agregó azúcar, glucosa y gelatina sin sabor, luego se adicionó 1 g del cultivo compuesto por los microorganismos *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* en 100mL de agua destilada y se incorporó al extracto.

El bioproceso se realizó a una temperatura de 40°C durante cuatro horas, hasta alcanzar un pH 4.4. El producto fermentado fue sometido a evaluación sensorial logrando la aceptación por los consumidores, esto debido a la mezcla de azúcar, glucosa y gelatina lo que permitió mejorar las características organolépticas del alimento, evitando así la presencia del sabor afrijolado en el producto final (Campos & Ponce, 2017). Ahora bien, esto no indica que los productos elaborados a base de quinua sin germinar no logren la aceptación sensorial deseada, solo que en algunos estudios como el caso de Barco (2017) y Bianchi (2013), la poca aceptación sensorial fue originada por el elevado desarrollo de acidez, la mezcla de granos y semillas que originaron el cambio de color del producto y la presencia de sabor afrijolado.

En síntesis, en los estudios realizados se han encontrado múltiples resultados que involucran largos tiempos de fermentación y que con frecuencia son atribuidos a los microorganismos utilizados y a las condiciones a la cual se realiza la fermentación. Lo anterior ha provocado que cada investigación parta de una formulación diferente, bien sea usando matrices vegetales germinadas o mediante extractos acuosos obtenidos a partir de harina preparada a partir de etapas de remojo y licuado del grano, e inclusive, el empleo de una técnica de fermentacióno cultivos lácticos variados.

Es por ello que el presente proyecto aborda el desarrollo de una bebida fermentada de quinua, tomando como base el procedimiento establecido por Maldonado y Carrillo (2014) ajustando algunas etapas del proceso, con el propósito mejorar las características organolépticas, reducir los tiempos de fermentación y obtener un producto aceptable para el consumo. A pesar que el procedimiento establecido para este proyecto ya presenta algunas etapas en común con otros estudios de bebidas fermentadas elaboradas a base de quinua, como la etapa de remojo y la relación (quinua: agua) propuesta por Barco (2017) existen variables del proceso que aun requieren de mayor investigación, ya que afectan la calidad fisicoquímica y organoléptica del producto obtenido.

Dentro de este proyecto se emplea una variedad de quinua colombiana cultivada por las comunidades indígenas del Departamento del Cauca a la cual no se ha realizado

una amplia investigación. A partir de este trabajo se busca impactar, como posible alternativa de transferencia tecnológica, ante las comunidades productoras de quinua a nivel local, regional y nacional, convirtiendo la quinua como un posible sustituto de bebidas lácteas, aprovechando el gran potencial nutricional e incentivando la diversificación de un producto vegetal, dado que juega un importante papel en la seguridad alimentaria en las comunidades indígenas y ante el desafío de incrementar la diversificación de alimentos mediante la obtención de productos con valor agregado, generando así oportunidades de crecimiento económico, aumentando la competitividad, fortaleciendo la agroindustria y promoviendo la ciencia la tecnología y la innovación.

1.10 Conclusiones

Diversos estudios establecen que la quinua es un pseudocereal apto para la elaboración de diversos productos como pan, galletas, snacks, pasta y bebidas, además de ser catalogada como un alimento promisorio de la humanidad por sus grandes propiedades benéficas y múltiples usos.

El grano de quinua a nivel mundial se ha convertido en objeto de interés en la producción de alimentos sanos y saludables que benefician en particular a personas intolerantes a la lactosa, vegetarianos, veganos y demás población.

Por sus atributos físico químicos, la quinua presenta aptitud para su uso como sustrato adecuado en procesos de fermentación ácido láctica. Estudios recientes indican que las bacterias ácido lácticas, no solo son utilizadas para la fabricación de quesos y yogurt, sino también, para la elaboración de productos fermentados a base de cereales, vegetales y productos cárnicos.

Algunos estudios a escala laboratorio establecen que la bebida fermentada de quinua con inclusión de bacterias ácido lácticas comerciales ha llevado a la consecución de resultados positivos, logrando convertir los carbohidratos presentes en el grano en

ácidos orgánicos a través de las reacciones metabólicas, logrando fermentar otro tipo de sustratos de origen vegetal, a través de la hidrólisis del almidón mediante las amilasas presentes, permitiendo así la producción de ácido láctico como resultado final del proceso de fermentación.

Varias investigaciones afirman que las BAL contribuyen a la preservación de textura, aroma, sabor, color y el valor nutricional de los alimentos, a través de la producción de los exopolisacáridos y modificación de las proteínas. Lo anterior debido a la acción metabólica sobre las proteínas, azúcares y carbohidratos disponibles, aportando a la digestibilidad de los alimentos y preservación del producto final, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos, debido a la producción de bacteriocinas, como *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, entre otros.

Muchas instituciones, tanto industriales como académicas, han demostrado interés en explorar los beneficios nutricionales y bioactivos de la quinua. Por tal motivo, se ha incrementado el aprovechamiento de este pseudocereal con miras a dar valor agregado a la semilla mediante procesos de transformación, que beneficien a las familias productoras a nivel nutricional, social, económico y cultural.

2. Capítulo 2. Caracterización fisicoquímica de la quinua

2.1.1. Introducción

Este capítulo hace referencia al análisis proximal de quinua variedad Jericó del departamento del Cauca. El análisis proximal consiste en una serie de determinaciones analíticas mediante las cuales se evalúa la composición de la matriz alimentaria en sus componentes mayoritarios, con el fin de estimar de forma preliminar su valor nutricional y su densidad energética. Conceptualmente, el análisis proximal de un alimento implica la división de sus componentes químicos, tal como se refleja en la figura No. 2.1.

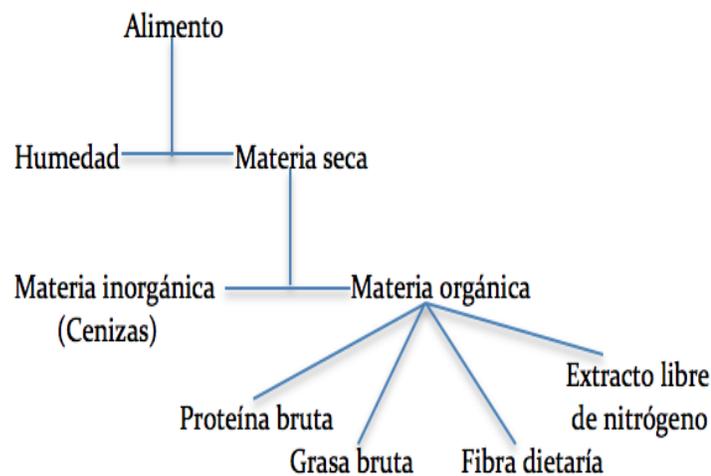


Figura 2.1. Composición química de los alimentos
Fuente:(Fuenmayor, 2019)

2.2. Materiales y métodos

2.2.1 Muestras

Se empleó quinua blanca, variedad Jericó, proveniente del Resguardo Indígena de Guambia, Municipio de Silvia, departamento del Cauca. La quinua, se empacó por libras en bolsas de papel Kraft impermeables con ventana transparente, y finalmente almacenada a temperatura ambiente en un lugar seco y fresco hasta el momento de realización de los análisis.

2.2.2. Análisis fisicoquímicos

2.2.2.1. Determinación de humedad

La determinación de humedad en quinua molida se llevó a cabo por triplicado por el método gravimétrico de secado en horno por convección A.O.A.C. 930.15- 2012. Se pesaron 5 g de muestra, usando balanza analítica y cápsulas de porcelana; las muestras pesadas fueron trasladadas a horno por convección por 24 horas a una temperatura de 105°C. Una vez alcanzado el tiempo establecido, las muestras fueron retiradas del horno y trasladadas a cápsula de desecación, hasta alcanzar temperatura ambiente. Finalmente, a partir del peso registrado se pudo determinar el peso perdido durante el secado; resultado que fue expresado en g por cada 100g de alimento mediante la ecuación No 2.1.

Ecuación No 2.1.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P0 - P1}{P0} \times 100\%$$

Donde:

P0 = peso de cápsula con muestra húmeda (g)

P1 = peso de cápsula con muestra seca (g)

2.2.2.2. Determinación del contenido de cenizas

El análisis de materia inorgánica de quinua molida se realizó por triplicado, según el método A.O.A.C. 923.03- 2012. Se pesaron 3 g de quinua molida, usando balanza analítica y crisoles de porcelana con tapa. Las muestras iniciales fueron sometidas a precalcificación en cabina de digestión ácida a una temperatura de 400°C por 2 horas, posteriormente los crisoles fueron

trasladados a mufla de calcinación a una temperatura de 550°C por 12 horas. Una vez alcanzado el tiempo de incineración, las muestras fueron trasladadas a cápsula de desecación hasta lograr temperatura ambiente. Los resultados obtenidos fueron expresados en g por cada 100g de alimento mediante la ecuación No 2. 2.

Ecuación No 2. 2.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_0 - P_1}{M - P_1} \times 100\%$$

Donde:

P0 = peso de crisol con cenizas (g)

P1 = peso del crisol vacío (g)

M = peso del crisol con muestra inicial (g)

2.2.2.3. Determinación de grasa bruta (o extracto etéreo)

La determinación de grasa total de quinua molida se estableció por triplicado, empleando el método de Soxhlet según la A.O.A.C. 920.39 - 2012. Se pesó en papel filtro 5 g de muestra previamente seca y homogenizada, usando balanza analítica, muestra que posteriormente fue introducida en el cartucho de extracción Soxhlet; adicional a esto, se pesó el matraz de ebullición de 250 mL previamente seco y se adicionaron 150 mL de éter de petróleo. Una vez insertado el matraz en el cartucho de extracción, este fue trasladado a extractor Soxhlet, a una temperatura de ebullición de la bencina de 80°C por 4 horas. Logrado el tiempo de ebullición, el balón fue retirado del sistema Soxhlet y trasladado con muestra húmeda al rota-evaporador, a una temperatura de 55°C a 100 rpm, hasta evaporar el solvente. Las muestras obtenidas fueron trasladadas al desecador hasta lograr temperatura ambiente, al término del procedimiento se pesó el balón y el promedio de las replicas fue expresado en g por cada 100 g de alimento mediante la ecuación No 2.3.

Ecuación No 2.3.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P_0 - P_1}{M} \times 100\%$$

Donde:

P0 = peso de balón con grasa extraída (g)

P1 = peso de balón vacío (g)

M = masa de la muestra de quinua (g)

2.2.2.4. Determinación de proteína

La cuantificación de proteína se llevó a cabo por triplicado, según el método de la A.O.A.C 984.13-2012. Se pesó aproximadamente 0.5 g de quinua molida usando balanza analítica, posteriormente las muestras fueron colocadas en un tubo de digestión de 250 mL, en presencia de pastilla catalizadora Kjeldahl; se adicionaron 10 mL de ácido sulfúrico H₂SO₄ concentrado, se homogenizó y llevó a cámara de digestión calentando lentamente la muestra hasta que cesara la producción de espuma. Luego, se llevó a cabo la digestión hasta que la muestra quedará completamente clara, procedimiento que tomó 3 horas. La muestra digerida sin presencia de materia orgánica fue sometida a destilación. En un erlenmeyer de 250 mL se prepararon 100 mL de ácido bórico H₃BO₃ al 4% (p/p) agregando cinco gotas del indicador de Tashiro con rojo de metilo y verde de bromocresol. La muestra digerida se sometió a destilación a vapor denle un destilador semiautomático (VELP Scientifica UDK 129, Italia) por siete minutos; se agregó cuidadosamente 15 mL agua y 75 mL de hidróxido de sodio (NaOH) con una concentración de 40% al tubo de digestión por medio de una bomba, hasta que tomó un color café oscuro luego de su neutralización (que ocurre cuando este cambia de color), liberando en este proceso el amoníaco de la muestra y tornándose de color verde el borato de amonio. La muestra final obtenida fue titulada con solución de ácido clorhídrico HCl 0.1 N hasta alcanzar el punto de equivalencia en el cual vira el indicador y cambia a color azul transparente llegando a pH 6. Los resultados obtenidos de la titulación fueron expresados en g por cada 100 g de alimento, mediante la ecuación No 2.4.

Ecuación No 2.4.

$$\% \text{ Proteína} = \frac{V * N * 1.4 * FC}{M} * 100\%$$

Donde:

V = volumen del ácido clorhídrico (HCl) empleado en la titulación (mL)

N = normalidad de la solución de ácido clorhídrico

1.4= factor de equivalencia del nitrógeno en proporción a la proteína

M = peso de la muestra de quinua (g).

FC = factor de conversión de nitrógeno a proteína cruda. Para quinua se emplea 6.25.

2.2.2.5. Determinación de fibra dietaria total

La determinación de fibra dietaria en quinua molida se realizó por triplicado según el método gravimétrico - enzimático A.O.A.C 991.43-2012, procedimiento para el cual se pesó 1 g de quinua molida previamente desengrasada, por duplicado, por lo tanto se cuenta con muestra 1 y muestra 2. A la muestra previamente pesada se adicionó 40 mL de buffer MES-TRIS más 50 μ L de solución de α -amilasa, se incubó a 90°C durante 30 minutos. Posteriormente, se adicionaron 100 μ L de solución proteasa y se llevó a 60°C por 30 minutos, adicional al procedimiento se añadió ácido clorhídrico (HCl) 0.56 N y se llevó a pH de 4.5. Luego, se agregaron 200 μ L de solución de amiloglucosidasa y se llevó a baño termostático a una temperatura de 60°C por 30 minutos, tiempo al cual se adicionaron cuatro volúmenes de etanol al 95% y se esperó por 12 horas para la filtración. Finalmente, con el residuo de la muestra 1 se realizó una determinación por cenizas y con el residuo de la muestra 2 se realizó una cuantificación de proteína para su posterior corrección en el valor del resultado. Cabe anotar, el procedimiento solo se realizó a cabo hasta esta etapa, dado que únicamente se quería conocer la composición de fibra dietaria total, por lo cual no se realizó la determinación de fibra soluble e insoluble. El resultado de fibra dietaria se expresa en g por cada 100 g de alimento, calculado mediante la ecuación No 2.5.

Ecuación No 2.5.

$$\% \text{ Fibra dietaria} = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - P - A - B}{\frac{m1 + m2}{2}} \times 100\%$$

Donde:

R1 = peso del residuo de la muestra 1 (g)

R2= peso del residuo de la muestra 2 (g)

m1= peso de la muestra 1 (g)

m2= peso de la muestra 2 (g)

A = peso de la ceniza obtenido a partir de R1 (g)

P = peso de la proteína obtenido a partir de R2 (g)

B = peso del residuo del blanco de la muestra (g)

2.2.2.6. Determinación de Carbohidratos

La estimación del contenido de carbohidratos totales se realizó por diferencia.

2.3. Resultados y discusión

2.3.2. Contenido de humedad

El promedio total de humedad en la muestra de quinua estudiada fue de $13.87 \pm 0.04\%$. El porcentaje máximo de humedad en quinua reportado es de 13.5% (Norma Técnica Colombiana 6069, 2014; Ficha Técnica de los Alimentos, 2018; Norma Técnica Ecuatoriana-NTE INEN 3042, 2015), lo que indica que la quinua blanca variedad Jericó se encuentra en un nivel cercano a lo reportado por las normas. Sin embargo, algunos estudios mencionan que, dependiendo de la variedad genética, la región de donde provenga y las condiciones de almacenamiento a la cual fue expuesta la materia prima, puede variar en los resultados finales.

Con base a lo anterior, Campos y Ponce (2017) reporta un porcentaje de humedad en harina de quinua variedad Tunkahuan del 12%, muy cercano a lo reportado por Salvador (2009) en harina de amaranto integral cuyo valor es del $12.0 \pm 0.2\%$. Por su parte Arzapalo y Huaman (2014) realizaron el análisis de humedad en harina de quinua de tres variedades, en quinua Collana negra el valor hallado fue de 11.50%, en quinua Pasankalla roja de 11.66% y blanca Junín con 11.34% en base húmeda, valores que concuerdan con Norma Técnica Harina Quinoa- Cauca (2014) quien reportó valores similares al 11% de humedad en harina de quinua, proveniente del departamento del Cauca, el cual fue establecido como requisito bromatológico, que debe cumplir la harina de quinua para las diferentes etapas de procesamiento, que concuerda con la afirmación de Salcedo *et al.* (2014) quien señaló que la humedad de quinua en grano o molida debe ser menor o igual al 13.5%.

En este orden de ideas, se deduce que el valor reportado en este estudio se encuentra cercano a lo establecido por la Norma Técnica Colombiana 6069 (2014), la Norma Técnica Ecuatoriana 3042 (2015), la Ficha Técnica de Alimentos (2018), así como lo establecido por Salcedo *et al.* (2014) y por encima de los valores reportados por Arzapalo y Huaman

(2014), Norma Técnica Harina del Cauca (2014), Salvaro (2009), en el que se podría mencionar que la variación de resultados pudo ocurrir por la variedad de quinua utilizada.

Ahora bien, si se compara la humedad de las harinas de quinua con otros cereales y leguminosas, se observa que el valor reportado de humedad en trigo es del $11.9\% \pm 0.4\%$, en maíz entero extruido del $10.3\% \pm 0.2\%$, en sorgo integral el $11.0\% \pm 0.2\%$ y sorgo crudo $12.6\% \pm 0.2\%$, mientras que en arroz oscila entre el $11.3\% \pm 0.2\%$ y $12.0\% \pm 0.2\%$ dependiendo la variedad (Dyner et al., 2016), siendo valores que se encuentran muy cercanos a los determinados en harina de quinua Collana negra, Pasankalla roja y blanca Junín, así como con lo reportado por la Norma Técnica Harina de Quinua- Cauca (2014), sin embargo, no concuerda con lo reportado en este estudio dado que la cantidad de agua en la harina de quinua variedad Jericó es mayor, con respecto a las demás harinas provenientes de otros cereales y otras variedades de quinua, presentando diferencias entre los resultados.

Esto indica que el mayor contenido de agua presente en una matriz alimentaria podría afectar en el deterioro del alimento, en este caso se sabe que el grano de quinua es higroscópico, debido a presencia de cristales de oxalato de sodio lo que le permite absorber humedad del medio y retenerlo, lo que genera un problema para el grano ya que esto facilita el crecimiento de hongos y levaduras por lo que requiere de condiciones especiales de conservación (Reyes *et al.*, 2006). Por lo cual, es importante que los cereales, leguminosas y pseudocereales mantengan un contenido de humedad inferior o igual al valor de referencia establecido para cada grano, con el fin de garantizar la estabilidad en el almacenamiento y procesamiento. Sin embargo, en este estudio el factor de humedad determinado no afectó en el procesamiento, ya que se requiere incorporar agua desde la etapa de remojo hasta la elaboración de la bebida fermentada, por lo que no incidió de manera negativa en el producto final.

2.3.3. Contenido de cenizas

El contenido de cenizas obtenido en harina de quinua variedad Jericó fue de $2.88 \pm 0.02\%$ base seca, no obstante, Rojas *et al.* (2016) encontraron que el porcentaje mínimo de cenizas base seca es de 2.12% y el máximo de 5.21% con un promedio de 3.59% de acuerdo a la variedad genética, lo que indica que el valor determinado en el presente

estudio se encuentra dentro del rango estimado. Sin embargo, la Norma Técnica Colombiana 6069 (2014), Ficha Técnica de los Alimentos (2018), Norma Técnica Harina Quinua-Cauca (2014), Norma Técnica Ecuatoriana – NTE INEN 3042 (2015), reportan que el contenido de ceniza en harina de quinua es del 3% en base seca; valor que coincide con lo hallado por Bermúdez (2017) en quinua variedad parietal, ubicándose dentro del rango promedio establecido y por encima de lo hallado en la variedad de quinua Jericó. Entre tanto, Dussán *et al.* (2019) reportaron el 2.66% de cenizas en la misma variedad de quinua estudiada en este proyecto, lo que demuestra que no hay mayor variación entre los resultados.

Entre tanto, Campos y Ponce (2017) encontraron que el contenido de cenizas determinado en quinua germinada variedad Tunkahuan fue del 2.17% y sin germinar del 2%, lo que indica que no hay diferencias en comparación a los anteriores estudios. En contraste, Arzapalo y Huaman (2014), Vidal *et al* (2013) reportan un valor del 3.5% de cenizas en harina de quinua variedad pasankalla, el 2.6% en quinua negra Collana, el 4.4% en blanca Junín, en collana negra 2.13%, en illpa INIA el 1.99% salcedo el 2% y amarilla marangani el 2% Ogungbenle (2009) encontró 1.2% de cenizas totales en harina de quinua, valor que se encuentra por debajo del rango establecido por los anteriores autores.

Ahora bien, si se compara el contenido de cenizas de la quinua con el amaranto se puede decir que este último pseudocereal presenta un rango estimado del 1.9% a 2.8% estando muy cercano al rango mínimo establecido para quinua, dado que presenta contenidos similares de cenizas debido a su naturaleza como pseudocereal. No obstante, dada la variedad existente de cereales, la composición de cenizas varía dependiendo del cereal o leguminosa, por ejemplo el sorgo contiene 2.7% de cenizas, el arroz 0.5%, la avena 1.5%, el garbanzo 2.8%, maíz 1.2%, el trigo integral 2% y la harina proveniente del endospermo del trigo un 0.35%, lo que quiere decir que la mayoría de cenizas se encuentran concentradas en el pericarpio del grano (Dyner *et al.*, 2016; Salvador, 2009).

Con base al valor hallado en este estudio, se puede deducir que el porcentaje de cenizas presentes en la quinua es similar a lo reportado para otros pseudocereales como el amaranto, y variable en comparación a los cereales, donde hay unos con mayor contenido de cenizas y otros con menor nivel. Esto dado a que las semillas de quinua poseen un alto

contenido de calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc (Vilcacundo & Hernández, 2017), muchos de estos minerales están presentes en concentraciones más altas que en los cereales (Dyner *et al.*, 2016). En comparación a los cereales, el contenido de hierro es tres veces más alto que del trigo, y cinco veces más alto que el arroz y casi igual al contenido del frijol. En cambio, el contenido de calcio es cuatro veces más alto que el maíz, el centeno y el arroz, por lo que su ingesta ayuda a evitar la descalcificación y la osteoporosis; el contenido de calcio en la quinua se encuentra entre 46 a 340 mg/100g de materia seca, y en cuanto al contenido de potasio este es el doble que en el trigo y cuatro veces más alto que el maíz y el arroz (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a). Esta información se soporta en la Tabla No 1.8 descrita en la revisión de literatura, relacionada al reporte bibliográfico del contenido de minerales.

El contenido del magnesio en quinua se encuentra en altas proporciones en comparación a los cereales, al igual que el contenido de fósforo, que presenta valores similares al trigo, pero muy superiores al arroz y el maíz. En efecto, el contenido de zinc de la quinua duplica al del trigo y cuadruplica al del maíz presentando un aporte del 4.8 mg/100 g de materia seca. Mientras que el trigo supera a la quinua en el contenido de manganeso, el arroz sólo presenta la mitad y el maíz la cuarta parte. En pequeñas cantidades, se puede encontrar el contenido de cobre y litio en la quinua (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a). Las concentraciones de calcio (Ca) y sodio (Na) resaltan a la quinua como una fuente significativa de minerales, tal como se refleja en la tabla No 1.8, contenido de minerales en la quinua, en comparación a otros cereales en mg por cada 100g de materia seca de tal modo que 100 g de porción comestible de quinua proporcionan entre 4-6% del requerimiento diario de calcio, el 27-40% de hierro y el 10-15% de zinc (Ahumada & ,Ortega,Chito, 2016).

2.3.4. Contenido de grasa bruta

El contenido de grasa establecido en este estudio fue de 6.56% \pm 0.40%, base seca. De acuerdo con la FAO (2013), MINAGRI (2014) y Mosquera (2009) el valor estimado de lípidos en la quinua es de 6.3 g por cada 100 g de peso seco. Sin embargo, Colcha(2013) resalta que la composición de grasa en quinua oscila en un mínimo es 5.3% y máximo 8.4%, lo que indica que el valor estimado en este estudio se encuentra dentro de dicho rango, y por encima de lo reportado por la FAO y MINAGRI. Valeiro *et al.* (2013) reportan que el

contenido de grasa en quinua varía de 1.8 a 9.5% con un promedio de 5.7% dependiendo la variedad, valor que es muy cercano a lo reportado por Mujica *et al.* (2006) quien estimó un valor mínimo de 1.8% y máximo de 8.2% con promedio de 4.6%. Otros estudios reportan que el contenido de lípidos en quinua se encuentran en un rango entre el 2% al 10% con un promedio de 5.0 a 7.2%, quienes establecen la quinua como buena fuente de ácidos grasos, debido a su alto porcentaje de ácidos grasos insaturados (Vega *et al.*, 2010; Valeiro *et al.*, 2013).

Entre tanto, Salcedo *et al.* (2014) reportó un valor de grasa en la quinua de 6.07%, mientras que la Norma Técnica Quinoa – Cauca (2014) estimó un valor de 6.7% de lípidos evaluados en harina quinua obtenida en el departamento del Cauca. Así mismo, Rojas *et al.* (2016) determinaron el contenido de lípidos en 13 variedades de quinua entre ellas seis variedades de quinua real y siete variedades mejoradas, el cual se reporta una diferencia en la concentración de grasa, oscilando entre 4.05 a 4.90% en variedades blanquita, Chucapaca, Mañiqueña, Kurmi, Jacha grano y pandela, respectivamente, y porcentajes altos entre 5.22% y 9.21% en variedades como Kellu, Kariquimeña, Quanchis y Aynoka. Comparando la quinua variedad Jericó con los resultados anteriores, se deduce que el valor hallado se encuentra dentro de lo estimado por los autores.

No obstante, si se compara el contenido de lípidos de la quinua con otros pseudocereales, este se encuentra muy cercana a la concentración de grasa reportada en harina de amaranto 5.370 ± 0.035 % y por debajo de la concentración lipídica de chía 7.580 ± 0.028 % (García, 2017), y en comparación a los cereales comunes, la composición de cenizas en quinua es más alta que en el trigo (1.7%), el arroz (0.7%) o el maíz (3.4%), por lo que la quinua se acepta como una semilla alternativa, ya que contiene los principales ácidos grasos insaturados (Vega *et al.*, 2010; Vilcacundo & Hernández, 2017).

En ese sentido, el ácido graso predominante en la quinua es el omega 6 (ácido linoleico) siendo representado entre el 49.0% a 56.4%, muy similar al valor determinado en el aceite del germen de maíz que se encuentra entre el 45% a 65%; seguido del omega 9 (ácido oleico) con una concentración de aceite entre 19.9 y 29.5%, en tercer lugar se presenta el omega 3 (alfa linolénico) que presenta niveles entre el 8.7% y 11.7%, luego el ácido palmítico con un 10% y en pequeñas concentraciones se encuentran el ácido estearico y

el eicosapentaenoico. En total, en la quinua los ácidos grasos mencionados representan el 88% de la cantidad total de insaturados (Vega et al., 2010). En particular, todos los ácidos grasos presentes en la quinua se encuentran bien protegidos por la vitamina E, que actúa como antioxidante natural, ayudando a proteger las células contra daños causados por los radicales libres (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a; Valeiro *et al.*, 2013; Vega *et al.*, 2010; Vilcacundo & Hernández, 2017).

En comparación, la composición de lípidos de soya representa el 23.5% base seca, de los cuales el 6.7% se encuentra en el germen, esto indica que contiene una fuente favorable de ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoléico que es representado en un 53% y el ácido linolénico presente aproximadamente entre el 8 al 12%; entre tanto, el contenido de grasa reportado en harina de mandioca fue del 0.15 y 1.39% de la composición total (FAO, 2013; Mariotti, 2000). Lo anterior demuestra que la harina de quinua variedad Jericó proveniente del Municipio de Silvia, Cauca, tiene bajo contenido de lípidos en comparación a la soya, pero mayor concentración lipídica en comparación a la harina de mandioca; dado fundamentalmente por su concentración de ácidos grasos insaturados. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la porción recomendada de omega 6 y omega 3 en la dieta para humanos debería estar entre 5 y 10 g/100 g día.

2.3.5. Contenido de proteína

El porcentaje de proteína estimado en quinua molida variedad Jericó fue del $17.27 \pm 0.66\%$, base seca. La FAO (2013), establece el contenido de proteína en quinua en 16.5% en base seca, valor que coincide con lo estimado por MINAGRI (2014), Mosquera (2009); sin embargo, Colcha (2013), Mujica *et al.* (2006) y Valeiro *et al.* (2013) establecen que la proteína de quinua según la variedad debe encontrarse en un rango entre 9.6 y 23% con promedio de 14.3%. Entre tanto la Norma Técnica Harina de Quinua- Cauca (2014) reportó el 13% de proteína en quinua proveniente del departamento del Cauca, al igual que Dussán *et al.* (2019) quien halló en la misma variedad de quinua estudiada en este proyecto un valor del 14.58%, lo que indica que el contenido de proteína estimado en este estudio se encuentra por encima a lo reportado por los autores anteriormente citados.

El contenido de proteínas de la quinua por cada 100 g (base seca) es de 16.5 g de acuerdo a lo establecido por Vega *et al.* (2010). La quinua contiene ocho aminoácidos esenciales

tanto para niños como para adultos, siendo el más destacado la lisina el cual tiene 5.6 g de aminoácidos/ 16 de nitrógeno, comparados con el arroz que tiene 3.2 y el trigo 2.8 g de aminoácidos/ 16 g de nitrógeno(Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a). Las proteínas de quinua son principalmente de tipo albúmina y globulinas, las cuales tiene una composición balanceada de aminoácidos esenciales parecida a la composición aminoacidica de la caseína, proteína predominante de la leche (Vega *et al.*, 2010). Cada 100 g de quinua contiene casi cinco veces lisina, el doble de isoleusina, metionina, fenilalanina, teonina y valina, y cantidades muy superiores de leucina, en comparación a los cereales comunes, lo que indica que la la quinua tiene propiedades nutricionales muy interesantes y con ello la biodisponibilidad de la lisina, este aminoacido que mejora la función inmunitaria al colaborar en la formación de anticuerpos, favorecer la función gástrica, ayudar al transporte y absorción de calcio, solo por nombrar algunos beneficios (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011a; Vega *et al.*, 2010).

Ahora bien, si se compara la quinua con la soya, está oleaginosa contiene el 49% de proteínas de los cuales el 13.1% se encuentran en el germen, presentando valores muy altos en comparación a la quinua variedad Jericó; en tanto, el trigo presenta el 12.7% y la mandioca 2.3%, por lo cual la harina de soya presenta mayor riqueza y contenido nutricional, destacándose por la mayor composición de proteínas, lípidos y minerales (Mariotti, 2000).

Sin embargo, en la quinua la calidad de proteínas está marcada por la proporción presente de aminoácidos esenciales, lo que le da un perfil similar a la caseína de la leche. Por su parte Vega *et al.* (2010), estudiaron el contenido de proteínas en cuatro genotipos de quinua reportando valores en un rango de 12.9 y 15.1%. Tovar *et al.* (2017) reportaron que la composición de proteínas en harina de quinua germinada variedad piartal contiene 19.69% y en harina cruda el 18.58% de proteína. Entre tanto, Bermúdez (2017) reportó el porcentaje de proteína de cuatro variedades de quinua, blanca de Juli con un 14%, Kancolla con el 15.2%, la molina con 5.5%, salcedo INIA el 16.3% y Sajama con el 14.5%, variedades que no presentaron diferencias marcadas entre los resultados. En efecto, la proteína cuantificada para la quinua variedad piartal en dos muestras sometidas a secado a temperaturas entre 110°C y 120°C reporto valores del 16.9 y 17.5 % respectivamente

(Valeiro *et al.*, 2013), estos últimos valores siendo muy cercanos a lo determinado en quinua variedad Jericó

Dependiendo la variedad de quinua, los resultados en cuanto contenido de proteína tienden a variar, pero siempre encontrándose dentro del rango estimado entre 9.6 y 23%; siendo más alto que lo reportado en mijo 11.4%, maíz 10.2%, arroz 7.6% y trigo 14.4% y por debajo en comparación al frijol 28% (FAO, 2013). Cabe resaltar que las proteínas de la quinua son destacadas por la completa composición de aminoácidos esenciales, siendo la lisina el aminoácido esencial más destacado en la quinua, y deficiente en cereales como maíz, arroz y trigo. En términos de ingesta diaria recomendada de proteína, para niños en edad pre-escolar (2-5 años) deben consumir 1.22 g/kg día, para satisfacer el requerimiento del aminoácido más limitante, que en este caso es el triptófano.

Es necesario aclarar que la quinua presenta como aminoácido limitante para un niño en edad pre-escolar al triptófano en primer orden y en segundo lugar a la leucina. Para la edad adulta, la cantidad de aminoácidos sobrepasa lo requerido, alcanzando un 125%, lo que indica que la proteína de quinua cubre los requerimientos de aminoácidos esenciales en esta etapa, pero si se consideran pérdidas fecales del orden del 20%, la cantidad de quinua requerida para el adulto sería de 0.75 g/kg día, llenando con esta cifra los requerimientos de proteína o nitrógeno total del adulto (Reyes *et al.*, 2006).

2.3.6. Contenido de fibra dietaria

El valor determinado de fibra dietaria total fue de 10.90% \pm 0.37%, base seca, porcentaje mayor en comparación a lo reportado por el portal de la FAO (2013), Salcedo *et al.* (2014) quienes estimaron un contenido aproximado de 7 g de fibra dietaria total por cada 100 g de quinua, en base seca. En este orden de ideas, se deduce que el valor hallado por los últimos autores demuestra poca variación entre los resultados en comparación a lo determinado en quinua variedad Jericó. En efecto, Repo-carrasco-Valencia & Serna (2011) demostraron que la fibra dietaria estimada en cuatro variedades de quinua varió entre los 13.56 g y 15.99 g por cada 100 g de peso seco, muestras que fueron recolectadas de diferentes regiones andinas, a partir de las cuales se puede establecer que de acuerdo a la región, la variedad y el manejo de la muestra, puede variar la composición y con ello los resultados.

Entre tanto, Galvez *et al* (2018) determinaron en su estudio el contenido de fibra dietaria de seis variedades de quinua, encontrando valores de $11.50 \pm 0.09\%$ en quinua ancovinto, $12.92 \pm 0.04\%$ en cancosa, el $11.37 \pm 0.38\%$ en Cáhuil, el $10.95 \pm 0.62\%$ en quinua faro, el $11.67 \pm 0.08\%$ en quinua regalona y el $14.99 \pm 0.72\%$ en variedad villarica, el donde se observa que la fibra dietaria en las diferentes variedades de quinua, varió entre 10.95% y 14.99%, mientras que las variedades faro, ancovinto y regalona no presentan diferencias entre los resultados, encontrándose cercano al valor estimado en quinua variedad Jericó y con bajo porcentaje en comparación a las variedades de quinua cancosa y villa rica.

Ahora bien, al comparar la fibra dietaria de quinua con los cereales y oleaginosas, se encuentra que el valor estimado de fibra dietaria en maíz entero extruido es del $11.8 \pm 1.1\%$ y en sorgo integral del $13.3 \pm 0.5\%$ (Dyner *et al.*, 2016), lo que indica que se encuentra cercano a lo reportado en algunas variedades de quinua. Adicionalmente, la soya presenta el 13.3% base seca de fibra dietaria, por lo cual los altos valores de fibra expresado para soya y sorgo se debe a que presentan mayor contenido de celulosa, además de contener lignina y hemicelulosa (arabinogalactanos), por lo que es superior al valor estimado en quinua blanca Jericó, pero cercano a la variedad de quinua cancosa y a lo reportado por Valeiro *et al.* (2013) quien determinó en 21 variedades de quinua el 12.1% de fibra dietaria.

Al respecto, la fibra dietaria del trigo se encuentra entre 7% a 12.3% y en cebada el 11.5%, presentando valores cercanos en comparación a la quinua variedad Jericó estudiada. Entre tanto, el amaranto contiene fibra dietaria entre el 6.7 a 20.6% y la harina de lino el 32.6%, presentando mayor porcentaje en fibra en comparación a la quinua variedad Jericó (Diaz *et al.*, 2013; Dyner *et al.*, 2016).

No obstante, el valor reportado para harina de mandioca es del 0.3% y para el arroz de 2.7% de fibra dietaria, valores que se ubican por debajo de lo reportado en comparación a lo anteriores alimentos (Mariotti, 2000). En consecuencia, la composición de fibra dietaria de la quinua según fuentes bibliograficas consultadas es diferente a los cereales; de hecho, las fracciones de la fibra de la quinua son más parecidas a las frutas, verduras y leguminosas, lo que proporciona un buen potencial fisiológico para una función favorable en el colon, además, de ayudar a regular los niveles del colesterol del plasma sanguíneo

por interferencia de la absorción del colesterol y de los ácido biliares a nivel del lumen intestinal (Reyes *et al.*, 2006; Vega, Galvez *et al.*, 2018). Por lo general, la fibra dietaria de la quinua es superior al de la mayoría de granos, por ejemplo los componentes solubles como la hemicelulosa B, pueden estar en algunas variedades de quinua criolla hasta en un nivel de 27.46%, siendo un hetero glicano que contiene más de una clase de monosacáridos y otros azúcares (FAO, 2013; Carrasco *et al.*, 2011).

2.3.7. Contenido de carbohidratos

El valor hallado de carbohidratos en la quinua variedad Jericó fue de 48.53%, base seca. La Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2011a) establece que los carbohidratos totales presentes en la quinua deben encontrarse entre 58 y 68%, de los cuales el 5% deben encontrarse en forma de azúcares simples. La Norma Técnica Harina Quinua - Cauca (2014) determinó como requisito bromatológico que la quinua tenga un contenido mínimo de 71% de carbohidratos, siendo mayor a lo establecido por la FAO. Entre tanto, la Norma Técnica Peruana (2009) establece un contenido de 65% de los carbohidratos presentes en granos de quinua dependiendo la variedad, encontrándose dentro del rango establecido por la FAO. Con base a lo anterior, el valor hallado en el presente estudio se encuentra por debajo de lo establecido por la Norma Técnica Harina del Cauca, Norma Técnica Peruana y la FAO, lo que indica que, dependiendo la variedad de quinua, así mismo puede encontrarse una variación entre los resultados.

Otras fuentes bibliográficas reportan que el contenido de carbohidratos presentes en quinua blanca variedad Juli es del 78.9%, en quinua variedad Kancolla el 76.8%, en variedad molina el 75.8%, en quinua sajama el 77.6% y en variedad piartal el 71.1% expresados en base seca, lo que indica que acorde a la variedad los porcentajes de carbohidratos varían (Bermúdez, 2017), cuya influencia puede deberse al material genético estudiado, estado de madurez, fertilización de suelo y factores climáticos.

De igual manera, otros autores reportan que la composición de carbohidratos en quinua se debe a la variedad genética, por lo que se reportan valores de carbohidratos entre el 45.72% y 67.70% de almidón en diversas variedades (Ministerio de Agricultura & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019). Por su parte Ogungbenle (2009), determinó en su

estudio, un valor de 58.3% de carbohidratos en harina de quinua, sin embargo Arzapalo y Huaman (2014), halló en tres variedades de quinua la composición de carbohidratos obteniendo el 80.56% en quinua collana negra, el 77.92% en pasankalla roja y 74.85% en blanca junín, logrando el mayor porcentaje la variedad collana negra, siendo mayor a lo reportado en otras referencias y en comparación a la quinua variedad Jericó, presentando casi el doble de la composición en carbohidratos.

A lo anterior Vega et al (2010) y Navia *et al.*(2019) afirman que en la quinua, el almidón es el carbohidrato más importante, constituyendo aproximadamente entre el 58.1 y 64.2% de la materia seca, de los cuales entre 17.36% y 23.45% se compone de amilosa. Adicionalmente, la harina de quinua contiene altos porcentajes de xilosa y maltosa y bajos contenidos de monosacáridos y disacáridos, tal como se presenta en variedades de quinua real blanca y negra, donde se reporta un 2.9% de sacarosa, 1.4% de maltosa, 1.7% de glucosa y 0.2% de fructosa. Vega *et al.* (2010), Navia *et al.* (2019), Huanca (2013) y Reyes (2006), indican que el contenido de carbohidratos presentes en diferentes variedades de quinua oscila entre el 63.8% y el 75.6%, lo que muestra que los valores siguen siendo superiores a lo determinado en quinua variedad Jericó proveniente del departamento del Cauca. No obstante, los mismos autores resaltan que los polisacáridos son la fuente de energía más abundante para el ser humano, estos se componen de una mezcla de dos glucanos: como la amilosa (almidón de cadena recta y ubicado en la zona amorfa) y la amilopectina (almidón de cadenas ramificadas y ubicado en la zona cristalina) la cual contiene entre 74.41 y 82.64% siendo un importante aglutinante y espesante usado para el procesamiento de alimentos.

Finalmente, si se comparan los carbohidratos de quinua con los cereales, estos se encuentran muy cercanos al trigo inglés 74.1%, a la cebada 69.8%, triticale 78.7%, sorgo 79.7%, kinigua 63.4%, kiwicha 71.5%, y el frijol 61.2%, pero con valores inferiores en comparación al centeno común 80.1%, arroz 80.4%, y maíz 81.1%, cereales que contienen mayor composición de carbohidratos. Esto no quiere decir que la variedad de quinua Jericó presente deficiencia en la composición de carbohidratos, solo que dependiendo la variedad y la región de donde provenga la materia prima los valores tienden a variar. En efecto, se puede deducir que los pseudocereales, cereales y leguminosas son una buena fuente de

carbohidratos, lo que mejora su potencialidad en las formulaciones de alimentos y bebidas (Bermúdez, 2017; Carrasco *et al.*, 2003).

2.4. Conclusiones

El contenido de humedad (13.87%) medido en la quinua variedad Jericó fue cercano a lo establecido por la Norma Técnica Colombiana 6069, la Norma Técnica Ecuatoriana 3042, y la Ficha Técnica de Alimentos, pero superior al reporte establecido por los demás autores. La variación entre los resultados finales puede darse por la utilización de diferentes variedades de quinua, por las condiciones de almacenamiento y transporte al cual fue sometido el grano, factores que pueden influenciar en los resultados. No obstante, la concentración de humedad para este estudio no fue un factor que afectara en el proceso de elaboración de la bebida fermentada, dado que se requiere agua para la etapa de remojo del grano, como para el posterior procesamiento del producto.

El contenido de cenizas hallado en el presente estudio (2.88%) se encontró dentro del rango establecido por otros autores (2.12% y 5.21%), sin embargo, algunos estudios afirman que el contenido de cenizas en quinua depende de la variedad. En este sentido, es importante destacar que la quinua presenta un alto contenido de minerales tales como el Calcio, Magnesio, Potasio, Zinc, Fósforo y Hierro en comparación a los cereales comunes, siendo el Calcio el componente mayoritario.

La composición de lípidos totales determinado en la quinua molida variedad Jericó fue 6.56%, encontrándose dentro del rango de 2% a 10% establecido por otros estudios, siendo mayor al contenido presente en los cereales, otorgando un valor nutricional de interés. La quinua se acepta como una semilla alternativa en la alimentación humana ya que contiene los principales ácidos grasos insaturados, con una composición equilibrada en este nutriente en comparación a los cereales comunes.

La quinua presentó una mayor composición de proteínas (17.27%) en comparación a lo estimado por la Norma Técnica Harina Quinua-Cauca y estuvo dentro del intervalo estimado por otros autores. Se resalta entonces que la quinua reporta un apreciable contenido de lisina y metionina proporcionando un valor biológico similar a la proteína de origen animal, donde se podría establecer como una alternativa para satisfacer los

requerimientos nutricionales sugeridos por la FAO para niños, adolescentes y adultos, supliendo alrededor del 163% de la histidina, el 114% de la lisina y el 142% de la metionina más cisteína.

El contenido de fibra dietaria total determinada en este estudio fue en promedio de 10.90%, siendo menor en comparación a lo estimado por algunos autores quienes hallaron entre 11.5% y 15.9% para otras variedades de quinua. Sin embargo, esto no indica que el porcentaje de fibra dietaria estimada en quinua blanca variedad Jericó proveniente del Cauca sea deficiente, ya que, en comparación a lo reportado por la FAO la composición de fibra estimada es mayor. Así mismo, el contenido de carbohidratos totales fue de 48.53%, que es coherente a lo reportado en otras investigaciones donde estimaron valores entre el 45.72% y 67.70%, cuya variabilidad de valores está dada por la variedad de quinua utilizada.

En síntesis, la quinua presenta un apropiado valor nutricional en comparación a los cereales comunes, su contenido de proteína, grasa y fibra dietaria ofrece un valor biológico superior al trigo, arroz o maíz. Además, contiene un importante contenido de carbohidratos, por lo que es una importante fuente de energía, En este orden de ideas, se podría establecer que este alimento es una alternativa viable para suplir las necesidades nutricionales deficientes en el país, ya que tiene la capacidad de aportar grandes beneficios a la nutrición humana que ha despertado interés en todos los grupos etarios.

3. Capítulo 3. Elaboración de una bebida fermentada de quinua, con inclusión de bacterias ácido lácticas.

3.1. Introducción

Este capítulo enmarca el desarrollo de una bebida fermentada a base de quinua blanca, variedad Jericó. El trabajo se realizó teniendo en cuenta un diseño experimental con arreglo factorial de 2^3 , donde los factores y niveles considerados fueron la relación quinua – agua utilizado en la etapa de remojo del grano y el tipo de cultivo acidoáctico empleado; para esto se realizaron ocho experimentos por triplicado para seleccionar el mejor ensayo.

El producto estandarizado fue sometido a análisis microbiológico y posteriormente a evaluación sensorial de consumidores, para analizar el nivel de agrado del producto, así como también a una prueba de puntajes para evaluar las características organolépticas del alimento fermentado. Los resultados obtenidos en las pruebas sensoriales fueron analizados estadísticamente mediante una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Cultivos láctios

Para la fermentación de las bebidas se utilizaron dos tipos de cultivos comerciales diferentes.

Las especificaciones de estos cultivos se encuentran en los Anexos A y B.

3.2.1.1. Cultivo 1: Yo-Flex® Mild 1.0

Yo-Flex® Mild 1.0 (CHR HANSEN, Dinamarca) es un cultivo termófilo específico para yogurt constituido por los microorganismos *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*.

3.2.1.2. Cultivo 2: Choozit®-MY 800

Choozit®-MY 800 (Danisco, Francia) es un cultivo termófilo específico para yogurt constituido por los microorganismos *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*.

3.2.2. Ingredientes adicionales

Para la elaboración de un endulzante saborizado se utilizó piña golden adquirida en la plaza de Paloquemao de Bogotá.

3.2.3. Elaboración de la bebida fermentada

El desarrollo de la bebida fermentada de quinua se llevó a cabo en la planta de vegetales del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, basado en el procedimiento descrito por Maldonado y Carrillo (2014) realizando algunas modificaciones específicas en tres etapas del proceso: tiempo de remojo, inoculación de las BAL y el proceso de endulzado. La figura 3.1 presenta el diagrama de flujo establecido para elaboración de la bebida fermentada de quinua con inclusión de BAL.

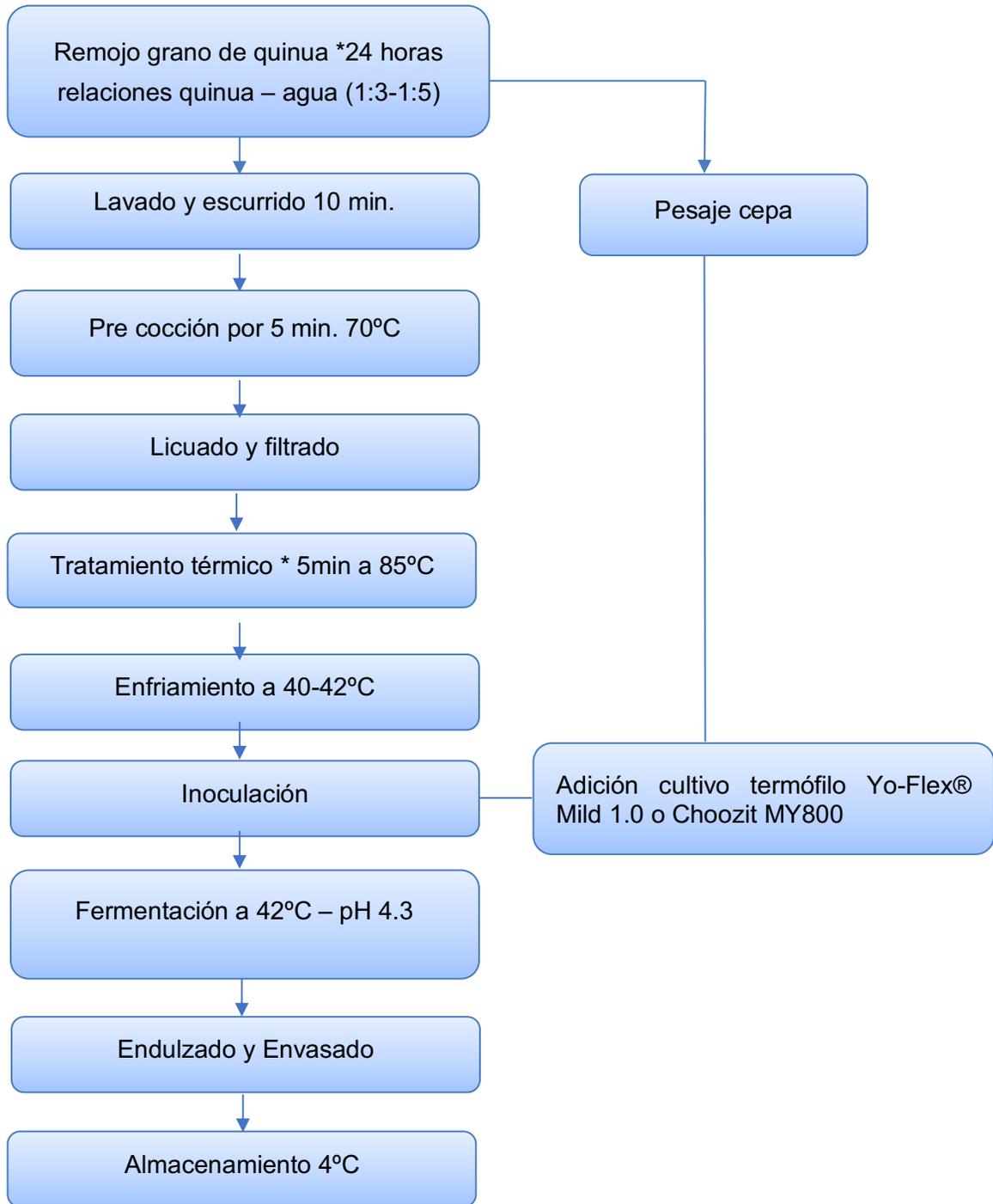


Figura 3.1. Diagrama de flujo elaboración bebida fermentada de quinua

Se realizaron ensayos preliminares con el fin de evaluar el comportamiento y capacidad de adaptación de los cultivos lácticos específicos para la elaboración de la bebida, midiendo el tiempo gastado para lograr la fermentación, el nivel de acidificación y descenso al pH esperado.

A continuación, se describe cada etapa de la bebida fermentada con quinua.

1. **Remojo:** Por cada kg de quinua se usaron entre 3 y 5 L de agua para remojar el grano, acorde a la relación (1:3) y (1:5), durante 24 horas, realizando un recambio de agua cada ocho horas, proceso que permitió facilitar el retiro de las saponinas presentes en las semillas de quinua.
2. **Lavado y escurrido:** Se lavaron con abundante agua los granos de quinua y se llevaron a escurrido durante 10 minutos.
3. **Pre cocción:** Se llevaron a pre cocción los granos de quinua por 5 minutos, a 70°C, para ablandar y facilitar el proceso de trituración.
4. **Licuada y filtrado:** Los granos pre-cocidos de quinua fueron sometidos a licuado y posteriormente a filtrado para retirar los residuos no solubles.
5. **Calentamiento:** El extracto de quinua fue sometido a calentamiento durante 5 minutos a 85°C para que las proteínas de la quinua precipitaran y promover la pasteurización del producto.
6. **Enfriamiento:** Se enfrió el extracto de quinua hasta alcanzar una temperatura de 42°C, adecuada para la acción de los cultivos lácticos empleados.
7. **Inoculación:** Se adicionó el cultivo ácido láctico correspondiente.
8. **Fermentación:** Se incubaron las muestras en cámara controladora de temperatura a 42°C, proceso en el cual se realizó el monitoreo del pH y acidez cada hora en el transcurso de la fermentación hasta lograr un pH inferior a 4.5.
9. **Endulzante y envasado:** Se endulzó la bebida fermentada con salsa de fruta y, finalmente, se envasó en porciones de 250 g.
10. **Almacenamiento:** el producto envasado fue sometido a refrigeración a 4°C, esto con el fin de conservar y mantener las características organolépticas del producto final.

3.2.4. Diseño experimental

El estudio se realizó bajo el diseño experimental con arreglo factorial de 2³ donde los factores y niveles considerados fueron los siguientes:

El primer factor estudiado fue la relación quinua- agua empleada en la etapa de remojo, por 24 horas con recambio de agua cada ocho horas, con el fin de retirar las saponinas

presentes en el grano que pudieran afectar el desarrollo de la bebida fermentada, cuyos niveles empleados fueron 1:3 y 1:5. El segundo factor correspondió al tipo de cultivo ácido láctico a emplear en la etapa de fermentación, en el cual se probaron Yo-Flex® Mild 1.0, y Choozit MY800. El tercer y último factor correspondió a la adición de edulcorante a utilizar en la bebida fermentada de quinua, donde un nivel correspondió a la adición de una salsa endulzada de piña y otro nivel fue la no adición de edulcorante, ambos productos fueron entonces comparados contra un producto comercial, que, dado que no existen bebidas fermentadas de quinua disponibles en el mercado, se seleccionó una bebida fermentada de arroz.

3.2.5. Variables respuesta

Tomando las características principales de la bebida fermentada que se deseaba obtener y los factores en estudio, se planteó la medición de las siguientes variables de respuesta: acidez, pH y sólidos solubles.

3.2.5.1. Medición de acidez

Para realizar el seguimiento de esta variable durante el proceso de fermentación se usó el método volumétrico reportado por Nielsen (2010), tomando 10g de la muestra y llevándolo a titulación con una solución estandarizada de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N. Para realizar el cálculo de la concentración de ácido láctico, se empleó la ecuación No 3.1.

Ecuación No 3.1.

$$\%Acidez = \frac{V_{NaOH}(mL) * N * 90 * \frac{100}{1000}}{Val (mL)}$$

Donde:

%Acidez = porcentaje de acidez, equivalente a ácido láctico

V NaOH= volumen gastado de hidróxido de sodio (mL)

N = es el valor de normalidad del NaOH

Val = Volumen de muestra en (mL)

90 = Factor de conversión para ácido láctico

3.2.5.2. Medición de pH

El seguimiento de pH se realizó utilizando un potenciómetro marca Metrohm 827 (Suiza). La medición se determinó desde el inicio de la fermentación hasta su finalización, durante cada hora.

3.2.5.3. Medición de sólidos solubles

La medición de sólidos solubles se realizó utilizando un refractómetro digital PAL -1 Pocket (ATAGO, Japón). El instrumento se calibró con agua destilada, posteriormente se tomó una gota de bebida y colocó sobre el lector hasta obtener el resultado en °Brix, monitoreo que se llevó a cabo desde la hora cero hasta el término de la fermentación.

3.2.6. Ensayos preliminares de preparación de bebida fermentada a base de quinua.

En esta etapa se realizaron ocho ensayos preliminares de bebidas fermentadas de quinua, usando para cada procedimiento recipientes plásticos, licuadora, marmita a vapor, termocupla, colador, espátula, balanza electrónica, balanza analítica, vasos de precipitado, molino de especias, tamiz, cámara controladora de temperatura y cuarto frío. En la tabla No 3.1 se describen los ajustes realizados por cada experimento.

Para obtener la harina de quinua, se tomó el grano previamente desaponificado por el comercializador mediante método mecánico, usando una desaponificadora de quinua (Vucano tecnología aplicada EIRL, Perú), método por el cual se retiraron las saponinas del pericarpio del grano. La matriz alimentaria fue sometida a molienda usando un molino industrial de especias y nueces. Una vez homogenizada la materia prima se trasladó a un tamiz de prueba ASTM E 11, con estándar de 150 mm de abertura. El producto obtenido fue utilizado para la elaboración de la bebida fermentada.

Tabla 3.1. Ajustes realizados por cada experimento de elaboración de la bebida fermentada de quinua.

Experimento	Condiciones
1	Se elaboraron dos bebidas fermentadas, usando grano de quinua sometido a remojo, modificando la relación quinua: agua (1:3) y (1:5) y se inoculó con el cultivo Choozit MY 800 a una temperatura de 36°C por setenta y dos horas.
2	Se desarrollaron dos bebidas fermentadas utilizando grano de quinua sometido a remojo, modificando la relación quinua: agua (1:3) y (1:5) y se inoculó con el cultivo Yoflex Mild a una temperatura de 36°C por setenta y dos horas.
3	Se desarrollaron cuatro bebidas fermentadas empleando grano de quinua sometido a remojo, dos con la relación quinua: agua (1:3) y dos con la relación (1:5) inoculando. Para cada relación se hizo un ensayo con Choozit MY 800 o Yoflex Mild. Las bebidas se incubaron a una temperatura 36°C por seis horas.
4	Se elaboraron dos bebidas fermentadas utilizando grano de quinua sometido a remojo, con la relación quinua: agua (1:3) y (1:5) empleando el cultivo Choozit MY 800. Adicionalmente, se prepararon otras dos bebidas usando las mismas relaciones, para el cultivo Yoflex Mild. Las bebidas se incubaron a una temperatura de 42°C por cuatro horas.
5	Se elaboraron dos bebidas fermentadas empleando grano de quinua sometido a remojo, con la relación quinua: agua (1:3) y (1:5) inoculando el microorganismo Choozit MY 800 definiendo sometiendo a una temperatura de 42°C por cuatro horas. En este ensayo se suprimió la etapa de filtrado de los sólidos insolubles de quinua, para minimizar la generación de subproductos y considerando que en la fracción insoluble quedan compuestos de valor que mejoran la calidad nutricional de la bebida elaborada.

6 Se desarrolló la bebida fermentada usando grano de quinua sometido a remojo con la relación quinua: agua (1:5) dado que en el procedimiento anterior la relación 1:3 presentó mayor viscosidad y notoria presencia de gránulos, que no favorecieron el producto final. Se empleó el cultivo Choozit MY 800 y la bebida se sometió a una temperatura de 42°C por cuatro horas.

7 Se elaboró una bebida fermentada empleando grano de quinua sometido a remojo con la relación quinua: agua (1:5) y el cultivo láctico Choozit MY 800, a una temperatura de fermentación de 42°C por cuatro horas. En este experimento se descartó la etapa de pre-cocción, debido a que no logró una ruptura homogénea del grano en la etapa de licuado lo que afectó la calidad organoléptica del producto final.

8 Se desarrolló la bebida fermentada empleando harina de quinua con la relación (1:5), sometiendo a pasteurización a una temperatura constante de (85°C) por 10 minutos, inoculando los cultivos lácticos seleccionados y llevando a temperatura de fermentación a los 42°C por cuatro horas. En este experimento se logro obtener un producto altamente viscoso, por lo que finalmente fue necesario incrementar la relación quinua: agua a (1:6), para obtener un producto bebible y homogéneo.

Fuente: Elaboración Propia, 2020

En tal sentido, es importante aclarar que de acuerdo a los ajustes realizados en los ensayos preliminares, el producto finalmente fue estandarizado implementando harina de quinua en lugar del grano entero, ya que a partir de éste último no fue posible obtener un producto aceptable sensorialmente debido a la presencia de granulos en la bebida fermentada, generando así un rechazo por parte de los consumidores. Por tal razón, se optó por utilizar harina de quinua que promovió una mejor calidad sensorial de textura, sabor y apariencia visual del producto final.

3.2.7. Elaboración salsa de piña y caracterización de la fruta.

Una vez obtenida la bebida fermentada estándar, con base en los ensayos preliminares, se elaboraron nuevos lotes, los cuales fueron sometidos a procesos de endulzado. Para ello, se obtuvo una salsa de piña. Para elaborar la salsa fue necesario realizar previamente la caracterización de la fruta, con la finalidad de conocer el índice de madurez requerido para el proceso. El análisis de medición se llevó a cabo en el laboratorio de análisis físico químico de alimentos del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. Los parámetros medidos fueron pH, acidez, color, textura y sólidos solubles.

La acidez fue determinada por el método volumétrico; para este procedimiento se tomaron 10 mL de jugo de piña. En este punto, se realizó la medición de pH usando potenciómetro modelo 3520 marca Jenway (España). Luego, se adicionaron 20mL de agua destilada y tres gotas de fenolftaleína y la solución se llevó a titulación con una solución estandarizada de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N. Para realizar el cálculo de la acidez, expresada en porcentaje equivalente a ácido cítrico se empleó la ecuación No 3.2.

Ecuación No 3.2.

$$\%Acidez = \frac{V_{NaOH}(mL) * N * 64 * \frac{100}{1000}}{Val (mL)}$$

Donde:

%Acidez= porcentaje de acidez, expresado como equivalentes de ácido cítrico

V NaOH = volumen gastado de hidróxido de sodio (mL)

N = es el valor de normalidad del NaOH

Val = volumen de muestra en (mL)

64 = Equivalente del ácido cítrico

Entre tanto, el color se determinó por el método de colorimetría haz de luz, usando un colorímetro modelo Color Quest XE (HunterLab, Estados Unidos). El color de la piña se determinó tomando 8 puntos tanto en la parte externa como interna. Para calibrar el colorímetro se utilizó una placa negra y blanca y para la medición se utilizó un disco de 1 pulgada, en el cual la sensibilidad de la placa blanca alcanzó un valor de 95 en el valor de la luminosidad, donde dicho parámetro va de 0 hasta 100, en el que 0 es ausente de luz (negro) y 100 el máximo valor de luz (Blanco).

La medición de textura se realizó a través de un texturómetro TA.XT. Plus (Inglaterra), usando una probeta cónica de acrílico con ángulo de 40° (P/40C). Este análisis se realizó mediante el método de penetración, para esto se tomó la piña que previamente había sido dividida en rodajas en partes iguales y llevo al texturómetro para su respectiva medición en la cual se determinó la la firmeza mediante la penetración en diferentes puntos, con una sonda cónica con velocidad de 1.5 mm/segundo y una distancia de 10 mm/segundo.

Finalmente, la medición de sólidos solubles se realizó usando un refractómetro digital PAL -1 Pocket ATAGO (Japón). Para llevar a cabo la medición, en principio se calibró el instrumento con agua destilada, posteriormente se tomó una gota de jugo de piña y se colocó sobre el lector hasta obtener el resultado en °Bx. Con los datos recopilados se determinó el índice de madurez mediante la ecuación No 3.3.

Ecuación No 3.3.

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{Sólidos solubles (°Brix)}}{\text{Acidez (\% ác. cítrico)}}$$

Para elaborar la salsa de piña se tuvo en cuenta el procedimiento establecido en la figura No 3.2.

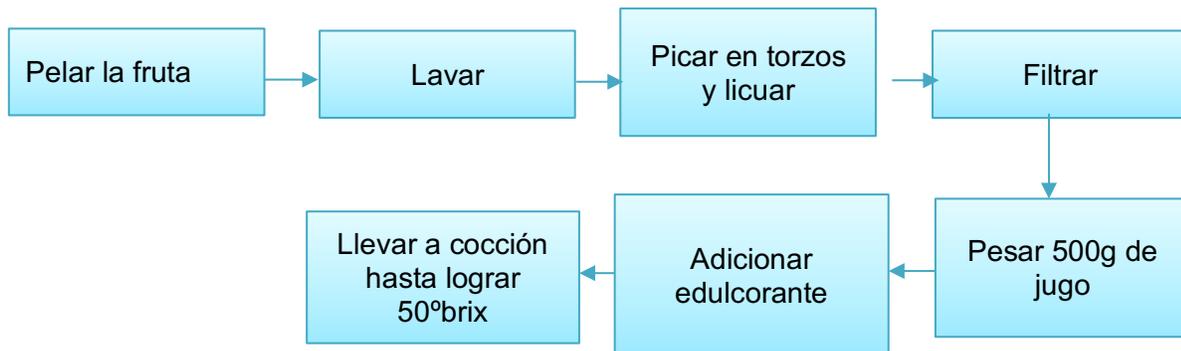


Figura 3.2. Diagrama de flujo proceso de elaboración salsa de piña.

3.2.8. Análisis microbiológicos de los productos elaborados

3.2.8.1. Recuento de mohos y levaduras

El recuento de mohos y levaduras se realizó teniendo en cuenta el método INVIMA No. 7 recuento en placa (INVIMA, 2018). Para esta actividad se usaron los siguientes materiales: frasco de vidrio (contenido 90 mL con tapa rosca y estéril) cajas de Petri de 90mm de diámetro, tubos de ensayo con capacidad de 10 mL con tapa rosca estériles, pipeteadora, micro pipetas estériles y gradilla plástica.

La siembra por profundidad de mohos y levaduras se desarrolló inicialmente pensando en una balanza analítica 10 mL de bebida fermentada con ayuda de pipeta aforada y se adiciono al frasco de vidrio (Schott GL45) que contenía 90 mL de agua peptonada estéril se tapó y homogenizó manualmente. El procedimiento fue realizado por diluciones sucesivas usando tubos de ensayo debidamente codificados con capacidad de 10mL, tal como se evidencia en la figura No 3.3, en donde inicialmente en condiciones asépticas se iniciaron las respectivas diluciones dentro de una cámara de flujo laminar. Una vez completado el procedimiento se adicionaron entre 10 y 12 ml de agar oxitetraciclina-glucosa extracto de levadura (OGYE) a las cajas de Petri, se homogenizó manualmente de manera ondulatoria y dejó reposar por 15 minutos hasta gelificar, finalmente las muestras fueron incubadas a una temperatura de 24°C por 7 días. Después del tiempo establecido, se realizó el conteo de colonias de forma manual, cuyos resultados fueron reportados en unidades formadoras de colonia UFC/mL.

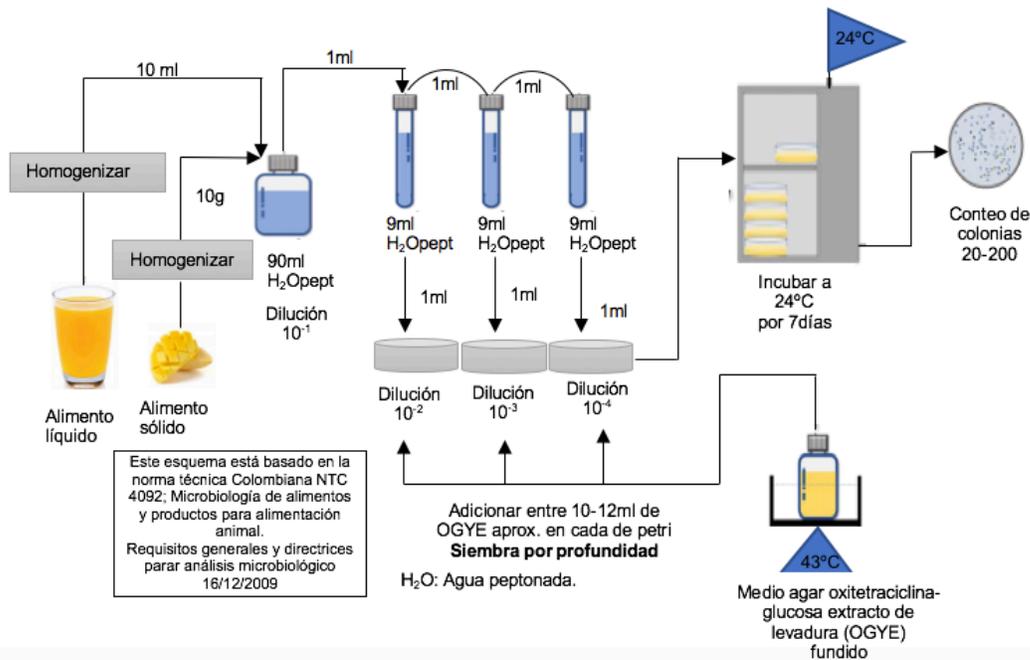


Figura 3.3. Esquema metodológico para cuantificar mohos y levaduras en medio oxitetraciclina-glucosa extracto de levadura (OGYE) mediante cultivo en profundidad.

Fuente: (Silveiro, 2015).

3.2.8.2. Recuento de células viables de bacterias ácido lácticas

El conteo de células viables de bacterias ácido lácticas se llevó a cabo teniendo en cuenta el método recuento en placa (INVIMA, 1998). Este recuento se realizó a lo largo del proceso de fermentación durante cada hora (desde la hora cero hasta la hora cuatro), acorde al monitoreo y seguimiento de acidez.

Se preparó con anterioridad la solución agar Man Rogosa Sharpe (MRS), la siembra de bacterias ácido lácticas se realizó por profundidad inicialmente pesando en una balanza analítica 10 mL de bebida fermentada con ayuda de pipeta aforada y se adicionó a un frasco de vidrio (Schott GL45) que contenía 90 mL de agua peptonada estéril, el cual se tapó y homogenizó manualmente. Este procedimiento fue realizado por diluciones de manera similar a lo reportado en el numeral anterior. Una vez se completó el procedimiento con todas las muestras, se adicionaron entre 10 y 12 mL de agar (MRS) a las cajas de Petri, se

homogenizó manualmente y dejó reposar hasta su gelificación, posteriormente las muestras fueron incubadas en anaerobiosis a una temperatura de 37°C por 72 horas. Finalmente se realizó el conteo de colonias manualmente, cuyos resultados obtenidos fueron reportados en de unidades formadoras de colonia (UFC/mL) y posteriormente transformados a unidades logarítmicas base diez acorde a lo establecido por Michael *et al.* (2008).

En este orden de ideas debido a la progresión geométrica, existe una relación directa entre el número de células presentes inicialmente en un cultivo y el número presente tras un período de crecimiento exponencial, por lo que al calcular el número de generaciones que ha ocurrido durante el período de crecimiento exponencial se debe tener en cuenta la ecuación No 3.4.

Ecuación No. 3.4

$$N = N_0 * 2^n$$

Donde:

N: Número final de células

No: Número inicial de células

n: Número de generaciones que ha ocurrido durante el período de crecimiento exponencial.

No obstante, el tiempo de generación (g) de la población celular se calcula como t/n, donde: t indica simplemente las horas o minutos de crecimiento exponencial. Por lo tanto, sabiendo el número inicial y final de células en una población que está creciendo exponencialmente, es posible calcular (n). A su vez, conociendo (n) y (t) se puede calcular el tiempo de generación (g). Para expresar (n), a partir de la ecuación, anterior se necesita hacer la siguiente transformación mediante la ecuación No 3.5.

Ecuación No. 3.5

$$\begin{aligned} \log(N) &= \log(N_0) + \log(2) \\ \frac{\log N - \log N_0}{\log 2} &= \frac{\log N - \log N_0}{0.301} \\ n &= 3.3(\log N - \log N_0) \end{aligned}$$

Expresando (n) en función de términos fácilmente medibles como (N) y (No) se puede calcular los tiempos de generación. Así el tiempo de generación (g), que se definió como n/t, será calculado mediante la ecuación No 3.6. En efecto, el tiempo de generación también se puede calcular a partir de la pendiente de la recta obtenido en la representación

semilogarítmica del crecimiento exponencial, pues la pendiente representa un valor de 0.301/g.

Ecuación No 3.6

$$g = t/n$$

Donde:

g: Tiempo de generación (h)

t: Tiempo en el cual las células entran a la fase exponencial (h).

n: Número de generaciones que ha ocurrido durante el periodo de crecimiento exponencial.

Otro índice a determinar es la constante de la velocidad de crecimiento (k). La constante de velocidad se expresa mediante la ecuación No. 3.7.

Ecuación No. 3.7

$$k = \frac{tn^2}{g} = \frac{0.693}{g}$$

Donde:

k: Constante de velocidad de crecimiento (h)

tn²: Tiempo de generaciones (h)

3.2.9. Evaluación sensorial

El producto fermentado fue sometido a prueba sensorial de consumidores, comparando tres muestras diferentes de bebidas fermentadas con el fin de evaluar la aceptación del producto. Los resultados obtenidos se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis con un nivel de significancia de 0.05 para determinar las diferencias entre los tratamientos empleados. Adicional a esto se realizó una prueba de puntajes con la participación del panel entrenado del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá en el que se evaluaron los atributos como color, aroma-sabor, olor, textura y calidad global de las bebidas fermentadas. Los resultados obtenidos de los atributos de calidad de las bebidas fermentadas, fueron evaluados mediante una segunda prueba de Kruskal Wallis.

3.2.9.1. Prueba sensorial de consumidores

Para la prueba sensorial de consumidores se usó la escala hedónica de siete puntos, prueba que consistió en evaluar el agrado o desagrado de un alimento y con base a la respuesta conocer el grado de aceptación por parte de los consumidores (Espinosa, 2007; Hernandez, 2005). El análisis sensorial se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. Se presentaron tres muestras fermentadas debidamente codificadas: una bebida fermentada quinua endulzada con salsa de piña, una bebida fermentada sin endulzar y una bebida fermentada comercial (masato de arroz); las cuales fueron previamente preparadas en el laboratorio de análisis sensorial del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia sede- Bogotá. Las muestras para su evaluación fueron entregadas a 70 consumidores de diferentes edades, entre estudiantes, docentes de la misma universidad y personas de Bogotá. Para esta actividad se usaron copas desechables de 5 onzas para el servicio de cada alimento, se solicitó a los consumidores realizar la limpieza bucal con agua entre cada medición realizada. En la tabla No 3.2 se presenta el formato aplicado en la evaluación sensorial de consumidores.

Para el análisis estadístico, se asignaron valores a la escala hedónica, para realizar la cuantificación de los resultados como se observa en la tabla No 3.3. Se calcularon las medidas de los atributos evaluados los cuales se compararon con los valores relacionados de la tabla y así determinar el valor de agrado. En el anexo C, se presentan los resultados de la evaluación sensorial de consumidores.

Tabla 3.2. Prueba hedónica escala de siete puntos.

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Me gusta extremadamente			
Me gusta mucho			
Me gusta			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta			

Me disgusta mucho

Me disgusta
extremadamente

Lo compraría

SI __ NO __ SI __ NO __ SI __ NO __

Observaciones:

Fuente: elaboración propia,2020

Para el análisis estadístico, se asignaron valores a la escala hedónica, para realizar la cuantificación de los resultados como se observa en la tabla No 3.3. Se calcularon las medidas de los atributos evaluados los cuales se compararon con los valores relacionados de la tabla y así determinar el valor de agrado. En el anexo C se presentan los resultados de la evaluación sensorial de consumidores.

La evaluación estadística de los resultados se realizó mediante la prueba de Kruskal Wallis usando Rstudio, prueba estadística no paramétrica que evalúa las diferencias entre tres o más grupos muestreados, independientemente en una sola variable continua no distribuida normalmente.

Tabla 3.3. Descriptores utilizados en la prueba de consumidores

Descripción	Valor asignado
Me gusta extremadamente	7
Me gusta mucho	6
Me gusta	5
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta extremadamente	1

Fuente: Elaboración propia, 2020

3.2.9.2. Prueba de puntajes

Para esta prueba con anterioridad se entrenó a los siete panelistas del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá, presentando un alimento fermentado a base de quinua con el fin de que logaran la capacidad de reconocer las características organolépticas y factores de calidad del

producto vegetal. La prueba de puntajes se enfoca en evaluar los atributos de calidad de un determinado producto, así como los procedimientos de degradación, en la cual se da puntajes o un valor numérico a los factores de calidad, basados en la importancia relativa de dichos factores (Mahecha, 1985). En este orden de ideas, se presentó a los siete panelistas tres muestras (una bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña, una bebida fermentada de quinua sin endulzar y una bebida comercial (masato de arroz), debidamente codificadas. Para esta actividad se usaron recipientes desechables de 5 onzas para el servicio de las muestras y agua para limpieza bucal entre cada medición. En la tabla No 3.4, se indica el formato de descriptores aplicado con base a lo establecido en literatura consultada.

Tabla 3.4. Atributos de calidad de bebida fermentada de quinua.

Color	1 – Característico del sabor reportado. 0 – No característico, muy intenso, muy artificial, con decoloraciones
Aroma y sabor	9 – Correspondiente a la fruta, buen balance dulce/ ácido, frutal, sin sabores astringentes, amargos, ni afrijolados. 6 – Carencia de aroma, sabor insípido, a cocinado, no fresco 0-3 – Fermentado (agrio), amargo, astringente, a cartón, a jabón, demasiado ácido, muy falta de sabor, como aguado, con sabores afrijolados, astringentes, picantes.
Textura	6 – Líquido homogéneo, algo viscoso. 4– Muy viscoso 0-3 – Sinéresis (separación de suero), cuerpo débil, con grumos, áspero, deja hilos al verter, gelatinoso
Calidad Global	Rango calificación 1-10

Fuente: Elaboración propia, 2020

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Resultados de ensayos preliminares

Con el fin de conocer la temperatura adecuada para el desarrollo de la fermentación, el tiempo gastado, el nivel de acidez, el pH esperado y el cultivo láctico más adecuado, se llevaron a cabo ocho experimentos preliminares de fermentación, en los cuales fue

necesario ajustar algunas etapas del procedimiento, el tiempo, la temperatura de incubación y la relación quinua: agua, con el fin de analizar el comportamiento y efectividad de los microorganismos en el extracto vegetal.

Resultados de los ensayos preliminares 1 y 2

En la tabla No 3.5 se presentan los resultados obtenidos del monitoreo de acidez (representado en ácido láctico) realizados por triplicado en diferentes tiempos, acorde al seguimiento y monitoreo realizado en los tratamientos inoculados con los microorganismos de Choozit MY 800 y Yoflex Mild usando la misma cantidad de cultivo para ambas relaciones quinua: agua (1:3).

Tabla 3.5. Monitoreo de acidez, bebida fermentada de quinua- relación 1:3

Tiempo (h)	Yoflex Mild 1.0 % ácido láctico	Choozit MY800 % ácido láctico
0	0.069 ± 0.000	0.069 ± 0.000
19	0.223 ± 0.001	0.228 ± 0.004
27	0.235 ± 0.003	0.237 ± 0.004
43	0.257 ± 0.009	0.272 ± 0.018
67	0.347 ± 0.013	0.357 ± 0.011
72	0.307 ± 0.005	0.316 ± 0.009

Fuente: elaboración propia, 2020

En la figura No. 3.4 se puede apreciar el incremento de acidez en el tiempo, efectuado por el crecimiento de los microorganismos. Este crecimiento acelerado ocurrió debido a que previamente los microorganismos fueron activados en una mínima concentración del mismo sustrato vegetal, como etapa inicial a la fase de latencia, esto con fin de agilizar el metabolismo de los cultivos en el medio, proceso en el cual obtienen energía y los nutrientes que necesitan para vivir y reproducirse más fácilmente, lo que favoreció al acelerado desarrollo de acidez.

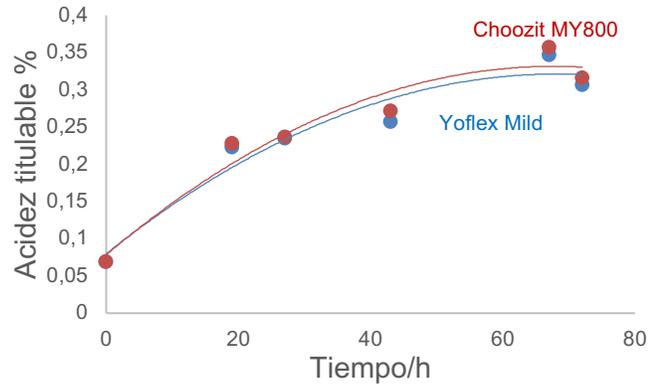


Figura 3.4. Monitoreo de acidez, relación quinua: agua 1:3.

En efecto, el crecimiento acelerado de los microorganismos ocurre dado que este se duplica bajo condiciones apropiadas, en el cual producen un aumento de la concentración de ácido láctico a pesar de encontrarse en un medio complejo donde la mayor composición presente en el sustrato vegetal es el almidón. Este es un carbohidrato que se compone de una mezcla de dos polisacáridos la amilosa y la amilopectina, en la cual los microorganismos para su subsistencia, producen enzimas extracelulares que hidrolizan el almidón en estructuras más pequeñas, donde a mayor tiempo de fermentación los microorganismos metabolizan los azúcares presentes y los convierten en ácido láctico (Li *et al.*, 2016; Navia *et al.*, 2019; Vega *et al.*, 2010).

La acidez desarrollada es consecuencia de la acción de las bacterias fermentadoras que, al encontrarse en concentraciones y condiciones adecuadas, permiten el desarrollo de acidez deseado. Sin embargo, para que las bacterias crezcan en un medio, este debe reunir una condición adecuada de temperatura, para la reproducción de los metabolitos y así lograr un adecuado desarrollo de acidez (García *et al.*, 2010). Los tratamientos fermentados con Choozit MY800 y Yoflex Mild presentan un crecimiento adecuado hasta la hora 20; a partir de ese tiempo, ocurre una disminución en la producción de acidez, debido a que probablemente las BAL empiezan a ser inviables por la misma concentración de ácido láctico, como se puede observar en la línea de color rojo que corresponde al tratamiento con Choozit MY800 y la gráfica curvilínea de color azul al tratamiento con Yoflex Mild.

En la Tabla No 3.6, se presentan los resultados preliminares del proceso de fermentación obtenidos en la relación quinua: agua (1:5), recopilados en diferentes horas, acorde al

seguimiento y monitoreo realizado por triplicado en los tratamientos inoculados con los cultivos iniciadores de Choozit MY 800 y Yoflex Mild.

Tabla 3.6. Monitoreo de acidez, bebida fermentada de quinua- relación 1:5.

Tiempo (h)	Yoflex Mild 1.0 % ácido láctico	Choozit MY800 % ácido láctico
0	0.069 ± 0.000	0.069 ± 0.000
19	0.206 ± 0.009	0.223 ± 0.006
27	0.232 ± 0.017	0.235 ± 0.001
43	0.245 ± 0.004	0.269 ± 0.002
67	0.284 ± 0.015	0.310 ± 0.002
72	0.245 ± 0.004	0.268 ± 0.001

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la figura No 3.5 se observa a través del tiempo el nivel de acidez alcanzado durante las 72 horas, en ambas fermentaciones inoculadas con Yoflex Mild y Choozit MY 800, partiendo con un nivel de acidez inicial de 0.069%, en el que se observa un crecimiento progresivo y acelerado del valor de acidez, en las dos muestras hasta la décima hora. Sin embargo, a partir de la undécima hora, se presenta una variación entre las mediciones de acidez la cual va relacionada con la capacidad que presentan los microorganismos para fermentar el sustrato vegetal. En efecto, la línea azul correspondiente al tratamiento inoculado con Yoflex Mild presentó un nivel de fermentación más lento en comparación a la bebida inoculada con el cultivo láctico Choozit MY800, que aumentó el nivel de acidificación.

No obstante, los sustratos fermentados presentaron una separación de fase, siendo más evidente la sinéresis en el producto fermentado con Yoflex Mild a partir de la tercera hora, lo que indica que al preparar bebidas fermentadas a partir de extractos vegetales estos generan un gran problema de inestabilidad, dado que el producto presenta separación de fases y precipitado, separando el material sólido del líquido, como ya ha sido reportado por otros autores (Maldonado & Carillo, 2014; Medin et al., 2017). A partir de las 25 horas, tal como refleja la Figura 3.5, la fermentación posiblemente alcanzó el nivel de acidez deseado. La concentración de ácido láctico puede tener como consecuencia la disminución de la

velocidad de crecimiento, llegando a la fase de declive, donde la población microbiana alcanzó la fase estacionaria, conllevando a una disminución progresiva y agotamiento de las reservas de energía de la células viables (Michael *et al.*, 2008).

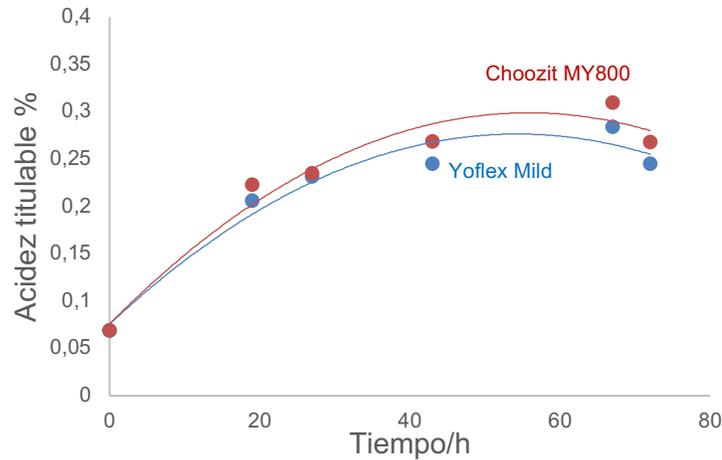


Figura 3.5. Monitoreo de acidez relación 1:5.

Acorde a lo anterior, se pudo observar que la fermentación establecida en 72 h fue muy extensa, en comparación a otros estudios realizados por ejemplo, Bianchi (2013) y Huapaya (2014) establecieron un tiempo de fermentación entre 7 a 10 h aproximadamente, a una temperatura de 37°C hasta lograr un pH 4.8 y 3.9 respectivamente, usando diferentes cultivos ácidoácticos; entre tanto Olivo y Morales (2015) y Velázquez *et al.* (2018) definieron un tiempo de fermentación de la bebida de quinua de 24h a una temperatura de 35 y 37°C hasta lograr pH 4.3 y 4.7 con acidez titulable de 1.27% usando *Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Maldonado y Carrillo (2014), por su parte sometieron la fermentación de la bebida a 36°C por 16 h, temperatura similar a la establecida en el experimento inicial de este estudio, logrando un pH 4.5; con base al tiempo de fermentación reportado por los autores, los valores de pH se encuentran por debajo de lo determinado en este experimento.

Las muestras obtenidas en este experimento presentaron olores rancios muy fuertes, colores marrón oscuros y mayor precipitación que pudo ser ocasionada por las proteínas, esto debido a varios factores, entre ellos las variaciones de pH en el producto fermentado con Choozit MY 800. La precipitación pudo darse por la mayor producción de ácido láctico, reduciendo el pH y alcanzando el punto isoeléctrico de las proteínas de quinua, esto indica que las proteínas están en la menor solubilidad posible, en la cual se convierte en una proteína insoluble, donde pueden formar micelas y precipitar; otra causa por la cual

precipitan las proteínas puede ser ocasionada por los microorganismos, quienes pueden producir enzimas como las proteasas y estas por ser extracelulares hidrolizan las proteínas que se encuentran en el medio, desestabilizando así los aminoácidos de tipo hidrofóbico que no están expuestos después de la hidrólisis, quedando expuestos lo que hace que la solubilidad disminuya al máximo y la proteína se convierta en insoluble y precipite. Diferentes investigaciones han mostrado que la proteína de la quinua puede precipitar en un rango de pH 4.5-5.3 (Callisaya & Alvarado, 2009; Quelal et al., 2019).

Resultados del ensayo preliminar 3

La tabla No 3.7 presenta los resultados de acidez y pH recopilados cada hora en el tiempo de fermentación, resultados que corresponden al tercer experimento de la bebida fermentada elaborada con una relación quinua: agua 1:3. Este procedimiento fue más favorable en comparación a los anteriores experimentos en los cuales los tiempos de fermentación fueron muy extensos que no favorecieron la presentación del producto final.

Tabla 3.7. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo-relación 1.3

Tiempo (h)	Choozit MY800		Yoflex Mild	
	% ácido láctico	pH	% ácido láctico	pH
0	0.081 ± 0.000	6.42 ± 0.00	0.081 ± 0.000	6.42 ± 0.00
2	0.145 ± 0.006	5.43 ± 0.02	0.115 ± 0.006	5.61 ± 0.01
4	0.185 ± 0.006	4.93 ± 0.02	0.155 ± 0.012	5.12 ± 0.02
6	0.276 ± 0.006	4.43 ± 0.02	0.226 ± 0.006	4.51 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia, 2020

La figura No. 3.6 demuestra que las bebidas inoculadas con Choozit MY800 y Yoflex Mild presentan un comportamiento creciente en la producción de acidez a medida que transcurre el tiempo, lo que indica que los microorganismos posiblemente en este proceso crecen hasta alcanzar la máxima tasa de producción de ácido láctico. En este contexto, se puede observar que existe una diferencia entre el inicio y final de la fermentación, en el que se podría decir que los microorganismos lograron adaptarse al sustrato desarrollando una

acidez de 0.276% para el producto inoculado con Choozit MY 800 y 0.226% para Yoflex Mild, respectivamente.

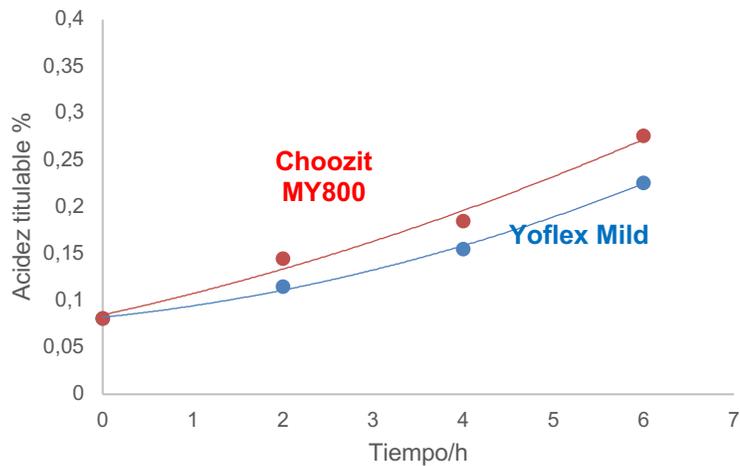


Figura 3.6. Monitoreo acidez- relación 1:3.

Sin embargo, en la figura No 3.7 se logró observar que la concentración fermentada con el cultivo iniciador de Choozit MY 800 demostró una considerable adaptación en el extracto vegetal, alcanzando un pH por debajo de 4.5, logrando un descenso progresivo en el tiempo, y presentando estabilidad del producto y poca separación de fase, a diferencia de la fermentación con Yoflex Mild, quien presentó un pH cercano a 4.51 con mayor inestabilidad (separación de fase) que no favoreció la presentación final.

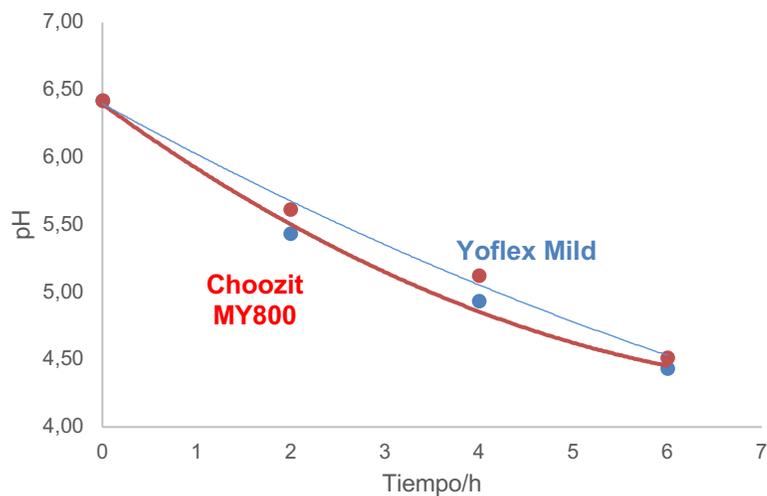


Figura 3.7. Monitoreo de pH- relación 1:3.

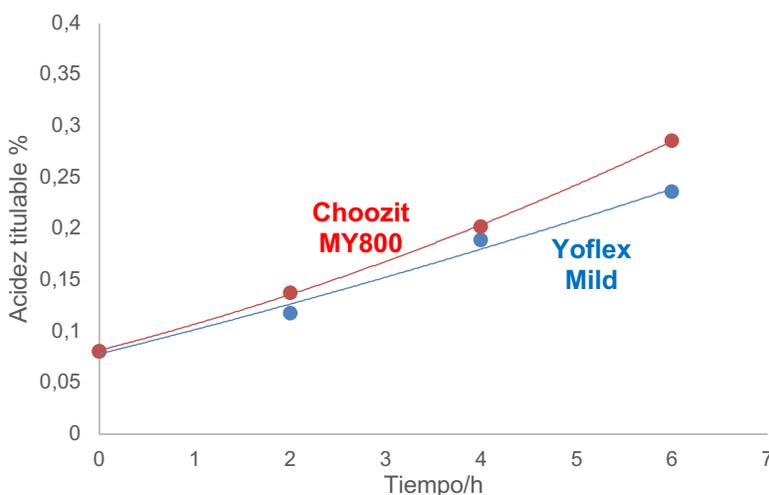
Entre tanto, la tabla No. 3.8 presenta los datos recopilados en el proceso de fermentación de la bebida para una relación quinua: agua (1:5) con los dos cultivos establecidos.

Tabla 3.8. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo, relación 1:5.

Tiempo (h)	Choozit MY800		Yoflex Mild	
	% ácido láctico	pH	% ácido láctico	pH
0	0.081 ± 0.000	6.45 ± 0.00	0.081 ± 0.000	6.45 ± 0.00
2	0.138 ± 0.006	5.29 ± 0.01	0.118 ± 0.015	5.52 ± 0.01
4	0.202 ± 0.010	5.01 ± 0.02	0.189 ± 0.006	5.12 ± 0.01
6	0.286 ± 0.012	4.45 ± 0.01	0.236 ± 0.006	4.69 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la figura No 3.8 a partir de los resultados obtenidos, se observa la capacidad de acidificación del sustrato vegetal en ambas concentraciones inoculadas, con los microorganismos Choozit MY800 y Yoflex Mild, lo cual fue satisfactorio dado que los microorganismos lograron metabolizar los carbohidratos produciendo ácido láctico.

**Figura 3.8.** Monitoreo acidez- relación 1:5.

No obstante, el nivel de pH disminuyó considerablemente a través del tiempo, logrando en el producto fermentado con Choozit MY800 un pH 4.50 y en Yoflex Mild un nivel de pH 4.65. Es importante aclarar que la acidificación del producto inoculado con el cultivo Yoflex Mild fue más lento en el transcurso de la fermentación, presentando mayor sinéresis a partir la tercera hora, que no favoreció la presentación del producto final. En comparación, el producto fermentado con Choozit MY800 presentó una mínima separación de fase y mejor adaptación de los microorganismos.

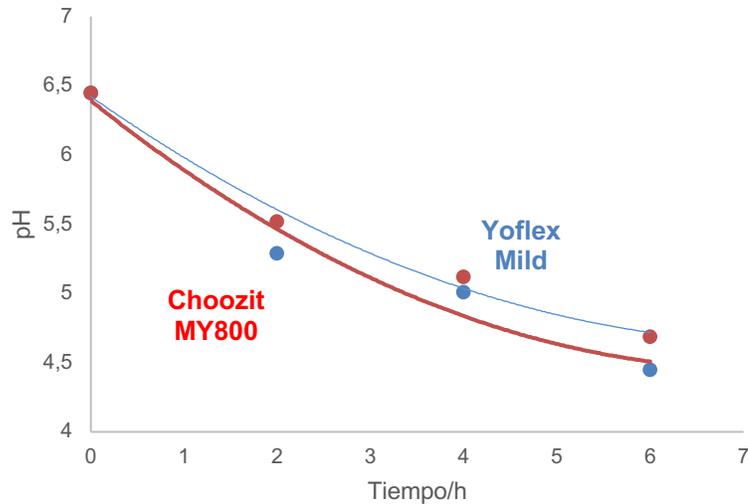


Figura 3.9. Monitoreo pH- relación 1:5.

Se logró identificar que el tiempo de fermentación continuaba siendo mayor, dado que los microorganismos utilizados en este estudio son específicos para elaboración de yogurt, en el cual el tiempo de fermentación puede durar entre 3 a 4 h, aproximadamente. Sin embargo, algunos estudios realizados describen que el tiempo gastado para lograr el nivel de acidez en bebidas fermentadas con soya fue de siete horas alcanzando una acidez de 0.47%, mientras que en otras bebidas más diluidas alcanzaron el 0.38% y en bebidas fermentadas de soya germinada un nivel de acidez del 0.80% (Quicazán, 2012; Yang & Li, 2010).

En efecto, otro estudio indica que bebidas fermentadas obtenidas de arroz y mijo alcanzaron un nivel de acidez del 0.59% y 0.40%, respectivamente (Favaro, & Couri, 2001). Esto indica que hay una variación de resultados entre la bebida fermentada de quinua con la de soya, arroz y mijo, cuyas fuentes de variación están ocasionadas por el tipo de materia prima utilizada, los cultivos lácticos, el nivel de temperatura al cual fue sometido el producto para su fermentación, la incorporación de componentes como leche en polvo, glucosa-fructosa, galactosa y sacarosa. Con base en los datos anteriores, en los procedimientos posteriores se optó incrementar la temperatura de incubación a los 42°C, dado que los microorganismos estudiados se adaptan mejor a estas condiciones de temperatura según la ficha técnica de los microorganismos.

Resultados del ensayo preliminar 4

Una vez se ajustó la temperatura de incubación, en el cuarto experimento se logró obtener el producto fermentado en cuatro horas alcanzando un pH 4.3 para el tratamiento inoculado con Choozit MY800 y pH 4.5 para el tratamiento con Yoflex Mild con la relación quinua: agua (1:3) tal como se aprecia en la tabla No 3.9. Por lo que se puede indicar que el valor establecido para el tratamiento con el cultivo iniciador Choozit MY 800, concuerda con lo establecido por Rivera (2016), quien afirmó que el nivel ideal para fermentar bebidas a base de cereales debe estar en pH 4.2 y 4.3 específicamente.

Tabla 3.9. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo -relación 1:3.

Tiempo (h)	Choozit MY800		Yoflex Mild	
	% ácido láctico	pH	% ácido láctico	pH
0	0.069 ± 0.000	6.42 ± 0.00	0.068 ± 0.001	6.42 ± 0.00
1	0.117 ± 0.001	5.43 ± 0.02	0.109 ± 0.001	5.61 ± 0.00
2	0.168 ± 0.001	5.00 ± 0.00	0.137 ± 0.001	5.12 ± 0.02
3	0.199 ± 0.001	4.74 ± 0.00	0.182 ± 0.001	4.92 ± 0.00
4	0.279 ± 0.005	4.32 ± 0.00	0.264 ± 0.001	4.50 ± 0.00

Fuente: Elaboración propia, 2020

La figura 3.10 presenta el incremento de acidez a través del tiempo para ambos tratamientos. Sin embargo, la fermentación obtenida con el cultivo iniciador Yoflex Mild presentó notable separación de fase y siendo mas lenta en la producción de acidez en comparación a Choozit MY800; en el que se puede indicar que el nivel de temperatura establecido en este experimento, favoreció el proceso de fermentación dado que los microorganismos lograron metabolizar los carbohidratos en menor tiempo, obteniendo así ácido láctico producto del proceso de la fermentación.

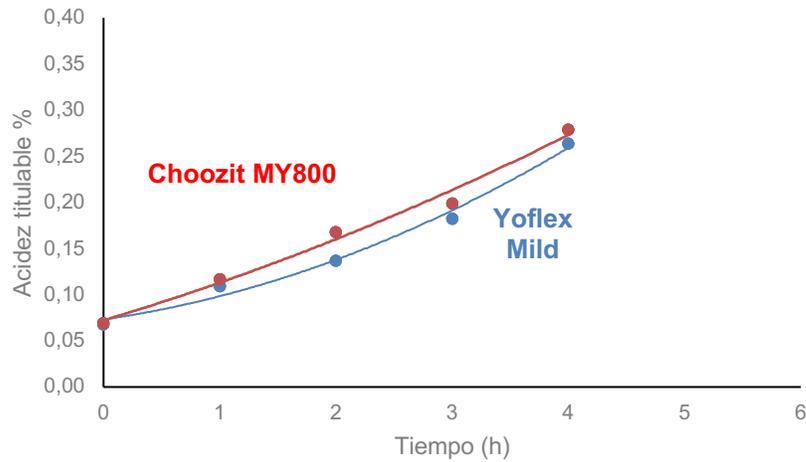


Figura 3.10. Monitoreo acidez-relación 1:3.

La figura No 3.11 presenta el desenso de pH para los tratamientos inoculados con Choozit MY800 alcanzando un pH 4.3 y Yoflex Mild un pH 4.5 en cuatro horas, en el que se puede establecer que ambos microorganismos comerciales tienen capacidad para fermentar el sustrato vegetal, gracias a la metabolización de los carbohidratos y azúcares libres presentes en la matriz alimentaria.

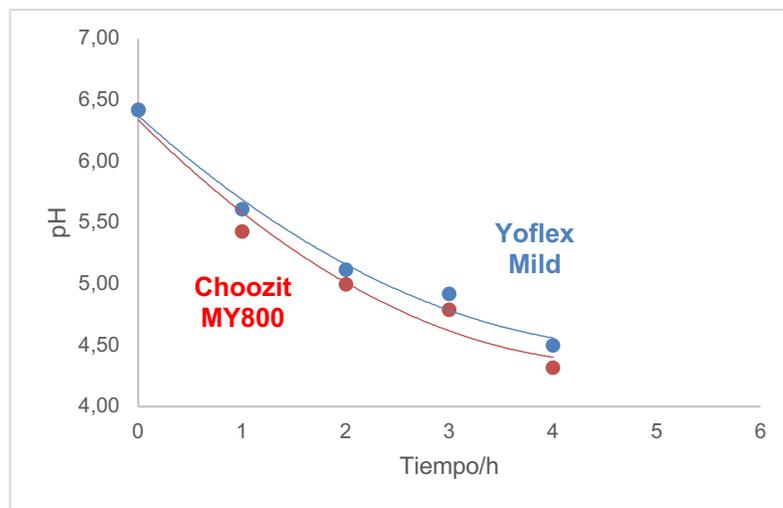


Figura 3.11. Monitoreo pH-relación 1:3.

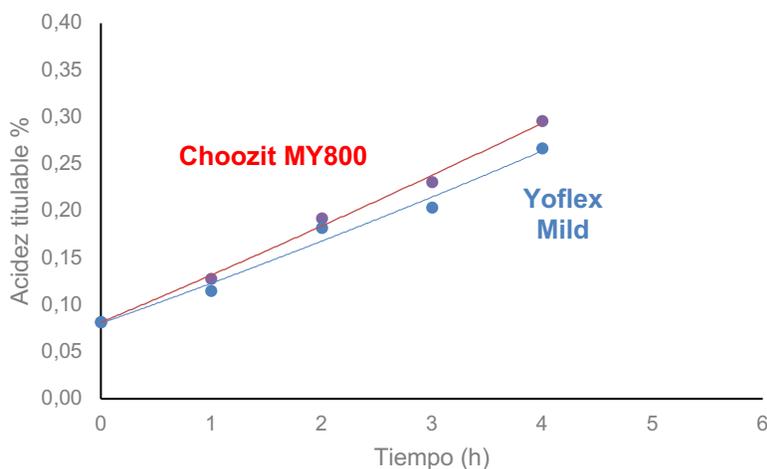
La tabla No 3.10 refleja los datos recopilados del experimento correspondiente a la relación 1:5.

Tabla 3.10. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo- relación 1:5.

Tiempo (h)	Choozit MY800		Yoflex Mild	
	% ácido láctico	pH	% ácido láctico	pH
0	0.082 ± 0.000	6.43 ± 0.00	0.082 ± 0.000	6.43 ± 0.00
1	0.128 ± 0.001	5.49 ± 0.00	0.115 ± 0.016	5.61 ± 0.00
2	0.192 ± 0.001	5.22 ± 0.00	0.182 ± 0.001	5.36 ± 0.00
3	0.231 ± 0.012	4.85 ± 0.00	0.204 ± 0.005	4.98 ± 0.02
4	0.296 ± 0.010	4.33 ± 0.00	0.267 ± 0.001	4.52 ± 0.00

Fuente: Elaboración propia, 2020

La figura No 3.12 expresa el contenido de ácido láctico logrado en cuatro horas alcanzando 0.296% de acidez para el fermento con Choozit MY800 y 0.267% para Yoflex Mild al corte de la fermentación. No obstante, el pH de la solución disminuyó notablemente debido a la producción de ácido láctico, alcanzando un valor de 4.33, en el tratamiento con Choozit MY800 y 4.52 para Yoflex Mild, tal como refleja la figura No. 3.13; sin embargo, la bebida fermentada con favorables características organolépticas fue la inoculada con Choozit MY800, con mínima separación de fase, a diferencia del producto inoculado con Yoflex Mild el cual presentó mayor sinérgisis a pesar de alcanzar un nivel de acidez cercano al requerido.

**Figura 3.12.** Monitoreo acidez-relación 1:5.

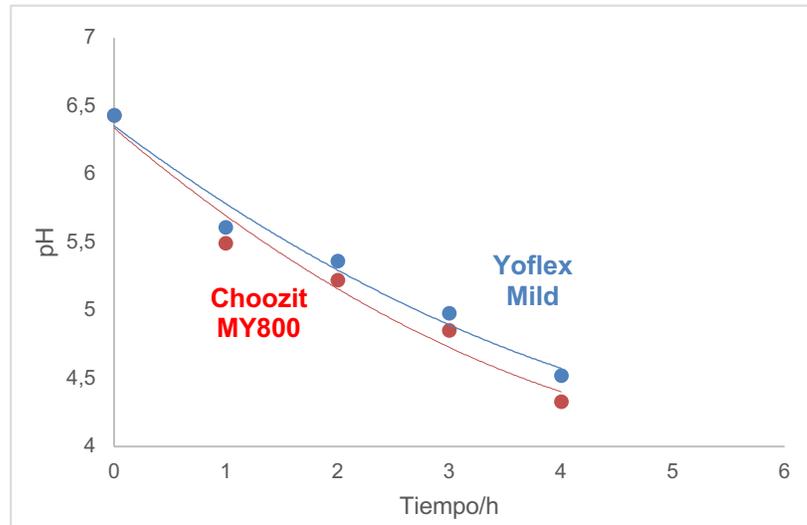


Figura 3.13. Monitoreo pH - Relación 1:5.

Acorde a los reportes anteriores, se optó seleccionar el cultivo iniciador de Choozit MY 800, ya que fue el que mejor se adaptó al sustrato, logrando adecuadamente un nivel de acidez y pH, y con ello una textura aceptable en el producto. Según diferentes fuentes bibliográficas, en los productos fermentados la viscosidad incrementa por la producción de exopolisacáridos provocados por *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus*, los cuales tienen la capacidad de sintetizar mayor cantidad de exopolisacáridos cuando se encuentra en medios ricos de glucosa (Courtin & Raul, 2004; Ripari, 2019).

No obstante, si se compara el tratamiento inoculado con Choozit MY800, con la bebida fermentada con Yoflex Mild, a pesar que este último cultivo logró adaptarse al sustrato vegetal, fue más lenta su producción de acidez en el proceso de fermentación, presentando mayor separación de fase, a pesar que algunos estudios afirmaron haber usado este cultivo para fermentar bebidas de avena, arroz, soya y quinua (Olivo et al., 2015; Uriza, 2014; Olivo et al., 2015; Uriza, 2014) con excelentes rendimientos. En este caso particular, se logró una adaptación lenta en el sustrato vegetal, presentando una sedimentación de los sólidos demostrando inestabilidad dentro del proceso de fermentación.

Resultados ensayo preliminar 5

Entre los ensayos realizados se logró identificar que filtrar el sustrato de quinua no era viable, dado que en este proceso se estaba retirando la mayor cantidad de fibra y otros componentes nutricionales que al final no favorecieron el producto, teniendo en cuenta que

los actuales consumidores buscan productos balanceados con mayor composición de fibra, lo que afectaría notoriamente el sustituto vegetal. Por esta razón, en el quinto procedimiento se eliminó la etapa de filtración, pasando directamente del proceso de licuado a pasteurización. En este caso, la relación quinua: agua 1:3 presentó mayor viscosidad y gelatinización por lo que no fue viable llevar a cabo la fermentación; al contrario, la relación 1:5 presentó un producto bebible homogéneo, por lo que en adelante se utilizó esta relación. En la tabla No 3.11 se presentan los resultados del monitoreo de acidez y pH en función del tiempo.

Tabla 3.11. Monitoreo de acidez y pH en función del tiempo, bebida fermentada de quinua- relación 1:5.

Tiempo (h)	% ácido láctico	pH
0	0.068 ± 0.001	6.53 ± 0.01
1	0.109 ± 0.001	5.83 ± 0.02
2	0.137 ± 0.001	5.16 ± 0.01
3	0.192 ± 0.001	4.88 ± 0.01
4	0.287 ± 0.010	4.32 ± 0.00

Fuente: Elaboración propia, 2020

A partir de la figura No 3.14 es posible identificar que entre el inicio y final de la fermentación hubo un ascenso progresivo de la fermentación, que ocurrió gracias a la producción de ácido láctico, producto de la fermentación ocasionado por los microorganismos, donde su principal acción es la fermentación de los carbohidratos disponibles, para convertirlos en ácido láctico.

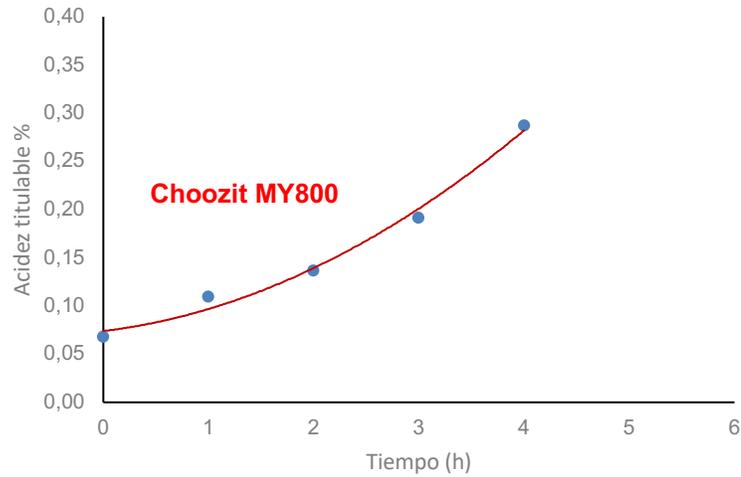


Figura 3.14. Monitoreo de acidez-relación 1:5.

Adicionalmente, en la figura No 3.15 se observa la variación de pH en función del tiempo de la bebida fermentada de quinua relación 1:5, a medida que pasan las horas el descenso es constante hasta alcanzar pH 4.3 debido a la metabolización de los carbohidratos y la producción de acidez en el proceso de la fermentación.

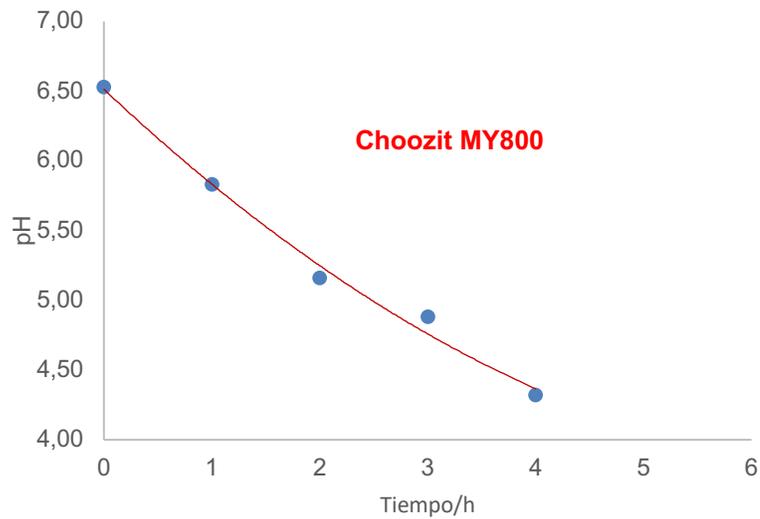


Figura 3.15. Monitoreo de pH- Relación 1:5.

Resultados ensayo preliminar 6

Con base a los ajustes anteriores la tabla No. 3.12 presenta los resultados obtenidos en el sexto experimento, reportando la estimación de nivel de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo.

Tabla 3.12. Monitoreo de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo, bebida fermentada de quinua- relación 1:5.

Tiempo (h)	% ácido láctico	pH	°Brix
0	0.068 ± 0.001	6.54 ± 0.01	1.9 ± 0.1
1	0.127 ± 0.001	5.82 ± 0.01	2.0 ± 0.1
2	0.188 ± 0.001	5.46 ± 0.01	2.1 ± 0.1
3	0.229 ± 0.001	4.89 ± 0.01	2.1 ± 0.1
4	0.280 ± 0.001	4.36 ± 0.01	2.2 ± 0.1

Fuente: Elaboración propia, 2020

Los datos recopilados se representan gráficamente en las figuras No 3.16 y 3.17. El contenido de ácido láctico logrado en este experimento fue de 2.720% al corte de la fermentación, presentando un comportamiento aceptable en el proceso de acidificación. El pH de la solución disminuyó notablemente debido a la producción de ácido láctico, alcanzando un valor de 4.36, teniendo en cuenta que a mayor tiempo de fermentación los microorganismos metabolizan los polisacáridos y azúcares convirtiéndolos en ácido láctico, tal como refleja la figura No. 3.16, lo cual es favorable en esta relación dado que los microorganismos se adaptan y acidifican mejor el sustrato, logrando un producto sensorialmente aceptable. En cuanto a los sólidos solubles la quinua por lo general presenta baja concentración de azúcar, obteniendo como respuesta inicial 1.9 °Bx y después de la fermentación 2.2 °Bx; el incremento del nivel de azúcares se pudo incrementar debido a la metabolización de los microorganismos en la matriz vegetal.

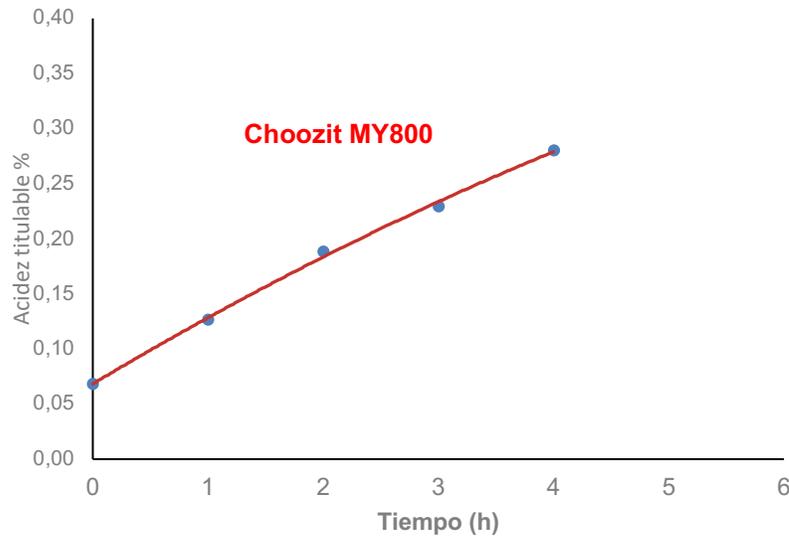


Figura 3.16. Monitoreo de acidez en función del tiempo-relación 1:5.

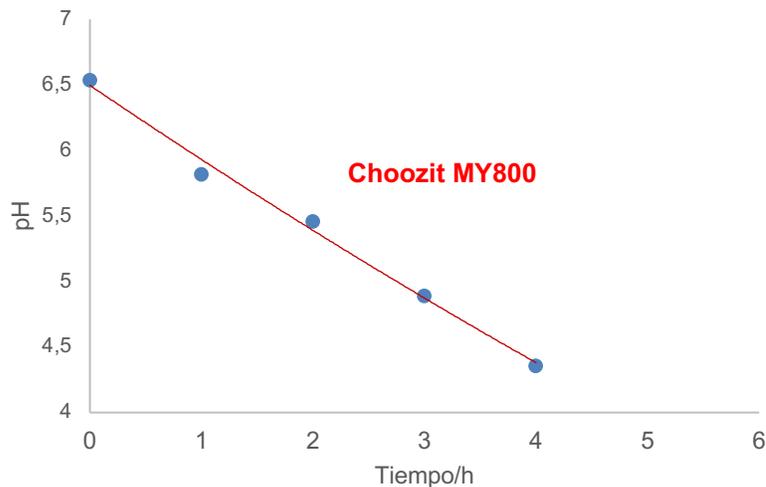


Figura 3.17. Monitoreo de pH en función del tiempo-relación 1:5.

La bebida fermentada de quinua obtenida en este experimento fue sometida a prueba sensorial preliminar con algunos estudiantes y docentes de la Universidad, en la cual se presentaron muestras endulzadas con salsa de piña, maracuyá, stevia y esencia de vainilla para enmascarar el sabor afrijolado del producto fermentado.

La actividad fue desarrollada con el propósito de conocer la aceptación del producto, posibles mejoras y selección del endulzante. Los resultados mostraron algunos defectos en las bebidas tales como: presencia notoria de los gránulos en la bebida, sabor residual en la muestra con esencia de vainilla, acidez excesiva en muestra endulzada con maracuyá y sabor a tierra y/o a hierba en muestra endulzada con stevia. Basado en lo anterior, los

resultados más satisfactorios se encontraron en la bebida con sabor a piña; dado este escenario fue necesario modificar el procedimiento de elaboración.

Resultados del ensayo preliminar 7

En el séptimo experimento se suprimió la etapa de pre-cocción dado que al llevar a proceso de licuado el grano no logró una homogenización completa, que pudo darse por la etapa de remojo en el cual la semilla, por la capacidad de retención de agua, al someterla a etapa de pre-cocción incrementó su volumen. Debido a esto, el grano después del remojo pasó directamente a licuado y posteriormente a pasteurización a una temperatura de 85°C, por 10 minutos, con el fin de que las proteínas se desnaturalizaran e incrementaran la viscosidad del producto.

El incremento de viscosidad ocurre por la desnaturalización de las proteínas, en el cual estructuralmente se aleja de su forma nativa debido a un importante cambio en su forma tridimensional, trayendo consigo consecuencias como pérdidas en su estructura secundaria, terciaria o cuaternaria. Las principales causas de desnaturalización están dadas por los cambios térmicos y los efectos mecánicos inducidos por el calentamiento. La aplicación de calor es uno de los agentes de desnaturalización más frecuentes aplicados en alimentos, por lo que afecta la estabilidad de las interacciones no – covalentes de la estructura tridimensional de las proteínas, pues se eleva la entalpía de la molécula y se rompe el delicado balance de los enlaces que mantienen el equilibrio, por lo que se establece que los mecanismos involucrados en la desnaturalización son varios y complejos que involucran principalmente a los enlaces no-covalentes. Los puentes de hidrógeno, las fuerzas de Van der Waals, y las interacciones electrostáticas por naturaleza son impulsados por la entalpía lo que implica que ocurren mediante procesos exotérmicos y permite que se desestabilicen a altas y bajas temperaturas (Badui, 2006; Fennema, 2007). No obstante, Olivo, Morales y Gutierrez (2015) afirman que el incremento de viscosidad permite como medidas directas evitar la separación de fases. Con el fin de soportar el experimento anteriormente descrito, en este ensayo se llevó a cabo el monitoreo de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo, cuyos resultados se presentan en la tabla No 3.13.

Tabla 3.13. Monitoreo de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo, bebida fermentada de quinua- relación 1:5.

Tiempo (h)	Acidez (%)	pH	°Brix
0	0.068 ± 0.001	6.54 ± 0.00	1.9 ± 0.0
1	0,127 ± 0.001	5.94 ± 0.01	2.0 ± 0.1
2	0.192 ± 0.001	5.42 ± 0.02	2.1 ± 0.1
3	0.233 ± 0.001	4.83 ± 0.00	2.1 ± 0.1
4	0.291 ± 0.001	4.36 ± 0.02	2.2 ± 0.1

Fuente: Elaboración propia, 2020

La figura No 3.18 presenta el incremento de acidez en función del tiempo alcanzando un nivel de 2.867%, de ácido láctico, cuyo incremento se debe a que los microorganismos hidrolizan los carbohidratos y azúcares libres para producir ácido láctico, por lo que se refleja un crecimiento constante de acidez, producto del proceso de la fermentación del sustrato vegetal.

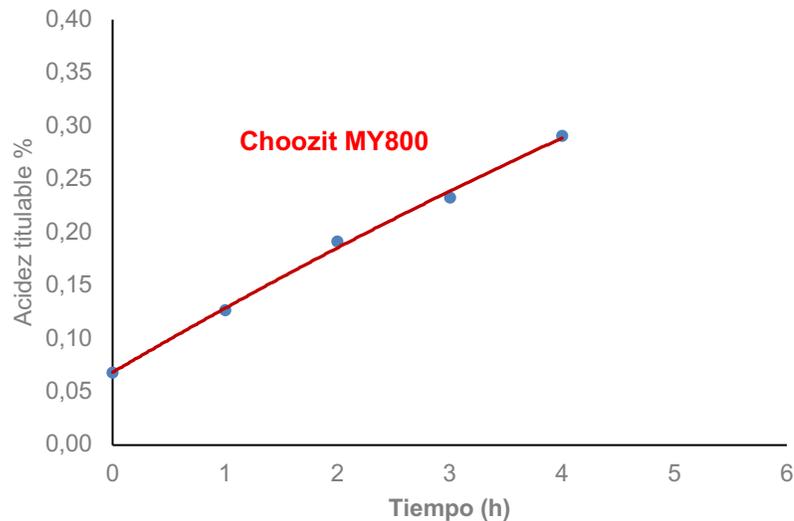


Figura 3.18. Monitoreo de acidez - relación 1:5.

En la figura No 3.19 se aprecia el descenso constante de pH a medida que transcurre el tiempo, alcanzando al corte de la fermentación un valor de 4.3, gracias a los microorganismos que hidrolizan los carbohidratos, para producir ácido durante el proceso de la fermentación. En este experimento se obtuvo un producto con características organolépticas agradables a

pesar de la presencia de gránulos en el alimento, alcanzando un equivalente de sólidos solubles de 2.2°Bx al corte de la fermentación.

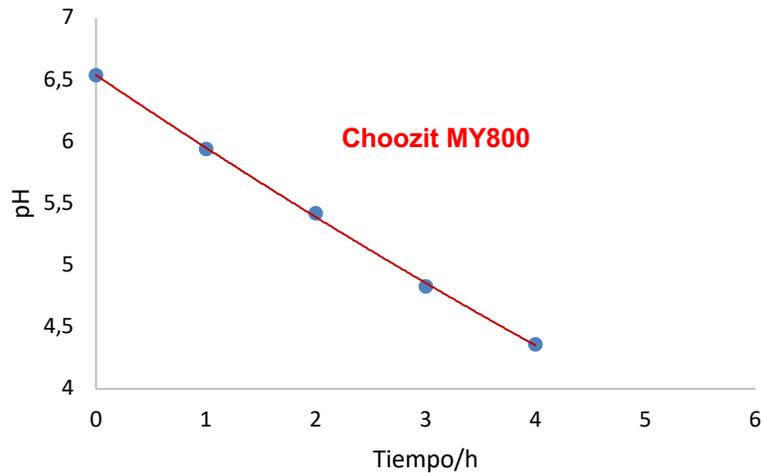


Figura 3.19. Monitoreo de pH- relación 1:5.

Resultados ensayo preliminar 8

En vista de lo anterior, en el octavo experimento se elaboró la bebida fermentada con harina de quinua ajustando las primeras etapas del diagrama de flujo establecido en la metodología, obteniendo un producto homogéneo viscoso, con un nivel de acidez promedio de 2.500%, tal como se presenta en la figura No 3.20. En este contexto, se podría deducir que el incremento de acidez pudo ocurrir por la mejor adaptación de los microorganismos en el medio, dado que les fue más fácil hidrolizar el almidón por la reducción del tamaño de los granos de quinua, lo que permitió incrementar el nivel de acidez, reflejando una variación en los resultados desde el inicio hasta el final de la fermentación.

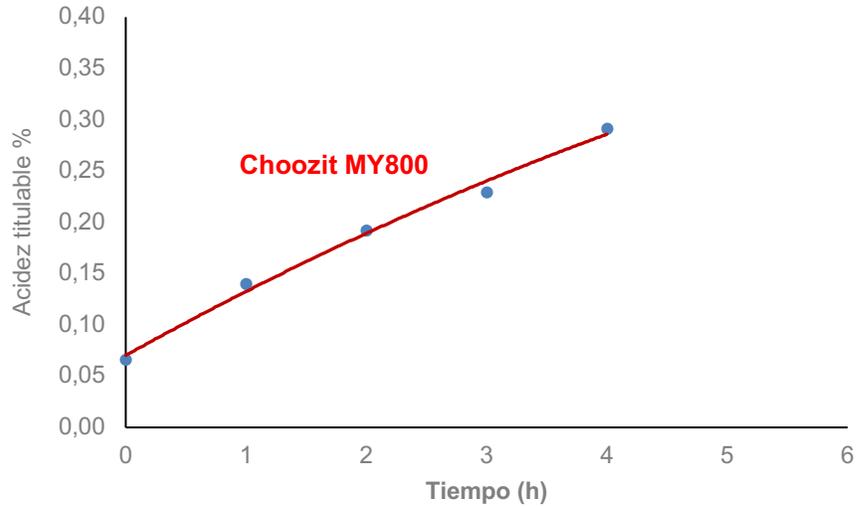


Figura 3.20. Monitoreo de acidez - relación 1:5.

En la figura 3.21 se observa como el nivel de pH disminuyó de manera progresiva alcanzando un valor de 4.26. Se puede establecer que, al elaborar la bebida con harina de quinua, la acción de los microorganismos en el proceso de fermentación es más rápida logrando disminuir notoriamente el nivel de pH, con mínima separación de fase, siendo una ventaja en comparación a una bebida elaborada a partir del remojo y licuado del grano. En este procedimiento el producto alcanzó los 2.3 °Bx finales al término de la fermentación.

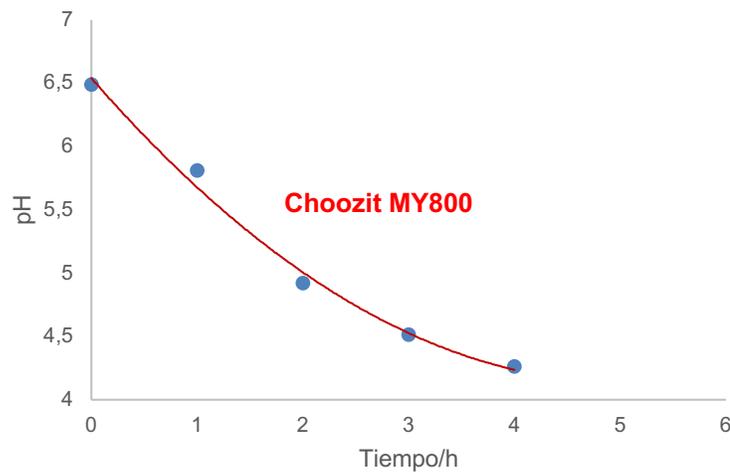


Figura 3.21. Monitoreo de pH- relación 1:5.

3.3.2. Elaboración del producto final

Una vez realizado el ajuste en los ensayos preliminares, se estandarizó el producto final usando la relación quinua: agua (1:6), con el fin de mantener un nivel de viscosidad más aceptable, la bebida de quinua fue elaborada acorde al diagrama de flujo modificado (ver figura 3.22), incubando a 42°C.

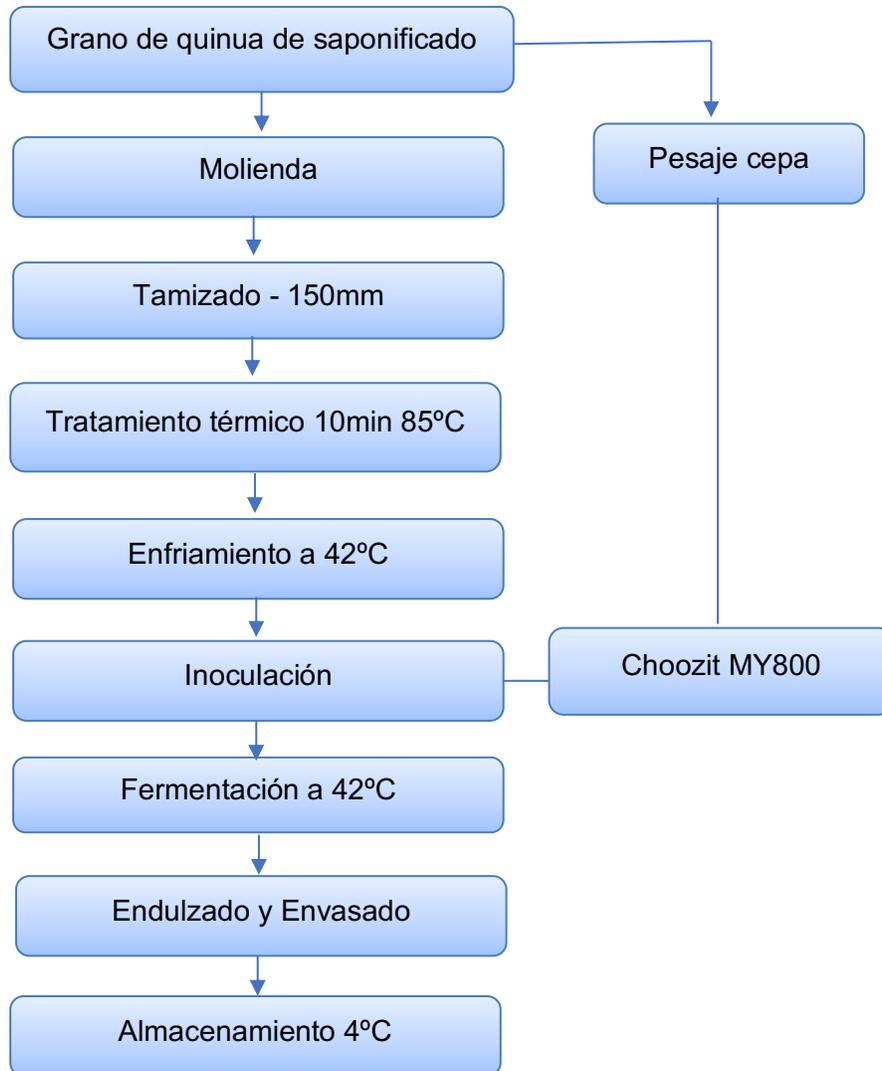


Figura 3.22. Diagrama de flujo modificado, elaboración de bebida fermentada de quinua, con inclusión de bacterias ácido lácticas.

En la tabla No 3.14 se presentan los datos registrados del monitoreo efectuado en el transcurso de la fermentación, de acidez, pH y sólidos solubles.

Finalmente, el producto estandarizado, fue endulzado con salsa de piña, envasado y almacenado a una temperatura de 4°C, hasta el momento de la evaluación sensorial.

A continuación, se detalla cada etapa del procesamiento modificado de la bebida fermentada con harina de quinua.

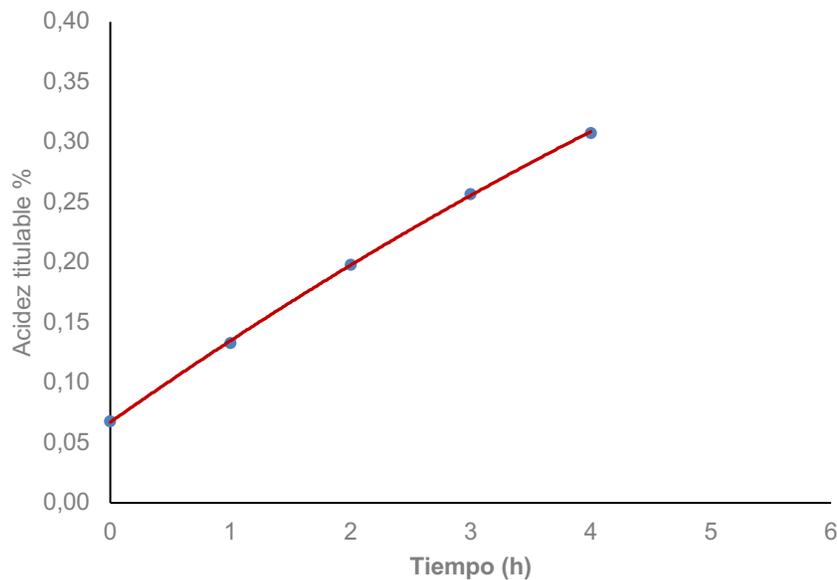
1. **Recepción y pesaje de la materia prima:** Se pesaron 500 g de harina quinua dulce, variedad Jericó proveniente del Municipio de Silvia, departamento del Cauca
2. **Molienda:** Se utilizó un molino industrial de especies y nueces para triturar el grano de quinua desaponificado
3. **Tamizado:** La harina de quinua después de la molienda se llevó a tamiz con dimensiones de 150 mm y obtener un producto más homogéneo, dado que .
4. **Homogeneización:** En seis litros de agua se disolvió una libra de harina y mezcló.
5. **Tratamiento térmico:** Se calentó la solución hasta alcanzar una temperatura constante de 85°C por 10 minutos, para incrementar la viscosidad e inactivar los microorganismos presentes en la solución.
6. **Enfriamiento:** Con el fin de detener la cocción de la quinua, se llevó el producto a choque térmico para disminuir la temperatura hasta alcanzar los 42°C.
7. **Inoculación:** Los microorganismos previamente fueron activados en 100 mL de sustrato vegetal y posteriormente fueron incorporados al extracto de quinua, se homogenizó y traslado a cámara de fermentación.
8. **Fermentación:** Se llevó a incubación la solución preparada a una temperatura de 42°C hasta lograr un pH entre 4.2 y 4.3.
9. **Endulzado y envasado:** A un litro de bebida fermentada se le adicionó 120 gramos de salsa de piña que contenía una concentración de 50°Bx, previamente pasteurizado, posteriormente se envasó en recipientes plásticos para yogurt.
10. **Almacenamiento:** Con el fin de que el producto conservara y mantuviera sus propiedades organolépticas, este fue almacenado a una temperatura de 4°C.

Tabla 3.14. Monitoreo de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo- relación quinua: agua 1:6

Tiempo/h	Acidez (h)	pH	°Brix
0	0.068 ± 0.001	6.49 ± 0.00	1.9 ± 0.1
1	0.133 ± 0.010	5.81 ± 0.01	2.1 ± 0.1
2	0.198 ± 0.001	4.92 ± 0.01	2.1 ± 0.2
3	0.257 ± 0.010	4.51 ± 0.01	2.2 ± 0.1
4	0.308 ± 0.010	4.23 ± 0.01	2.4 ± 0.1

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la figura No. 3.23 se representan las mediciones de acidez, las cuales indican claramente que existe una relación entre los tiempos de medición desde el inicio hasta el final de la fermentación. No obstante, se observa que el tratamiento inoculado con Choozit MY800 presentó mejor desarrollo de acidez, en la cual las bacterias metabolizaron los carbohidratos hasta obtener el ácido láctico (Barco, 2017), por lo que no se presenta una variación entre las mediciones de acidez.

**Figura 3.23.** Monitoreo de acidez en función del tiempo- relación 1:6.

El nivel de pH disminuyó de manera progresiva alcanzando al final de la fermentación un pH 4.25 debido a la producción de ácido láctico, resultado del proceso de fermentación desarrollado por los microorganismos; no obstante, el nivel de pH se encontró dentro del rango establecido por Campos y Ponce (2017) el cual favorece la inhibición de microorganismos patógenos en el producto. En comparación al estudio de Zannini *et al* (2018) para la elaboración de una bebida a partir de un extracto de quinua fermentado con *Weissella cibaria* MG1, el valor reportado en pH fue de 5.16, situándose por encima de lo establecido en este estudio. En efecto, el mismo autor reportó que el producto fermentado presentó mayor capacidad de retención de agua y más viscosidad por la cantidad de exopolisacáridos secretados por los microorganismos en el proceso de fermentación.

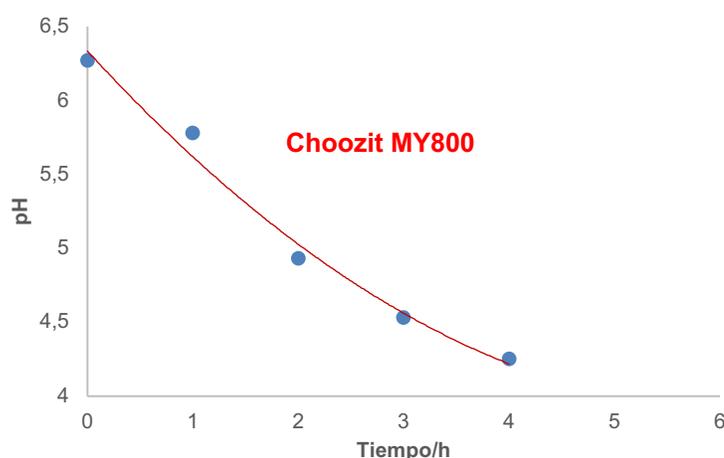


Figura 3.24. Monitoreo de pH en función del tiempo – relación 1:6.

En síntesis, la bebida parte de un nivel acidez inicial de 0.772% hasta alcanzar 2.462% y 2.4 °Bx, encontrándose dentro de lo reglamentado en la Norma Técnica Colombiana NTC 805 (2005) Es importante aclarar que la bebida fermentada de origen vegetal fue comparada con la norma de una bebida láctea fermentada dado que no existe una normatividad específica para productos fermentados de origen vegetal.

En este contexto, al comparar los productos lácteos fermentados y los productos acidificados, estos deben tener una acidez titulable de no menos de 0.5% expresada como ácido láctico y un pH máximo de 4.4. Sin embargo, Maldonado *et al* (2016) expresan que en bebidas fermentadas a base de arroz lo ideal es lograr un pH cercano a 4, además, Enujiugha y Badejo (2017) afirman que en bebidas fermentadas de cereales el pH debe estar entre 4.0 y 3.2, para una mejor resistencia a la contaminación bacteriana.

Con base en lo anterior, se puede señalar que las bebidas fermentadas a base de quinua son un medio favorable para mantener la supervivencia de cultivos lácticos, dado que contienen azúcares fermentables como glucosa, fructosa, sacarosa, que son transformados principalmente en ácido láctico. A continuación, se presenta en la figura No 3.25 el balance de materia de la bebida fermentada de quinua.

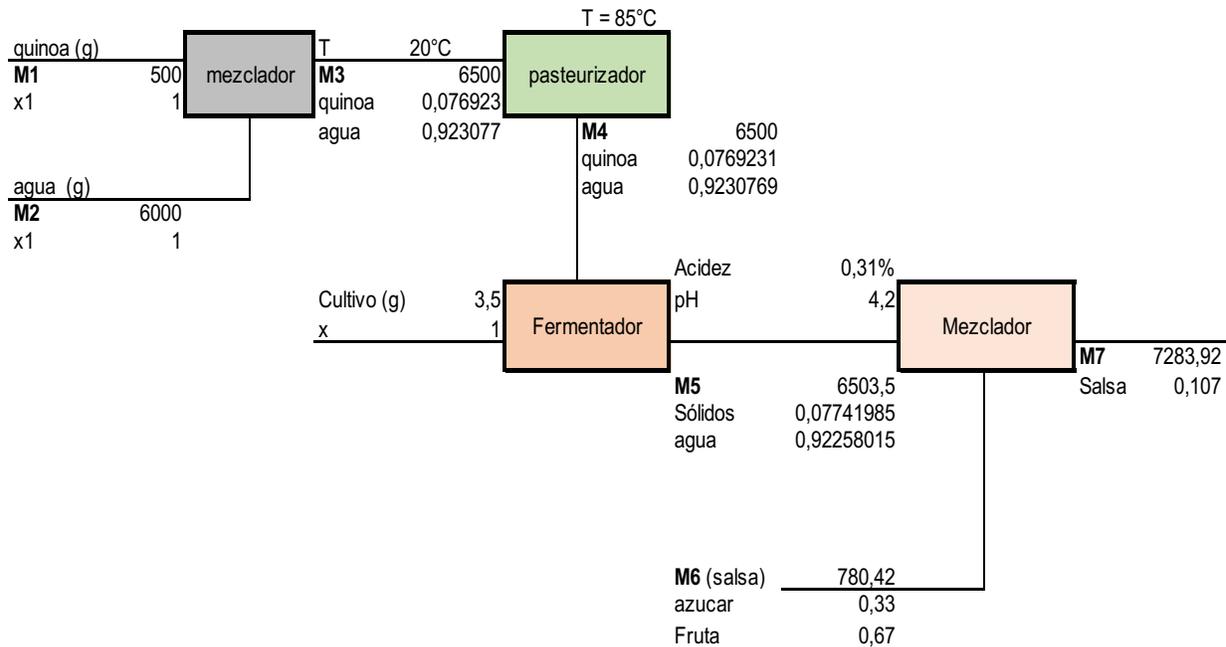


Figura 3.25. Balance de materia de la bebida fermentada de quinua.

M1= Quinua (g)

M2 = Agua (g)

M3 = Mezcla quinua: agua

M4= Mezcla quinua: agua pasteurizada (g)

M5= Bebida fermentada (g)

M6= salsa de piña (g)

M7= Bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña (g).

En cuanto al balance de masa representado en la figura 3.25 se debe inicialmente aclarar que se disponen los valores de los flujos másicos en gramos, y la composición de cada flujo en fracciones másicas. Mediante este diagrama es posible identificar adecuadamente las etapas y condiciones de procesamiento a las que fue sometida la bebida de quinua en el proceso de fabricación, sin embargo, uno de los aspectos mas importantes a resaltar en relación al proceso es el rendimiento, el cual se obtuvo mediante la ecuación No 3.8:

Ecuación No. 3.8

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{g \text{ de bebida obtenida}}{g \text{ de bebida que se esperaba obtener}} * 100\%$$

En general, se reportó un rendimiento promedio de: 97.6%, el cual se soporta en el hecho de que las pérdidas asociadas a este tipo de proceso están principalmente dadas por la cantidad de producto que pueda quedar depositado en las paredes de los equipos, utensilios utilizados y pérdidas asociadas a la evaporación de agua durante la pasteurización por el uso de marmitas que no se encuentran aisladas de las condiciones atmosféricas.

3.3.3. Caracterización de piña Golden

En la Tabla No. 3.15 se presentan los resultados de análisis fisicoquímico de la piña Golden empleada para la elaboración de la salsa. A partir de la medición colorimétrica, se establecieron los parámetros de luminosidad (L^*) y tono (a^* y b^*). El índice de madurez hallado en la piña variedad golden fue de 10.21, encontrándose en buen estado de maduración según la escala de color, producto adecuado para el proceso de transformación. La calidad de la piña según Desirre *et al* (2017), depende en gran medida de las prácticas del cultivo y algunas variables fisicoquímicas como el tamaño del fruto, la firmeza, el peso, el color del epicarpio, la cantidad de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), la acidez titulable (% ácido cítrico) y el pH.

La elaboración de la salsa de piña se realizó teniendo en cuenta el diagrama de flujo establecido en la figura 3.2. El producto fue llevado a una concentración de sólidos solubles de 50° Bx, que concuerda con la información recopilada en la resolución 3929 del Ministerio de Salud y Protección Social (2013) y la Norma Técnica Colombiana-NTC 5583 (2007), las cuales establecen que las salsas a base de frutas deben contener una concentración de sólidos solubles entre 25° Bx como mínimo y 62° Bx máximo para asegurar la conservación del producto. Una vez elaborada la salsa de piña se dejó enfriar por 20 minutos y posteriormente se adicionó a la bebida fermentada de quinua 120 g por litro de bebida, incrementando así los sólidos solubles del producto final a los 10° Bx logrando obtener un alimento de característica bebible y lista para consumo.

Tabla 3.15. Resultados de caracterización fisicoquímica de la piña Golden.

Parámetro	Resultado (promedio ± desviación estándar)
pH	3.33 ± 0.00
Acidez (%)	7.25 ± 0.01
Color – L	75.10 ± 0.51
Color – a*	3.62 ± 0.10
Color – b*	39.05 ± 1.50
Firmeza (N)	3.46 ± 0.82
Sólidos Solubles (°Bx)	13.38 ± 0.10

Fuente: Elaboración propia, 2020

3.3.4 Resultados de análisis microbiológicos

3.3.4.1 Recuento de mohos y levaduras.

Con respecto al recuento de mohos y levaduras, el método Invima No. 7 indica que puede encontrarse entre 20 y 200 UFC/mL. Con base a los resultados presentados en la tabla No 3.14 se puede deducir que el producto elaborado se encuentra por debajo del rango establecido en la norma. En otros estudios realizados, en tres muestra frescas de bebidas fermentadas de quinua elaboradas con bacterias aisladas en pozol, reportan valores que concuerdan con lo hallado en el presente estudio (Maldonado & Carillo, 2014; Velázquez *et al.*, 2018) En tanto, Quicazán (2012) en su estudio reporta que halló mohos y levaduras en la bebida fermentada de soya en un nivel de <10 ufc/mL, dicho valor concuerda con lo reportado en la tabla No 3.16.

Por otra parte, en la bebida fermentada de arroz con inclusión de probióticos (Maldonado *et al.*, 2016), se reportó que después de la pasteurización el producto obtuvo un recuento de mohos y levaduras de 70 UFC/mL encontrándose por debajo de lo establecido por la NTC 3854 y por encima de lo reportado en este estudio. Igualmente, Lucas(2015) reportó que en la bebida fermentada de arroz se encontró un recuento equivalente a <10 UFC/g , siendo igual al valor reportado en la tabla No 3.16, valores que a pesar de las diferentes matrices alimentarias concuerdan el los análisis microbiológicos establecidos.

Tabla 3.16. Recuento de mohos y levaduras.

Análisis	Método	Resultado	Límite
Recuento de hongos y levaduras (UFC/mL)	Recuento en placa INVIMA N.7	<10	200

Fuente: Elaboración propia, 2020

3.3.4.2 Recuento de bacterias ácido lácticas.

Los resultados de crecimiento de las bacterias ácido lácticas a lo largo de la fermentación son expresados en la Tabla No 3.17.

Tabla 3.7. Recuento de células viables de bacterias ácido lácticas (UFC/ml) por cada hora, durante el período de fermentación del sustrato de quinua.

Tiempo/h	Log (UFC/mL)
0	4.99 ± 0.01
1	6.11 ± 0.01
2	6.21 ± 0.02
3	7.12 ± 0.00
4	7.69 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia, 2020

Adicionalmente, en la Tabla No 3.18 se presentan los resultados del total de generaciones y velocidad de crecimiento de las bacterias lacticas. A partir del comportamiento lineal representado en la figura No 3.26 se refleja una tasa de crecimiento constante de las bacterias ácido lácticas. A medida que el tiempo transcurre, los microorganismos van incrementando el número de unidades formadoras de colonias. El tiempo de duplicación es de 0.224 horas, por lo que se puede ver que los microorganismos aumentan su masa celular durante dicho lapso de tiempo, o lo que es igual, 13.44 minutos

Tabla 3.18. Resultado total de generaciones y velocidad de crecimiento de las BAL.

Parámetro determinación- generaciones y velocidad crecimiento		Total
n	Número de generaciones que ocurrieron durante el periodo de crecimiento exponencial	8.92

110 Evaluación de las condiciones de proceso para la elaboración de una bebida fermentada de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) con inclusión de bacterias ácido lácticas

No	Logaritmo del número inicial de células	4.99
N	Logaritmo del número final de células	7.69
t	Tiempo: hora en que inicia el crecimiento en la fase exponencial (h)	2
g	Tiempo de generación: tiempo que tarda una población en duplicar el número de células (h)	0.224
K	Constante de velocidad de crecimiento: número de generaciones que ocurren por unidad de tiempo en un cultivo exponencial. La constante de velocidad de crecimiento (k), se obtiene a partir de la siguiente operación 0.693/g.	3.09

Fuente: Elaboración propia, 2020

En efecto, muchas bacterias tienen tiempos de generación y/o duplicación comprendidos entre uno y tres horas, pero unos cuantos crecen muy rápidamente, como las bacterias ácido lácticas, las cuales se dividen en tan sólo diez minutos dependiendo el medio de cultivo utilizado y las condiciones de incubación empleadas (Michael *et al.*, 2008). En este sentido se puede decir que las bacterias lácticas presentan la capacidad de duplicarse fácilmente en un medio complejo como el sustrato de quinua; en este período, lo que ocurre es un aumento sostenido de la población que se duplica a intervalos de tiempo regulares, de hecho es una progresión geométrica de base dos, cuando una célula se divide para formar otras dos la cual se expresa como 2^1 a 2^2 células formadas (Michael *et al.*, 2008; Orozco, 2011).

De acuerdo a la gráfica establecida, se presenta el número de células en una escala logarítmica (\log_{10}) y el tiempo, obteniendo una línea recta, con mínima variación entre la hora dos y tres, variación que pudo darse por algunos errores en el momento de la medición, sin embargo, esta función lineal es un indicador inmediato de que las células están creciendo exponencialmente. A medida que incrementa el número de colonias en el tiempo, aumenta la constante de velocidad de crecimiento (K), por lo que en el transcurso de una hora el incremento en el tiempo de las células se duplica hasta 1230,3 UFC/mL, valor que se obtiene a partir de 10^K , manteniendo constante el incremento; este proceso puede ocurrir en cualquier intervalo de tiempo teniendo en cuenta que el comportamiento

es lineal. En este proceso de fermentación se produce un metabolito primario (ácido láctico) asociado al crecimiento, es decir, se produce el metabolito en la medida que la población microbiana aumenta (Calderón, 2017). Por lo tanto, se podría establecer que a medida que los microorganismos metabolizan los azúcares libres y los polisacáridos presentes en el sustrato, incrementa los niveles de acidez, y se favorece el crecimiento de la población.



Figura 3.26. Cinética de crecimiento de células viables de las bacterias ácido lácticas.

En este sentido, se podría decir que las bacterias ácido lácticas específicas de yogurt tienen capacidad de crecer en medios complejos, produciendo ácido láctico a través de la fermentación de carbohidratos disponibles. Además, por ser catalasa negativa y no productores de gas, estos microorganismos son generalmente reconocidos como seguros (GRAS) y considerados benéficos por la capacidad de digerir proteínas, carbohidratos y grasas de los alimentos, así como evitar la proliferación de otros microorganismos como las bacterias patógenas causantes de problemas de inocuidad (Jurado & Jarrin, 2015).

Ahora bien, si se comparan los resultados hallados en este estudio con los reportados por otros autores, se observa que existe una variabilidad. Según Huapaya (2014), la bebida fermentada probiótica elaborada con almidón hidrolizado de quinua logró un valor de 6.25×10^7 UFC/mL, siendo mayor a lo hallado en el presente estudio. En cambio, Zannini *et al* (2018) mostraron que el extracto de quinua fermentado con *Weissella cibaria* MG1 obtuvo un alto recuento de células viables $>10^9$ UFC/mL, en tanto Fuequene y Arenas (2018), quienes elaboraron una bebida fermentada y saborizada de soya con adición del 4% de inulina y el cultivo probiótico Yomix 250 LYO, reportaron una concentración de 8.21×10^8

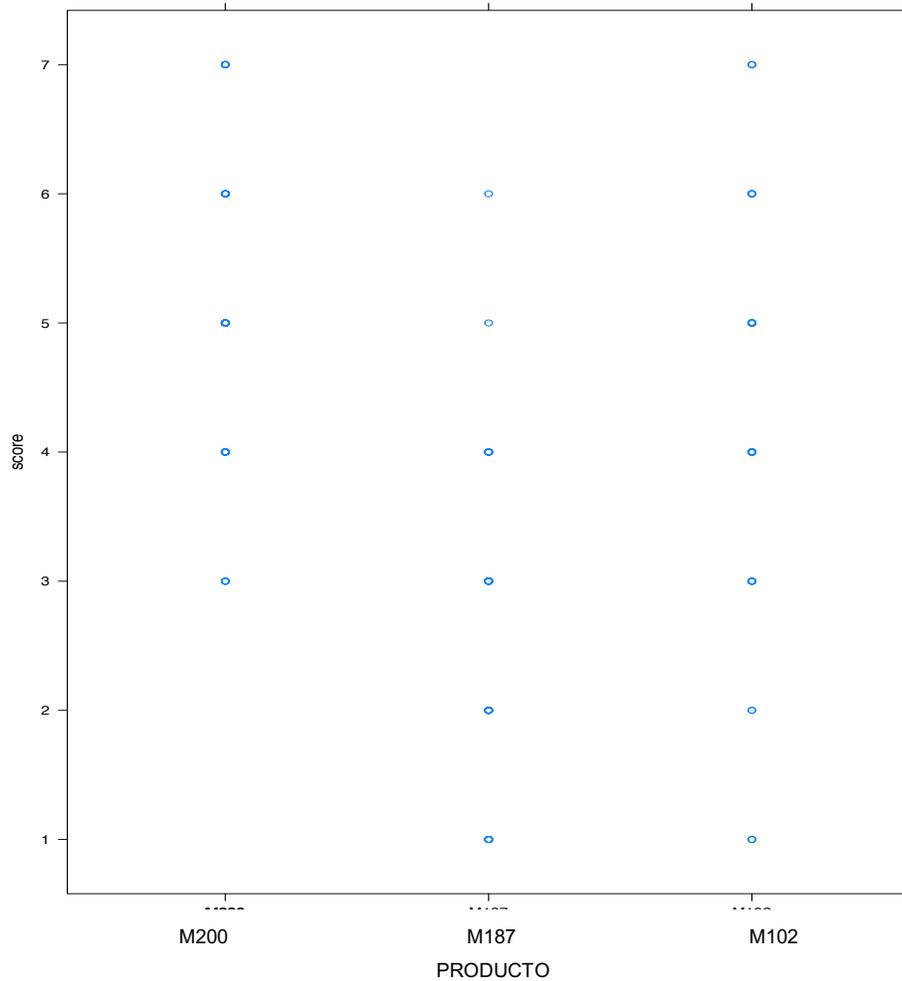
UFC/mL de células viables, lo que indica que los valores establecidos en las anteriores investigaciones son superiores a lo reportado en el presente estudio. Sin embargo, esto no indica que las bacterias ácido lácticas usadas para la fermentación de la bebida quinua variedad Jericó no presenten la capacidad de metabolizar otros compuestos orgánicos diferentes a la glucosa y fructosa, por el contrario, a pesar de ser cultivos específicos para yogurt, lograron adaptarse al sustrato vegetal presentando un crecimiento acelerado de los microorganismos en el proceso de fermentación ácido láctica.

3.3.5 Análisis sensorial

3.3.5.1 Análisis sensorial de consumidores.

En la figura No 3.27. mediante la escala de puntuaciones se encontró el análisis de los rangos más altos evaluados de los productos fermentados, esta gráfica permite hacer una representación más definida entre la escala y el producto. En ella, se representan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de par preferencia realizada a los productos fermentados elaborados. Las bebidas M200 y M102, correspondientes a los productos elaborados a base de quinua endulzada y una bebida comercial de masato de arroz, respectivamente, fueron mejor aceptadas por los consumidores en comparación a la bebida fermentada de quinua sin endulzar M187. Las dos primeras tuvieron calificaciones que oscilaron entre cinco y seis, mientras la bebida sin endulzar entre uno y cuatro; en efecto, la bebida endulzada de quinua fue la más preferida por los consumidores, principalmente por sus características organolépticas, donde los valores más altos en la evaluación se reflejaron en las escalas de me gusta, me gusta mucho y me gusta extremadamente.

A pesar de las diferencias entre los tratamientos, el 83% de los consumidores expresó un mayor gusto por la bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña; esto debido a la incorporación de fruta que ayudó a disfrazar el sabor afrijolado y residual presente en el producto fermentado.



M 200: Bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña. M 187: Bebida fermentada de quinua sin endulzar. M 102: Bebida fermentada comercial (masato de arroz) **Figura 3.27.** Análisis de consumidores bebidas fermentadas de quinua y bebida comercial.

Los resultados obtenidos en la pregunta referente a la intención de compra de las tres bebidas fermentadas de quinua se resumen en la tabla No 3.19. Con base a la evaluación sensorial realizada con 70 consumidores, se conoció que 58 personas de las 70 afirmaron que comprarían la bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña por su agradable sabor y nivel de dulzor, despertando interés de consumo del producto vegetal, en tanto los 12 consumidores restantes manifestaron no comprar el producto fermentado de quinua, dado que no son consumidores de ningún producto vegetal.

En particular, para la muestra correspondiente a la bebida fermentada de quinua sin endulzar, las 70 personas manifestaron no comprar el producto, dado que es una bebida muy ácida y con sabor residual que no generó impacto de consumo. Finalmente, en el caso de la bebida fermentada comercial (masato de arroz), de los 70 consumidores evaluados, 33 personas expresaron comprar el producto para consumo familiar y los 37 restantes indicaron no comprar el producto comercial. Con base en lo anterior, se puede deducir que la mayoría de los consumidores tiene la intención de comprar productos de origen vegetal, por sus características nutricionales y saludables que ha despertado el interés de consumo.

Tabla 3.16. Resultados obtenidos en la pregunta, intención de compra de bebidas fermentadas de quinua y la bebida comercial.

Consumidores	M -200		M-187		M-102	
	Si	No	Si	No	Si	No
Compraría el producto	83%	17%	-	100%	47%	53%

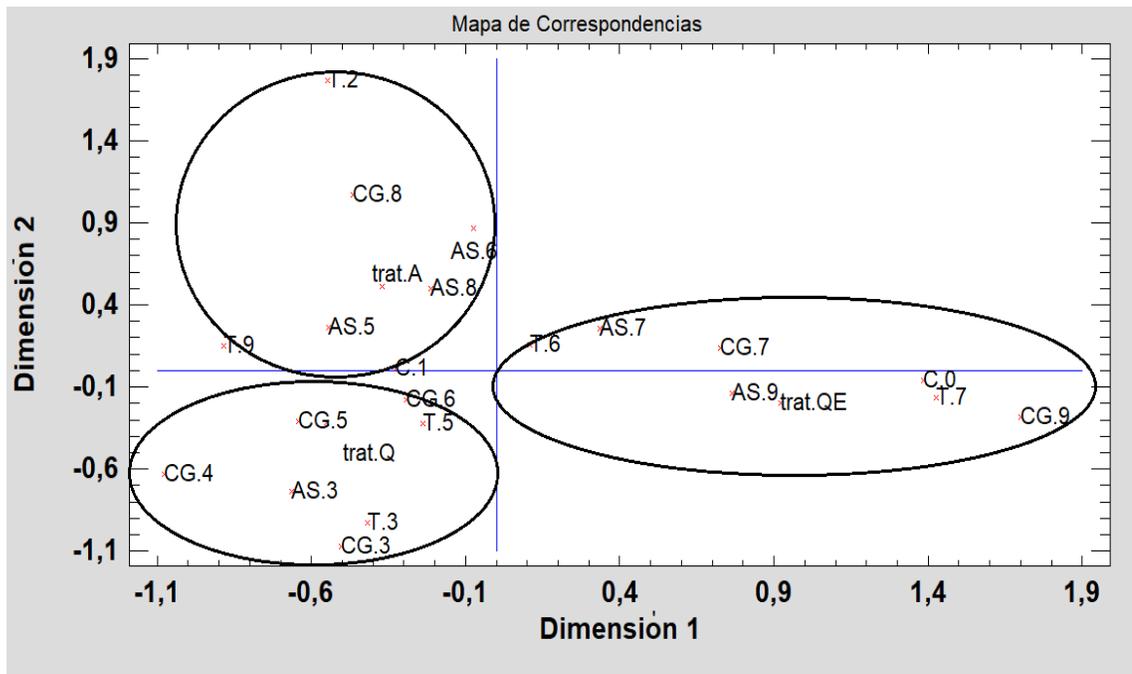
M200: bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña. M187: bebida fermentada de quinua sin endulzar. M102: bebida fermentada comercial (masato de arroz). Fuente: Elaboración propia, 2020

3.3.5.2 Evaluación sensorial prueba de puntajes.

Los resultados obtenidos de los atributos de calidad realizados en tres bebidas fermentadas se muestran en los anexos E, F y G. El análisis estadístico de los atributos sensoriales de calidad evaluados en las muestras de bebida fermentadas de quinua endulzada con salsa de piña, bebida fermentada de quinua sin endulzar y bebida fermentada comercial, se realizó mediante un análisis de correspondencia, que es una técnica gráfica que representa la información contenida en una tabla de contingencia de dos vías, la cual representa la totalización de las observaciones de una muestra dada (Herrera, 1994; Lebart, 2018).

En la figura No 3.28 se puede observar la asociación de los atributos con los tratamientos (en dos principales dimensiones) donde las etiquetas de los tratamientos y las etiquetas de las respuestas demuestran los resultados de siete panelistas quienes evaluaron los atributos de calidad en las tres bebidas, de los cuales se obtuvieron 21 categorías, teniendo

en cuenta que no todos los evaluadores calificaron todas las categorías, por lo tanto, sólo se reflejan los puntajes mas representativos. En el caso de la bebida fermentada de quinua endulzada (QE), este producto se asocia más a altos valores de aroma-sabor, calidad global y color no característico (C0). El tratamiento de la bebida fermentada de quinua sin endulzar (Q) se asocia a valores bajos de propiedades y, finalmente, el tratamiento de la bebida fermentada comercial de arroz (A) a valores altos de textura, medio de aroma y sabor y también de alta calidad global.



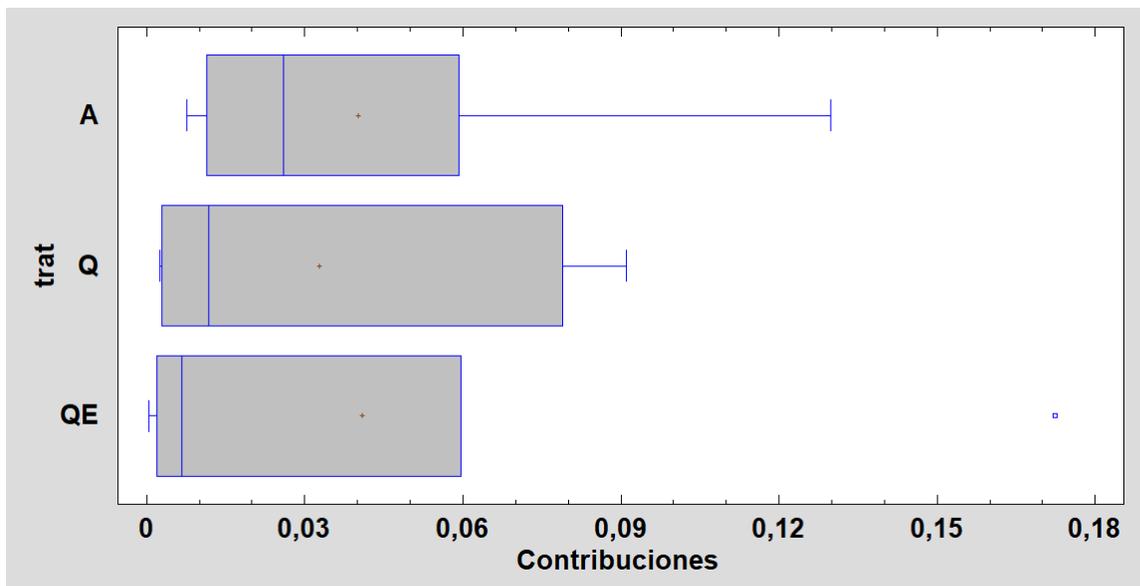
Trat QE: Tratamiento de la bebida fermentada de quinua endulzada. **Trat Q:** Tratamiento de la bebida fermentada de quinua sin endulzar. **Trat A:** Tratamiento de la bebida fermentada comercial (masato de arroz). **T6.T7 T9:** Textura líquido homogéneo, algo viscoso. **T5:** Textura Muy viscosa. **T2, T3:** Textura con separación de fase, cuerpo débil, con grumos. **CG7, CG8 y G9:** Producto presenta alta calidad global (Rango de calificación). **CG5, CG6:** roducto presenta mediana buena una calidad global. **CG3-GC4:** Producto presenta baja calidad global. **C1:** Color característico del sabor reportado. **C0:** Color no característico, muy intenso, muy artificial, con decoloraciones. **AS7, AS8 y AS9:** Aroma y sabor correspondiente a la fruta buen balance dulce/ácido, sin sabor astringente, ni afrijolados, ni amargos. **AS5, AS6:** Aroma y sabor insípido, carencia de aroma, a cosinado no fresco. **AS3:** Sabor agrio, amargo, astringente, demasiado ácido, sabor afrijolado, picante.

Figura 3.28. Análisis de correspondencia múltiple de los atributos de calidad, evaluados en tres bebidas fermentadas.

Con base al análisis de los atributos realizados en la gráfica anterior correspondiente a componentes principales de datos categóricos, se obtuvieron las contribuciones (distancias chi-cuadrado), lo que representa mayor evidencia de dependencia entre las variables representadas en las dimensiones, es decir, a mayor distancia chi-cuadrado se tiene mayor

evidencia en contra de la hipótesis de independencia de filas y columnas que conformaron la tabla de contingencia. Estas contribuciones que se presentan en el anexo H, fueron extraídas del análisis de correspondencia para las dos dimensiones que se representan en la figura 3.29 y posteriormente sumadas para indicar la información de las dos dimensiones. Esta nueva variable es usada como variable respuesta, en los análisis posteriores para comparar tratamientos.

Con los vectores anteriormente descritos se extrajeron estadísticas para las contribuciones de cada tratamiento representadas en la Figura 3.29. Como se puede apreciar, las columnas indican que no hay diferencias en los tres tratamientos.



A: Bebida fermentada comercial (masato de arroz). Q: Bebida fermentada de quinua sin endulzar. QE: Bebida fermentada de quinua endulzada

Figura 3.29. Análisis de contribución múltiple de los atributos evaluados en tres muestras de bebidas fermentadas.

Con base al reporte especificado en la tabla No 3.20, que expresa cuantitativamente lo que representa el gráfico anterior, puede notarse cómo la contribución media es similar para cada tratamiento, con lo que el análisis mediante pruebas de hipótesis (en este caso la prueba de Kruskal-Wallis) no rindió diferencias entre grupos, por lo que no se requirió de comparaciones de rangos promedio *a posteriori* como la de Nemenyi. De igual manera, refleja la contribución promedio, que permite concluir que no hubo diferencias entre los tres tratamientos.

Tabla 3.17. Resultado de estadística descriptiva vista desde las contribuciones

Tratamiento	Número de observaciones	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo
Bebida comercial (masato de arroz)	7	0.04018	0.02595	0.00762	0.12985
Bebida fermentada de quinua, sin endulzar	7	0.03273	0.01183	0.00255	0.09106
Bebida fermentada de quinua, endulzada con salsa de piña	7	0.04097	0.00664	0.00051	0.17243
Total	21	0.03796	0.01950	0.00051	0.01723

Finalmente, en la Figura No. 3.30 se presenta el gráfico radial determinado con las medianas de cada atributo evaluado, en la que se observa que la bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña, la bebida fermentada de quinua sin endulzar y la bebida fermentada comercial, presentaron un nivel de agrado en cuanto al atributo de aroma-sabor, textura y calidad global en los tres tratamientos evaluados por los panelistas. En tanto el atributo de color no logró una calificación aceptable bebido a al cambio de color en el producto, lo que demuestra un bajo valor en la mediana de dicho atributo, por lo que en futuros estudios se deben buscar estrategias para mejorar la apariencia de la bebida.

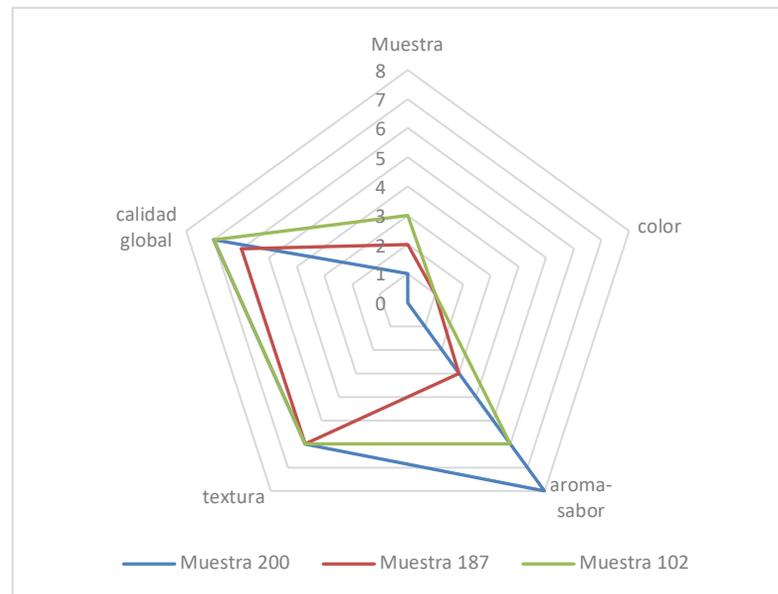


Figura 3.30. Determinación con las medianas de cada atributo evaluado.

Es importante señalar que los consumidores, en cuanto a la presentación de bebidas fermentadas o extractos acuosos vegetales, tienden a juzgar muy bien los colores claros, blanco amarillento y amarillo oro acorde a la materia prima utilizada, que son considerados como atributos característicos asociados a la preferencia de los clientes (Dadgostar, Jariteh, Nateghi, & Yousefi, 2013), ahora bien, si se compara con el estudio realizado por Barco (2017), el color, sabor y aroma de la bebida fermentada de extracto de quinua y soya con inclusión de *Lactobacillus Plantarum* y *Lactobacillus Casei* fue poco agradable para los consumidores, esto debido a la presencia de pequeños grumos que fueron generados por la ruptura del coágulo que se generó después de la fermentación; en cuanto a la aceptación general, el producto logró baja calificación, debido a su alto nivel de acidez por lo que se concluyó que el producto no cumplía con los parámetros de calidad para el consumo.

En tanto, Bianchi(2013) evaluó los atributos de calidad de color, aroma, sabor, textura e impresión global de cinco bebidas fermentadas de quinua, en los cuales encontró que los atributos de sabor y aroma en las bebidas de 100% de extracto de quinua, 70% de extracto de quinua y 30% de extracto de soya, 50% de extracto de quinua y 50% de extracto de soya fueron rechazadas por los consumidores, presentando medias por debajo de 5.0; al contrario, las bebidas con mayor aceptación fueron aquellas que contenían 30% de extracto de quinua, 70% de extracto de soya y la elaborada con el 100% de extracto de soya. Sin embargo, Yang y Li (2010) afirman que la soya presenta sabor característico a frijoles crudos, lo que reduce la puntuación con relación al sabor siendo poco aceptado por la población de países occidentales, por lo cual las bebidas de soya fermentadas con pulpas de fruta logran mejor aceptación, ya que disfrazan los sabores indeseados percibidos por los consumidores.

Maldonado y Carrillo (2014) sometieron a evaluación sensorial una bebida fermentada de quinua endulzada con 20% de pulpa de maracuyá y 7% de sacarosa, a través de una prueba de consumidores, en los cuales el 3.85% calificó el olor entre las calificaciones de me gusta y no me disgusta, mientras que el 3.64% de los consumidores calificó el color en el mismo rango; en el caso del color y cremosidad, los niveles de calificación para las dos escalas comentadas previamente presentaron valores de 1.15% y 3.44%, respectivamente. Por otra parte, en el estudio de Campos y Ponce (2017) realizaron una prueba triangular

con un panel de 48 jueces semi entrenados, evaluando una bebida elaborada con quinua germinada, de los cuales 23 panelistas identificaron la muestra diferente en cuanto a olor, color y sabor en comparación a la bebida fermentada sin germinar, por lo que concluyeron, que si existe diferencia significativas entre las muestras. En efecto los autores afirmaron que, a pesar de las diferencias, se obtuvo mayor aceptación de la bebida de quinua germinada, posiblemente porque las personas tienden a preferir las bebidas menos ácidas, dulces y con un aroma agradable.

Finalmente, Lucas (2015) realizó en su estudio una prueba sensorial de consumidores evaluando los atributos de sabor, color, olor, cremosidad y aspecto general, con participación de 20 jueces no entrenados. Para las calificaciones entre me gusta mucho y me gusta, de los atributos cremosidad, olor y aspecto general, se obtuvieron medias de 4.20, 3.35 y 3.15, respectivamente; en el caso de sabor y olor, la calificación de ni me gusta ni me disgusta presentó medias de 3.00 y 2.55, respectivamente. En síntesis, se puede concluir que las bebidas fermentadas a base de cereales, leguminosas y en especial la quinua confieren un acercamiento de los consumidores al consumo de productos fermentados de origen vegetal, debido a las características organolépticas, nutricionales y saludables que estos alimentos otorgan.

3.3.6. Evaluación de riesgos en la elaboración de la bebida fermentada de quinua.

El punto crítico de control (PCC), es una etapa en la que se puede aplicar un control, que sea esencial para evitar o eliminar un peligro a la inocuidad del alimento. No obstante al identificar un peligro y al no existir ninguna medida de control para esa etapa, este debe ser modificado en la etapa anterior o posterior al proceso, con el fin de incluir una medida de control para dicho peligro; en efecto, la determinación de los puntos críticos de control es un sistema de aplicación para la toma de decisiones, como aquellas incluidas en las directrices del Sistema de Peligro y Puntos Críticos de Control (HACCP), el cual hace un abordaje preventivo y sistemático a la prevención y control de peligros biológicos, químicos y físicos por medio de anticipación y prevención, el lugar de inspección y pruebas en productos finales, el cual se basa en una serie de etapas interrelacionadas, inherentes al procesamiento industrial de alimentos, que se aplica en todos los segmentos y eslabones

de la cadena productiva desde la producción primaria hasta el consumo del alimento (Organización Panamericana de la Salud, s.f). En este orden de ideas en la tabla No 3.21 se describen las etapas críticas del proceso de fermentación de la bebida de quinua.

Tabla 3.18. Etapas del proceso de fermentación de la bebida de quinua. Adaptado de: (Maldonado & Carrillo, 2014).

Etapa	Peligro	Límites Críticos	Monitorización	Acción Correctiva
Desaponificación del grano	Físico (Materiales extraños y glucósidos en la materia prima)	Material extraño en producto final	Con un detector se determina presencia de materiales extraños en la materia prima.	Rechazar el producto para la reinspección
Calentamiento	Biológico (proliferación de microorganismos)	T = 85°C	El tiempo y la temperatura de calentamiento se supervisó con ayuda de una termocupla digital durante el tratamiento térmico.	Manejo con condiciones de temperatura
Fermentación	Biológico (proliferación de microorganismos)	t = 4h T = 42°C	La temperatura de la cámara de fermentación y el tiempo de permanencia del producto, fueron supervisadas con un termómetro digital, cada vez	Rechazo del lote y destrucción.

			que entró un lote a fermentación.	
			La temperatura de la camara frigorífica se supervisa con un termómetro digital, cada vez que se almacena el producto.	
Almacenamiento	Biológico (proliferación de microorganismos)	T = 4-6°C		Rechazo del lote y destrucción.

En la tabla anterior se encuentran diferentes etapas definidas en función de las fases claves en la cadena de producción del alimento fermentado. Adicional a las variables descritas en el recuadro, se debe tener en cuenta además la inoculación del cultivo acidófilo y la desaponificación del grano de quinua, teniendo en cuenta, que en esta etapa no solo se consigue eliminar las saponinas (glucósidos) que le dan el carácter amargo a la quinua, si no también el retiro de agentes extraños presentes en el grano, sin afectar la capa celular la materia prima.

3.3.7. Ficha técnica del producto elaborado.

En la tabla 3.19 se muestra la ficha técnica del producto elaborado en función de los resultados obtenidos. En dicha tabla se condensa la información de aspectos no solo sensoriales, sino de propiedades fisicoquímicas, para la definición de la tabla nutricional del producto, el cual se puede considerar un producto de consumo masivo sin efectos adversos, dado que es un alimento de origen vegetal que podría llegar a remplazar el consumo de bebidas lácteas, en personas vegetarianas o veganas, fundamentalmente.

Adicionalmente, en el Anexo I se presenta una propuesta de etiqueta para el producto.

3.3.7.1. Balance de materia

Se realizó el balance de materia, en el que se tiene en cuenta la entrada de materias primas y la salida de producto, para un lote de producción a escala laboratorio. Un balance general se presenta en la Ecuación 3.9. Para calcular los valores reportados de la salsa de piña y panela se tomó en cuenta la tabla de composición de alimentos colombianos (2018) del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.

Balance General

Ecuación 3.9

$$M_q + M_a + M_f + M_c + M_p = M_b + M_r$$

Donde:

M_q = kg quinua alimentada en el proceso

M_a = kg de agua alimentada

M_f = kg de fruta

M_c = kg cultivo

M_p = kg panela pulverizada

M_b = kg producto obtenido

M_r = kg producto perdido

En la Tabla No 3.19 se presentan las masas correspondientes a las entradas y salidas del producto.

Tabla 3.19. Balance general de entradas y salidas

Materia prima	Corrientes	
	Entrada [kg]	Salida [kg]
Quinua	0.5000	-
Agua	6.0000	-
Piña	0.5000	-
Cultivo	0.0035	-
Panela	0.2500	-
Producto obtenido	-	7.1120
Pérdidas	-	0.1415
Total	7.2535	7.2535

Al final de proceso se obtuvieron 7.1120 kg de producto y unas pérdidas de 0.1415 kg; principalmente por evaporación de agua en los procesos de calentamiento, sustrato adherido en las paredes de la marmita y en el trasvase del producto en el procesamiento.

Balance por componentes nutricionales

Proteína

Se determinó el balance parcial de proteína de acuerdo a lo planteado en la ecuación 3.10

Ecuación No 3.10.

$$M_q * W_p^q + M_a * W_p^a + M_f * W_p^f + M_c * W_p^c + M_p * W_p^p = M_b * W_p^b + M_r * W_p^r$$

Donde:

W_p^q = fracción en peso de proteína en quinua

W_p^a = fracción en peso de proteína en agua

W_p^f = fracción en peso de proteína en fruta

W_p^c = fracción en peso de proteína en cultivo

W_p^p = fracción en peso de proteína en panela

W_p^b = fracción en peso de proteína en el producto obtenido

W_p^r = fracción en peso de proteína en el producto perdido

En la tabla No 3.20 se presentan los resultados del balance de proteína

Tabla 3.20. Cantidad de proteína en balance general.

Materia prima	Corrientes	
	Entrada [kg]	Salida [kg]
Quinua	0.0864	
Agua	0.0000	
Piña	0.0030	
Cultivo	0.0000	
Panela	0.0015	
Producto obtenido	-	0.0892
Producto perdido	-	0.0017
Total	0.0909	0.0909

Grasa

Se determinó el balance parcial de grasa de acuerdo a lo descrito en la ecuación 3.11

Ecuación No. 3.11

$$M_q * W_g^q + M_a * W_g^a + M_f * W_g^f + M_c * W_g^c + M_p * W_g^p = M_b * W_g^b + M_r * W_g^r$$

Donde:

W_g^q = fracción en peso de grasa en quinua

W_g^a = fracción en peso de grasa en agua

W_g^f = fracción en peso de grasa en fruta

W_g^c = fracción en peso de grasa en cultivo

W_g^p = fracción en peso de grasa en panela

W_g^b = fracción en peso de grasa en el producto obtenido

W_g^r = fracción en peso de grasa en el producto perdido

En la Tabla No 3.21 se presentan los resultados del balance de grasa.

Tabla 3.21. Cantidad de grasa en balance general.

Materia prima	Corrientes	
	Entrada [kg]	Salida [kg]
Quinoa	0.0328	
Agua	0.0000	
Piña	0.0005	
Cultivo	0.0001	
Panela	0.0003	
Producto obtenido	-	0.0330
Pérdidas	-	0.0007
Total	0.0337	0.0337

Carbohidratos

Se determinó el balance parcial de carbohidratos con base en lo descrito en la ecuación 3.12

Ecuación 3.12

$$M_q * W_c^q + M_a * W_c^a + M_f * W_c^f + M_c * W_c^c + M_p * W_c^p = M_b * W_c^b + M_r * W_c^r$$

Donde:

W_c^q = fracción másica de carbohidratos en quinua

W_c^a = fracción másica de carbohidratos en agua

W_c^f = fracción másica de carbohidratos en fruta

W_c^c = fracción másica de carbohidratos en cultivo

W_c^p = fracción másica de carbohidratos en panela

W_c^b = fracción en peso de carbohidratos en el producto obtenido

W_c^r = fracción en peso de carbohidratos en el producto perdido

En la Tabla No 3.22 se presentan los resultados del balance de carbohidratos.

Tabla 3.22. Cantidad de carbohidratos en balance general.

Materia prima	Corrientes	
	Entrada [kg]	Salida [kg]
Quinua	0.2427	
Agua	0.0000	
Piña	0.0535	
Cultivo	0.0000	
Panela	0.2255	
Producto obtenido	-	0.5114
Pérdidas	-	0.0102
Total	0.5217	0.5217

Balance de fibra dietaria.

Se determinó el balance de fibra dietaria de acuerdo a lo descrito en la ecuación 3.13

Ecuación No. 3.13

$$M_q * W_f^q + M_a * W_f^a + M_f * W_f^f + M_c * W_f^c + M_p * W_f^p = M_b * W_f^b + M_r * W_f^r$$

Donde:

W_f^q = fracción en peso de fibra dietaria en quinua

W_f^a = fracción en peso de fibra dietaria en agua

W_f^f = fracción en peso de fibra dietaria en fruta

W_f^c = fracción en peso de fibra dietaria en cultivo

W_f^p = fracción en peso de fibra dietaria en panela

W_f^b = fracción en peso de fibra dietaria en el producto obtenido

W_f^r = fracción en peso de fibra dietaria en el producto perdido

En la Tabla No 3.23 se presentan los resultados del balance de fibra dietaria

Tabla 3.23. cantidad de fibra dietaria en balance general.

Materia prima	Corrientes	
	Entrada [kg]	Salida [kg]
Quinua	0.0545	
Agua	0.0000	
Piña	0.0085	
Cultivo	0.0000	
Panela	0.0000	
Producto obtenido	-	0.0617
Pérdidas	-	0.0012
Total	0.0630	0.0630

Una vez se determinaron los resultados del balance de componentes, se elaboró el rótulo nutricional para una porción de bebida de 250 mL que en masa sería equivalente a 258.5 g (densidad = 1.034g/mL). Las calorías se calcularon de acuerdo con lo establecido en la Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social. Se tomaron los resultados del balance estimado en proteína, cuyo valor fue multiplicado por 4 kcal/g, al igual que el resultado de los carbohidratos, en cuanto al valor de grasa total éste fue multiplicado por 9 kcal/g.

Para una porción de 258.5 g de bebida fermentada de quinua, se cuenta con 3.2 g de proteína, 1.2 g de grasa total y 19 g de carbohidratos. Las calorías se calcularon mediante la Ecuación 3.14

Ecuación 3.14.

$$Cal(Kcal) = g \text{ proteína} * \text{calorías Proteína} + g \text{ grasa} * \text{calorías grasa} \\ + g \text{ carbohidratos} * \text{calorías carbohidratos}$$

$$Cal(Kcal) = 3.2 \text{ g} * 4 \frac{Kcal}{g} + 1.2 \text{ g} * 9 \frac{Kcal}{g} + 19 \text{ g} * 4 \frac{Kcal}{g} = 98 \text{ Kcal}$$

Adicionalmente, en la 3.24 se presenta la ficha técnica del producto y el rótulo nutricional.

Tabla 3.24. Ficha técnica producto bebida fermentada a partir de quinua blanca variedad Jericó

DeliNatura Naturalmente saludable	FICHA TÉCNICA	Código: FT-LOO1 Versión: 01 Vigente desde: Junio de 2020
Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Deisy L. Chilo Ramos		
Fecha: 16-junio -2020	Fecha:	Fecha:

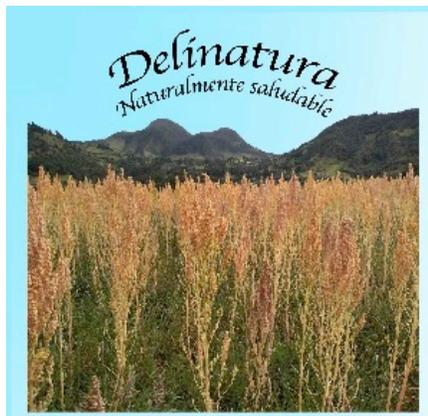
Versión	Fecha	Modificaciones	Responsable de la Modificación
01			

Nombre (s)	Bebida fermentada de quinua blanca, variedad Jericó
------------	---

<p>Descripción Física</p>	<p>Producto en presentación líquida de 250 mL por unidad, obtenido a partir de la fermentación ácido - láctica de quinua blanca variedad Jericó (<i>Chenopodium quinoa</i> Wild) proveniente del municipio de Silvia, departamento de Cauca. La producción de ácido láctico fue dada por medio del cultivo iniciador <i>Choozit MY800</i> el cual contiene una mezcla de los microorganismos <i>Streptococcus thermophilus</i>, <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Lactis</i>, <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>.</p>																																																																																																																
<p>Ingredientes Principales</p>	<p>Agua filtrada Harina de quinua blanca variedad jérico Salsa de piña. Cultivos lácticos</p>																																																																																																																
<p>Características Físicoquímicas</p>	<p>En cumplimiento con las normas (Norma Técnica Colombiana NTC 805, 2005) y la (Resolución,2310, 1986) se especifica el porcentaje de acidez representado en ácido láctico de 0.308%, pH 4.2, y 10°Bx.</p> <table border="1" data-bbox="630 978 1393 1860"> <thead> <tr> <th colspan="4">Información Nutricional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">250 ml</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tamaño por porción</td> <td colspan="2">(258.5 g)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Porciones por envase</td> <td colspan="2">1</td> </tr> <tr> <th colspan="4">Cantidad por porción</th> </tr> <tr> <td>Calorías</td> <td>100</td> <td colspan="2">Calorías de grasa 10</td> </tr> <tr> <th colspan="4">Valor Diario *</th> </tr> <tr> <td>Grasa total</td> <td>1g</td> <td colspan="2">2%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Grasa saturada 0g</td> <td colspan="2">0%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Grasa Trans 0g</td> <td colspan="2">0%</td> </tr> <tr> <td>Colesterol</td> <td>0mg</td> <td colspan="2">0%</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td>0mg</td> <td colspan="2">0%</td> </tr> <tr> <td>Carbohidrato Total</td> <td>21 g</td> <td colspan="2">6%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fibra dietaria 2 g</td> <td colspan="2">8%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Azúcares 19 g</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Proteína</td> <td>3g</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Vitamina A</td> <td>0%</td> <td>Vitamina C</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Calcio</td> <td>0%</td> <td>Hierro</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td colspan="4">* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Calorías</td> <td>2000 2500</td> </tr> <tr> <td>Grasa Total</td> <td></td> <td>Menos de</td> <td>65 g 80 g</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Grasa Sat.</td> <td>Menos de</td> <td>20 g 25 g</td> </tr> <tr> <td>Colesterol</td> <td></td> <td>Menos de</td> <td>300 mg 300 mg</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td></td> <td>Menos de</td> <td>2400 mg 2400 mg</td> </tr> <tr> <td>Carb. Total</td> <td></td> <td></td> <td>300 g 375 g</td> </tr> <tr> <td>Fibra Dietaria</td> <td></td> <td></td> <td>25 g 30 g</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Calorías por gramo:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Grasa 9</td> <td>Carbohidratos 4</td> <td>Proteína 4</td> </tr> </tbody> </table>	Información Nutricional						250 ml		Tamaño por porción		(258.5 g)		Porciones por envase		1		Cantidad por porción				Calorías	100	Calorías de grasa 10		Valor Diario *				Grasa total	1g	2%			Grasa saturada 0g	0%			Grasa Trans 0g	0%		Colesterol	0mg	0%		Sodio	0mg	0%		Carbohidrato Total	21 g	6%			Fibra dietaria 2 g	8%			Azúcares 19 g			Proteína	3g			Vitamina A	0%	Vitamina C	0%	Calcio	0%	Hierro	0%	* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios						Calorías	2000 2500	Grasa Total		Menos de	65 g 80 g		Grasa Sat.	Menos de	20 g 25 g	Colesterol		Menos de	300 mg 300 mg	Sodio		Menos de	2400 mg 2400 mg	Carb. Total			300 g 375 g	Fibra Dietaria			25 g 30 g	Calorías por gramo:					Grasa 9	Carbohidratos 4	Proteína 4
Información Nutricional																																																																																																																	
		250 ml																																																																																																															
Tamaño por porción		(258.5 g)																																																																																																															
Porciones por envase		1																																																																																																															
Cantidad por porción																																																																																																																	
Calorías	100	Calorías de grasa 10																																																																																																															
Valor Diario *																																																																																																																	
Grasa total	1g	2%																																																																																																															
	Grasa saturada 0g	0%																																																																																																															
	Grasa Trans 0g	0%																																																																																																															
Colesterol	0mg	0%																																																																																																															
Sodio	0mg	0%																																																																																																															
Carbohidrato Total	21 g	6%																																																																																																															
	Fibra dietaria 2 g	8%																																																																																																															
	Azúcares 19 g																																																																																																																
Proteína	3g																																																																																																																
Vitamina A	0%	Vitamina C	0%																																																																																																														
Calcio	0%	Hierro	0%																																																																																																														
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios																																																																																																																	
		Calorías	2000 2500																																																																																																														
Grasa Total		Menos de	65 g 80 g																																																																																																														
	Grasa Sat.	Menos de	20 g 25 g																																																																																																														
Colesterol		Menos de	300 mg 300 mg																																																																																																														
Sodio		Menos de	2400 mg 2400 mg																																																																																																														
Carb. Total			300 g 375 g																																																																																																														
Fibra Dietaria			25 g 30 g																																																																																																														
Calorías por gramo:																																																																																																																	
	Grasa 9	Carbohidratos 4	Proteína 4																																																																																																														

Forma de Consumo y Consumidores Potenciales	<p>Una vez abierto el recipiente-empaque consumir lo antes posible, mantener en condiciones de refrigeración una vez destapado con el respectivo selle original y no superior a 24 horas.</p> <p>La bebida fermentada de quinua, es un producto con mayor interés de consumo, en personas intolerantes a la lactosa, veganas o vegetarianas.</p>
Empaque y Presentación	<p>Presentación individual con contenido neto mínimo de 250 mL.</p> <p>Presentación envase de polietileno de alta densidad (PEAD) transparente, con tapa en material plástico color amarilla, cierre tipo roscado.</p>
Vida Útil Esperada	<p>28 días a partir del día de elaboración bajo condiciones de cadena de refrigeración correspondiente, temperatura entre 4°C a 6 °C.</p>

Instrucciones en la Etiqueta



Bebida fermentada de Quinoa con sabor a Piña

Producto Natural

Información Nutricional		
Tamaño por porción	250 ml (258.5 g)	
Porciones por envase	1	
Cantidad por porción		
Calorías	100	Calorías de grasa 10
Grasa total 1g 2%		
Grasa saturada 0g 0%		
Grasa Trans 0g 0%		
Colesterol 0mg 0%		
Sodio 0mg 0%		
Carbohidrato Total 21g 6%		
Fibra dietaria 2g 8%		
Azúcares 1g 2%		
Proteína 3g		
Vitamina A	0%	Vitamina C 0%
Calcio	0%	Hierro 0%
* Los porcentajes de Valor Diario están basados en una dieta de 2000 calorías. Los valores diarios.		
Carbón Activo	200g	200g
Grasa Sat.	0g	0g
Colesterol	0mg	0mg
Sodio	0mg	0mg
Carb. Total	21g	21g
Fibra Dietaria	2g	2g
Calorías por gramo	Carbohidratos	Proteína

¿Sabías que?

La quinoa es un cultivo ancestral, originario de los pueblos andinos, que perdió auge en la colonización española y fue remplazado por el maíz, el trigo, la soya, el arroz y la cebada que impidieron su desarrollo.

En la actualidad los beneficios de la quinoa han sido ampliamente estudiados; este pseudocereal presenta alto contenido de proteínas, vitaminas, fibras, minerales y compuestos fenólicos con capacidad antioxidante.

Muéstranos en redes sociales con el numeral #VolvicndoalomonstroconDelinatura

Ingredientes:
agua filtrada, harina de quinoa, bacterias ácido lácticas, salsa de piña.

Conservece en un lugar fresco y seco.

Manténgase refrigerado antes y después de destaparlo.

Agítese antes de abrir.

Consumir antes de: ver fecha de vencimiento.

Fabricado por Delinatura en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Avenida Calle 26 No 40-85 Bogotá D.C.

Hecho en Colombia. Lote: G4 765-420 Vence:30/07/2020



Controles Especiales de Distribución

Según la Resolución 2674 de 2013 del (Ministerio de Salud y Protección Social., 2013) establece que la distribución de un alimento se realiza cumpliendo las siguientes condiciones:

Contar con un medio de transporte exclusivo para alimentos refrigerados.

Transportar el alimento en condiciones asépticas que impidan la contaminación y proliferación de microorganismos y eviten su alteración, así como daños en el envase.

	Transportar y distribuir el producto bajo condiciones de refrigeración adecuadas (aprox. 4°C).
--	--

3.3.8. Conclusiones.

Un tiempo superior a cuatro horas para llevar a cabo la fermentación de la bebida de quinua no es favorable, dado que empieza a presentar mayor sinéresis y en algunos casos hasta precipitación de las proteínas, el cual puede ser ocasionado debido a la variación de pH y la mayor producción de ácido láctico hasta alcanzar el punto isoeléctrico, razón por la que es vital llevar a cabo el monitoreo permanente de acidez y pH en función del tiempo, el cual permite conocer el nivel de pH requerido en un proceso de fermentación vegetal.

En este estudio no fue viable llevar a cabo el remojo del grano de quinua dado que la semilla, por la capacidad de retención de agua, tiende a hincharse e incrementar su volumen notoriamente, evitando así la ruptura homogénea de su estructura celular en el momento del licuado, lo que afectó sensorialmente el producto final por la dimensión de gránulos presentes en la bebida fermentada.

La concentración de células viables presentes en el producto elaborado se encuentra muy cercano a lo reportado en otros estudios de bebidas fermentadas, a pesar de ser microorganismos específicos para la elaboración de yogur, estos cultivos lograron duplicarse hasta alcanzar 7 (Log ufc/ml) adaptándose muy bien al sustrato vegetal.

En la prueba sensorial de consumidores se logró conocer que el 83% de los evaluadores calificaron con mayor puntuación la bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña, en comparación a las demás muestras, lo que indica que sensorialmente el producto fermentado presentó características organolépticas aceptables para el consumo. Sin embargo, mediante el análisis de correspondencia múltiple pudo notarse que la bebida fermentada de quinua endulzada logro obtener altos valores en los atributos aroma-sabor, textura y calidad global, mientras que la bebida fermentada de quinua sin endulzar presentó valores bajos en las mismas características organolépticas. Y en tanto la bebida fermentada comercial de arroz alcanzó valores altos en textura y calidad global.

En las bebidas fermentadas de quinua endulzada, bebida fermentada de quinua sin endulzar y comercial (masato de arroz), se logró apreciar que al comparar los tres tratamientos no hubo diferencias en las características organolépticas. El análisis estadístico mostró como la contribución media fue similar para cada tratamiento, al igual que la contribución promedio, es decir, que tanto el producto fermentado de quinua endulzado y el producto fermentado de quinua sin endulzar presentaron un comportamiento similar a la bebida comercial.

Finalmente, se puede establecer a partir de los resultados obtenidos que la quinua presenta aptitud como sustrato para una fermentación ácido láctica, dando como resultado una bebida con aceptabilidad en aroma-sabor, olor y calidad global.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

De acuerdo al desarrollo de este proyecto se concluye que se pudo obtener una bebida fermentada vegetal, aprovechando el grano de quinua y a su vez el valor nutricional, entre ellos proteína, fibra dietaria, lípidos, carbohidratos y minerales, permitiendo que este grano se acerque más a los estándares de nutrición humana y, además, se lograra buscar una mayor diversidad de productos ante otros alimentos de consumo masivo como soya, maíz, trigo y arroz.

En cuanto a la caracterización fisicoquímica, la quinua blanca variedad Jericó presentó un contenido de humedad del 13,87%, cenizas 2.88%, lípidos 6.56%, proteína 17.27%, fibra dietaria 10.89% y carbohidratos 48.53%, valores que se encontraron dentro de los rangos establecidos por las normas técnicas y otros autores, que la convierten en una fuente aceptable de alimentación.

Los ensayos preliminares realizados para elaborar la bebida fermentada de quinua sirvieron como base para estandarizar el producto final, obteniendo un producto con características organolépticas aceptables. Para este proceso fue importante realizar el monitoreo de acidez, pH y sólidos solubles en función del tiempo, permitiendo corroborar las condiciones adecuadas para llevar a cabo la fermentación del producto.

Las condiciones de proceso encontradas en este trabajo para la elaboración de una bebida fermentada de quinua requieren de una relación quinua-agua (1:6) y el empleo de un cultivo láctico Choozit MY800 a una temperatura de fermentación de 42°C. Bajo tales condiciones, el producto fermentado alcanzó un pH entre 4.2 y 4.3 con nivel de acidez de 0.308% y 2.4°Bx. El producto obtenido finalmente endulzado con salsa de piña incrementó el contenido de sólidos solubles a un equivalente de 10°Bx, enmascarando así el sabor residual y afrijolado presente en el alimento.

Mediante el presente estudio se logró conocer que el cultivo iniciador Choozit MY 800 no solo actúa bien en los procesos de fermentación láctica sino también, tuvo la capacidad

fermentar adecuadamente el sustrato vegetal de quinua, hidrolizando los carbohidratos aprovechables y así logrando producir ácido láctico, como producto final del proceso de fermentación.

A partir de la evaluación sensorial se logró conocer la aceptación general de la bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña, por parte de los consumidores y los panelistas entrenados, quienes juzgaron con altos valores los atributos de calidad de este producto, el cual se vio influenciada por las características organolépticas como aroma-sabor, color, textura y calidad global.

En síntesis, el desarrollo de este proyecto demuestra que la bebida fermentada de quinua puede ser una propuesta comercial viable para el aprovechamiento del grano, generando así una alternativa de impacto social, ambiental y de transferencia tecnológica en las regiones productoras de este pseudocereal, además, se espera que sirva como base para el desarrollo y mejoramiento del producto obtenido, así como para la optimización del proceso.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda, en próximos estudios relacionados con fermentación de un producto a base de quinua, experimentar con diferentes mezclas de BAL, así como adición de pulpas de fruta o salsas para mejorar las características organolépticas que generen mayor aceptación por parte de los consumidores.

Sería interesante que la quinua se mezcle con otros cereales o pseudocereales para elaborar un producto fermentado y así incrementar sus propiedades nutricionales, que permitan despertar el interés de consumo.

Se recomienda en próximos estudios realizar a la bebida fermentada de quinua la evaluación de su composición fisicoquímica (proteínas, minerales, lípidos, fibra dietaria, cenizas) y el comportamiento reológico para contar con una mejor estandarización del producto.

Finalmente, se sugiere realizar estudios de vida útil del producto que permita determinar confiablemente el tiempo de anaquel.

A. Anexo: Ficha técnica especificaciones del cultivo láctico Yoflex Mild 1.0 de CHR HANSEN



FD-DVS YF-L811 Yo-Flex®

Información de Producto

Versión: 3 PI-EU-ES 24-11-2011

Descripción	Cultivo termófilo Yo-Flex®		
Taxonomía	Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus Streptococcus thermophilus		
Envase	No Material: 667295	Tamaño 10X50 U	Tipo Sobre (s) en caja
Propiedades Físicas	Color:	Blanco a ligeramente rojizo o marrón	
	Aspecto Físico:	Granulado	
Aplicación	Uso El cultivo producirá un yogur con un aroma muy suave, muy alta viscosidad y muy baja post-acidificación. Adecuado para la fabricación de yogur firme, batido y líquido.		

Dosis de inoculación recomendada

Cantidad de leche a inocular	250 l/ 70 gal	1,000 l/ 250 gal	2,500 l/ 660 gal	5,000 l/ 1,300 gal	10,000 l/ 2,600 gal
Cantidad de cultivo DVS	50 U	200 U	500 U	1,000 U	2,000 U

Directivas para su uso

Sacar el cultivo del congelador justo antes de su utilización. Limpiar la parte superior del sobre con cloro. Abrir el sobre y añadir los gránulos liofilizados directamente al producto pasteurizado mientras se agita suavemente. Agitar la mezcla durante 10-15 minutos para distribuir el cultivo homogéneamente. La temperatura recomendada de incubación es de 35-45 °C (95-113 °F). Para más información sobre aplicaciones específicas, por favor, consulte nuestros catálogos técnicos y recetas recomendadas.

Gama La gama de cultivos Yo-Flex® de inoculación directa a cuba, Direct Vat Set (DVS®) varían desde cultivos muy suaves que aportan características distintivas de aroma de yogur con perfiles distintos de viscosidad.

Almacenaje y manipulación < -18 °C / < 0 °F



FD-DVS YF-L811 Yo-Flex®

Información de Producto
Versión: 3 PI-EU-ES 24-11-2011

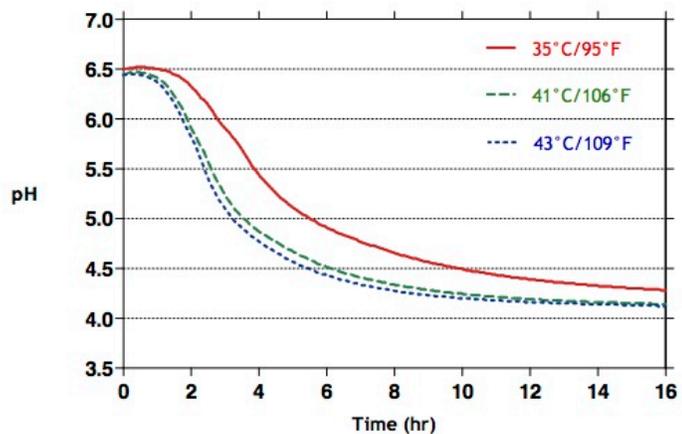
Vida útil

Como mínimo 24 meses desde la fecha de fabricación cuando se almacena siguiendo las recomendaciones.

A +5°C (0°F) la caducidad es de cómo mínimo 6 semanas.

Información técnica

Curva de acidificación



Condiciones de fermentación:

Leche entera +2 % leche desnatada en polvo (85°C/185°F, 30 minutos)

Inoculación: 500U/2500L

Métodos analíticos

Los métodos de referencia y analíticos están disponibles bajo petición.

Legislación

Chr. Hansen cumple con los requerimientos generales de seguridad alimentaria establecidos por el Reglamento 178/2002/EC. Las bacterias ácido lácticas son reconocidas de forma general como seguras y pueden ser utilizadas en alimentos, sin embargo, para aplicaciones específicas recomendamos que consulte la legislación nacional.

El producto está destinado a ser utilizado en alimentos.

B. Anexo: Ficha técnica especificaciones del cultivo láctico Choozit MY 800 DANISCO

 Insumos y tecnología para la Industria alimentaria	FICHA TECNICA CHOOZIT MY 800 LYO 50 DCU	CI – 260 / 02
		Versión 001
		Página 1 de 4
		Fecha de Emisión: 25-04-13

DANISCO

Descripción

Cultivo láctico concentrado liofilizado para inoculación de leche directa y sus bases.

Áreas de aplicación

Lácteos.

Beneficios

Alto poder acidificante.
Buena capacidad proteolítica durante el almacenamiento.
Produce yogures altamente viscosos.

Dosis

Leche fermentada	20 DCU / 100 l de leche
Especialidades de queso blando, queso semiduro	5 - 8 DCU / 100 l de leche
Tipo Reblochon	5 - 8 DCU / 100 l de leche
Temperatura:	42°C

Las cantidades de inoculación deben considerarse como indicativas. Otros cultivos complementarios pueden ser requeridos dependiendo de la tecnología, contenido de materia grasa y propiedades del producto deseado.

No aceptamos ninguna responsabilidad en caso de aplicaciones indebidas.

Instrucciones de uso

Conservar a temperatura <4°C en ambiente seco.

Cuando conserve a temperatura bajo cero, mantenga el sobre a temperatura ambiente por 30 a 60 minutos antes de abrir, de lo contrario puede afectar su funcionamiento. Exposiciones prolongadas a temperatura ambiente reducen la fuerza del cultivo. Controle antes de usar que el cultivo tenga forma de polvo. Adicionar directamente a la leche. Evite la formación de aire y espuma en la leche.

Recomendación importante: Si se formó una masa sólida en el producto, no utilizarlo. Para controlar la contaminación de bacteriófagos, asegurar que la planta y los equipos estén limpios y desinfectados con productos apropiados a intervalos regulares. Evitar cualquier sistema que regrese suero a la línea de proceso para limitar la propagación de fagos.

No aceptamos ninguna responsabilidad en caso de aplicación indebida.

Composición

Streptococcus thermophilus
Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus

Características

- Forma Liofilizada facilita el almacenamiento y el manejo de los cultivos.
- CHOOZIT MY 800 LYO 50 DCU es una mezcla de cepas seleccionadas para la inoculación directa de la leche para elaboración, han sido escogidos y combinados para responder a sus necesidades específicas en términos de la acidificación, textura y sabor.
- El cultivo CHOOZIT MY 800 LYO 50 DCU da rápida acidificación a pH 4,70 a 4,60 y, a continuación, una acidificación lenta para alcanzar un pH más bajo. Esta característica permite un buen control del pH para un producto de calidad constante optimizado.

Especificaciones físico-químicas

Cuantitativa/Actividad estandarizada

Test medio:

Leche reconstituida esterilizada(10% sólidos) calentar 20 min a 110°C. Estandarizar a pH 6.60

Temperatura:	42 °C
Tasa de inoculación:	20 DCU / 100 l
Delta pH:	1.00
Tiempo para alcanzar el delta pH:	<= 3 horas

Especificaciones microbiológicas

Control de calidad Microbiológico - métodos y valores estándar.

Bacteria no ácido láctica	< 500 CFU/g
Enterobacterias	< 10 CFU/g
Levaduras y Mohos	< 10 CFU/g
Enterococci	< 100 CFU/g
Clostridia esporulada	< 10 CFU/g
Coagulase-positive Staphylococci	< 10 CFU/g
Listeria monocytogenes	neg. / 25 g
Salmonella spp	neg. / 25 g

Los métodos analíticos estan disponibles por la petición.

C. Anexo: Resultados evaluación sensorial de la prueba de consumidores, de tres bebidas fermentadas (Bebida fermentada de quinua endulzada (M-200), bebida fermentada de quinua sin endulzar (M-187) y bebida fermentada comercial (M-102)).

Consumidor	M -200	M-187	M-102	Consumidor	M -200	M-187	M-102
1	7	1	7	36	5	3	4
2	7	6	7	37	5	3	4
3	7	5	7	38	5	3	4
4	7	4	6	39	5	3	4
5	7	4	6	40	5	3	4
6	7	4	6	41	5	3	4
7	7	4	6	42	5	3	4
8	7	4	6	43	5	3	4
9	6	4	6	44	5	2	4
10	6	4	5	45	5	2	4
11	6	4	5	46	5	2	4
12	6	4	5	47	5	2	4
13	6	4	5	48	5	2	4
14	6	4	5	49	5	2	4
15	6	4	5	50	5	2	4
16	6	4	5	51	4	2	4
17	6	4	5	52	4	2	4
18	6	4	5	53	4	2	4

19	6	3	5	54	4	2	4
20	6	3	5	55	4	2	4
21	6	3	5	56	4	2	4
22	6	3	5	57	4	2	3
23	5	3	5	58	4	2	3
24	5	3	5	59	4	2	3
25	5	3	5	60	4	2	3
26	5	3	5	61	4	1	3
27	5	3	5	62	4	1	3
28	5	3	5	63	4	1	3
29	5	3	5	64	4	1	3
30	5	3	5	65	3	1	3
31	5	3	5	66	3	1	2
32	5	3	5	67	3	1	2
33	5	3	5	68	3	1	1
34	5	3	5	69	3	1	1
35	5	3	4	70	3	1	1

D. Anexo: Datos prueba de puntajes, análisis sensorial de los atributos de calidad evaluados en la bebida fermentada de quinua endulzada con salsa de piña M-200.

Evaluador	Atributo			
	Color	Aroma- Sabor	Textura	Calidad global
1	1	7	7	7
2	1	3	3	3
3	1	8	5	7
4	0	9	6	7
5	0	9	6	9
6	0	6	6	7
7	0	9	7	9
Mediana	0	8	6	7

E. Anexo: Datos prueba de puntajes, análisis sensorial de los atributos de calidad evaluados en la bebida fermentada de quinua sin endulzar M-187.

Evaluador	Atributo			Calidad global
	Color	Aroma- sabor	Textura	
1	1	3	9	4
2	1	6	6	6
3	1	7	6	8
4	1	3	6	5
5	1	3	6	6
6	1	9	3	6
7	1	3	5	5
Mediana	1	3	6	6

F. Anexo: Datos prueba de puntajes, análisis sensorial de los atributos de calidad evaluados en la bebida fermentada comercial (masato de arroz) M-102.

Evaluador	Atributo			
	Color	Aroma- sabor	Textura	Calidad global
1	1	8	9	8
2	1	3	3	3
3	1	9	6	6
4	1	9	6	7
5	1	6	6	8
6	1	6	2	8
7	1	5	6	5
Mediana	1	6	6	7

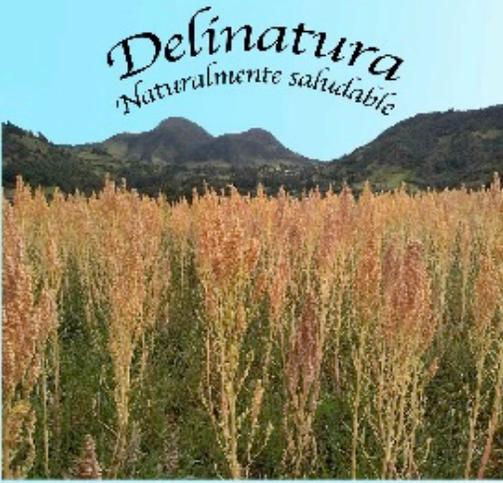
G. Anexo: Contribuciones correspondientes a los componentes categóricos empleados en la prueba sensorial de puntajes

La Tabla G1 es una expresión cuantitativa de lo que representa la figura No. 3.28. La columna de contribuciones refleja los resultados del vector extraído de cada tratamiento, que corresponde a la información de los cuatro atributos evaluados (color, sabor-aroma, textura y calidad global) en cada tratamiento, los cuales se usaron como respuesta para llevar a cabo el análisis estadístico de las contribuciones multivariadas asociadas a todas las variables.

Tabla G1. Contribuciones encontradas en el análisis estadístico realizado durante la prueba sensorial de puntajes.

<u>Contribuciones</u>
0.17243
0.04057
0.05957
0.00664
0.00051
0.00503
0.00204
0.07889
0.00674
0.01183
0.00255
0.00295
0.09106
0.03511
0.01134
0.02595
0.02772
0.00762
0.05925
0.01950
0.12985
0.02150
0.04785
<u>0.13349</u>

H. Anexo: Etiqueta para una porción de 250mL de bebida fermentada de quinua.



Bebida fermentada de Quinua
con sabor a Piña

Producto Natural

Información Nutricional

Tamaño por porción: 250 ml
Porciones por envase: 1 (258.5 g)

Cantidad por porción

Calorías 100 Calorías de grasa 10

	Valor Diario *
Grasa total 1g	2%
Grasa saturada 0g	0%
Grasa Trans 0g	0%
Colesterol 0mg	0%
Sodio 0mg	0%
Carbohidrato Total 21 g	6%
Fibra dietaria 7 g	8%
Azúcares 15 g	
Proteína 3g	
Vitamina A 0%	Vitamina C 0%
Calcio 0%	Hierro 0%

* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios

Energía Total	Calorías	200	200
	Grasa Sat.	Mejor de 25g	25g
Colesterol	Mejor de	300 mg	300 mg
	Mejor de	200 mg	200 mg
Carb. Total		300 g	375 g
	Fibra Dietaria	25g	30g

Grasas por gramo: Grasa S. Carbohidratos. Proteína

¿Sabías que?

La quinua es un cultivo ancestral, originario de los pueblos andinos, que perdió auge en la colonización española y fue remplazado por el maíz, el trigo, la soya, el arroz y la cebada que impidieron su desarrollo.

En la actualidad los beneficios de la quinua han sido ampliamente estudiados; este pseudocereal presenta alto contenido de proteínas, vitaminas, fibras, minerales y compuestos fenólicos con capacidad antioxidante.

Ingredientes:
agua filtrada, harina de quinua, bacterias ácido lácticas, salsa de piña.

Conservece en un lugar fresco y seco.

Manténgase refrigerado antes y después de destaparlo.

Agítese antes de abrir.

Consumir antes de: ver fecha de vencimiento.

Fabricado por Delinatura en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá
Avenida Calle 26 No 40-85 Bogotá D.C.

Hecho en Colombia.
Lote: G4 765-420 Vence: 30/07/2020

Muéstranos en redes sociales con el numeral #VolvicndoalomonuestroconDelinatura



4820287750783



Referencias

- Aamir, M. (2015). An Assessment of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Potential as a Grain Crop on Marginal Lands in Pakistan. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment. Sci.*, 15 (1): 16-23, 2015, 15(1), 16–23.
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana Ciencia Química y Farmacia*, 45(3), 438-469, 2016, 45, 1–32.
- Amadou, I., Gbadamosi, O. S., & Le, G. W. (2011). Millet-based Traditional Processed Foods and Beverages — A Review. *Cereal Foods World* /, 56, N, 1–7.
- Amorocho, C. (2011). Caracterización y potencial probiotico de bacterias lácticas aisladas de leche de oveja guirra. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Arenas et al., S. (2012). Evaluación de la fermentación láctica de la leche con adición de quinua (*Chenopodium quinoa*). *Revista Vitae*, Vol. 19, 4.
- Arzapalo, D. L., & Huaman, K. B. (2014). Extracción y caracterización de almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junin. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Badui, Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos* (4a Edición). México: Pearson educación. 734 páginas.
- Barco, L. M. (2017). Elaboración de bebida fermentada a base del extracto de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y soya (*Glycine max*) con la aplicación de probióticos. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.

- Barraza L, S., Ikehara Tsukayama, H., & Mortensen, A. (2016). Quinoa: Semilla sagrada sustento ancestral. Programa Conjunto Granos Andinos. Representación de la UNESCO en Perú.
- Becerra, M. (2014). Bebidas fermentadas a partir de maíz y arroz: Elaboración, control y conservación. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.*, 22(31), 96–103.
- Bermúdez, D. (2017). Evaluación tecnológica de la harina de quinua (*Quenopodium quinoa*) variedad piartal como espesante alimentario obtenida bajo diferentes condiciones de proceso. Universidad de la Salle- Colombia. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos Citación.
- Bianchi, F. (2013). Desenvolvimento e avaliação em simulador do ecossistema microbiano humano de uma bebida simbiótica à base de extratos aquosos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) e de soja. Universidad Estatal Paulista. São Paulo-Brasil.
- Bioversity International, FAO, PROINPA, I. y F. (2013). Descriptores para Quinoa y sus parientes silvestres. (1ª Edición), Science for a food secure future; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia. 64 páginas.
- Bosze, Z., Gill, H., & Prasad, J. (2008). Bioactive components of milk, *Advances in experimental medicine and biology.* (1ª Edición). State University of New York at Buffalo. 80 páginas.
- Brown, A. C., & Valiere, A. (2004). Probiotics and Medical Nutrition Therapy. *Article Nutrition Clinic Care*, 7(2), 56–68.
- Calderón, J. (2017). Ajuste de un modelo cinético para el crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* en la fermentación de un sustrato complejo. Fundación Universitaria de

América. Bogotá, Colombia.

Callisaya, C., & Alvarado, A. (2009). Aislados proteicos de granos alto andinos Chenopodiaceas ; Quinoa “ *Chenodium quinoa*- Cañahua *Chenopodium pallidicaule*, por repetición Isoeléctrica. Revista Boliviana de Química, 26, No 1(1), 12–20.

Campos, C., & Ponce, M. (2017). " Obtención de una Bebida Fermentada (fermentación ácido-láctica) a base de Semilla de *Chenopodium Quinoa Germinada*". Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil- Ecuador.

Camacho, A., M. Giles, A. Ortégón, M. Palao, B. Serrano & O. Velázquez (2009) Técnicas para análisis Microbiológico de alimentos. 2ª Edición. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de Méxicio. 12 páginas.

Carrasco, R. R., Espinoza, C., & Jaccobsen, S. E. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International, 19, 179–189.

Carrera, M. (2015). Evaluación del potencial antimicrobiano de cepas de bacterias ácido lácticas aisladas de diferentes muestras de leche. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

Casas, N. (2016). Alternativas para la generación del valor agregado en los cultivos de mango y quinua. (1a Edición). Bogotá- Colombia.

Casas, N., Cote, S. P., Moncayo, D. C., & González, G. H. (2016). Usos potenciales de la (*Cheponodium quinoa* Willd) en la industria alimentaria. University of Bio-Bio- Chile. Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

Campuzano, S. Mejía, D. Madero, C. Pabón. P (2015) Determinación de la calidad microbilógica y sanitaria de los alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C. Artículo original producto de la investigación Nova. 13 (23) 81-92.

- Colcha, M. A. (2013). "Elaboración y control de calidad de una bebida nutritiva a base de malteado de quinua, leche y zanahoria deshidratada." Escuela Superior politécnica de Chimborazo.Riobamba- Ecuador.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas Serrano (2010). Producto fermentado sin lactosa a partir de batido de frutos secos sin legumbres y/o horchata. Oficina Española de Patentes y Marcas No ES 2 335 783 T3.
- Corbo, M. R., Bevilacqua, A., Petruzzi, L., Casanova, F. P., & Sinigaglia, M. (2014). Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods Commercial Trends, Research, and Health Implications. *Reviews In Food Science and Food Safety*, 13, 1192–1206.
- Córdova, Ú., Villafuerte, U., Cerrón, L. M., Tapia, E., Yuli, R., Inostroza, L., ... Condorhuaman, M. (2016). Caracterización reológica de una bebida elaborada con *Chenopodium quinoa Willd.*, *Glycine max L.* y *Amaranthus caudatus L.* "Quinua, soya y kiwucha" y *Stevia rebaudiana Bertoni* "Estevia." *Artículos Originales Ciencia e Investigación; Facultad de Farmacia y Bioquímica Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Universidad Nacional Del Centro Del Perú.*, (1), 1–4.
- Corona, O., Randazzo, W., Miceli, A., Guarcello, R., Francesca, N., Erten, H., Settanni, L. (2016). Characterization of kefir-like beverages produced from vegetable juices. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 572–581.
- Correia, E., Pagan, M. J., García, P., & Barros, C. A. (2013). Diseño de bebidas simbióticas vegetales en polvo. *Universitat Politecnica de Valencia- España*, 0–25.
- Courtin, P., & Raul, F. (2004). Interactions between microorganisms in a simple ecosystem: yogurt bacteria as a study model. *Original Article Lait* 84, 125–134.
- Dadgostar, P., Jariteh, R., Nateghi, L., & Yousefi, M. (2013). Evaluation and comparison the physicochemical properties of different commercial milk product. *Pelagia Research*

- Library European, 3(5), 102–105.
- Desiree, S., Petit, D., Camacaro, M., & Godoy, Y. (2017). Evaluación de la calidad de la materia prima para la elaboración de concentrado de piña. *Revista Científica A.S.A*, 60, 59–73.
- Díaz, A. & Hernández, M, ed. (s) (2013). Experiencias en la transformación agroindustrial de la quinua. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Dominguez, J. (2013). Estudio de las relaciones entre los microorganismos presentes en las fermentaciones de la aceituna de mesa CSIC. Universidad de Sevilla-España CSIC.
- Donell, E. M. (2015). Miracle Foods: Quinoa , Curative Metaphors , and the Depoliticization of Global Hunger Politics. *The Journal of Critical Food Studies*, 15,1-16.
- Dourado, K., Soares, M., Rodrigez, I., Caliari, M., & Colombo, T. (2017). Changes of probiotic fermented drink obtained from soy and rice byproducts during cold storage. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.017>.
- Duque, A. M., Espinel, J. A., & Herrán, M. C. (2016). Análisis de los factores productivos que no han permitido el aprovechamiento de la quinua en Colombia 2007- 2013. Universidad de la Salle. Bogotá - Colombia.
- Dussán, S., Noguera, R., & Godoy, S. (2019). Estudio del Perfil de Aminoácidos y Análisis Proximal de Pastas Secas Extruidas a Base de Harina de Quinua y Harina de Chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(6), 93–100.
- Dyner, L., Cagnasso, C., Ferreyra, V., Pita, M. de P., Apro, N., & Olivera, M. (2016). Contenido de calcio , fibra dietaria y fitatos en diversas harinas de cereales , pseudocereales y otros. Buenos Aires Argentina. *Acta Bioquímica Clínica*

Latinoamericana, 50, 435–443.

Enujiugha, V. N., & Badejo, A. A. (2017). Probiotic Potentials of Cereal-based Beverages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.*, 57(April), 790–804.

Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos* (Editorial Universitaria). Ciudad de la Habana- Cuba. Retrieved from <http://revistas.mes.edu.cu/EDUNIV/legalcode-ar.htm>.

FAO/WHO, Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (2016). *Statistical Aspects of Microbiological Criteria Related to Foods. A Risk Managers Guide. Microbiological Risk Assessment Series, No 24.* Rome. 120pp

FAO. (2017). *Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en nutrición humana.* (Edición en español). Granada, España.

Favaro, T. C., Della, R., & Couri, S. (2001). Development and sensory evaluation of soy milk-based yogurt. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51, 2–8.

Fennema, O. R. (2007). *Food Chemistry* (4a Edición). CRR Press is an imprint of the Taylor & Francis Group. 1158 páginas. New York- Estados Unidos.

Ficha Técnica de los Alimentos, I. (2018). *Ficha Técnica de los Alimentos, Harina de quinua*, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Colombia.

Fuenmayor, C. (2019). *Guía práctica de laboratorio, Análisis Proximal de los alimentos.* Bogotá- Colombia.

Fuequene, J., & Arenas, N. (2018). *Desarrollo de una bebida fermentada y saborizada de soya con adición de inulina y de cultivos probióticos.* Universidad de la Salle. Bogotá- Colombia.

- García, C. A., Arrázola, G. S., & Durango, A. M. (2010). Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. *Temas Agrarios*, 15(2), 9–26.
- García, N. M. (2017). *Bebidas Vegetales*. Universidad Complutense. Madrid España. Retrieved from <https://bit.ly/2DUFzjC>.
- González. M, Vásquez. A, Grau. C & Gil. H (2011) Enumeración de aerobios mesófilos, coliformes fecales y *Clostridium perfringens* en la ostra *Crassostrea rhizophorae* procedente de Laguna Grande del Obispo, estado Sucre, Venezuela. *Revista Científica*. 2011;21(1):80-7
- Guerrero, I., Blanca, G., & Maria, W. (2014). *Microbiología de los alimentos*. (1ª Edición). 70 páginas. Limusa S.A.de C.V. Mexico. pp263-584
- Guerrero L, A. (2018). Impacto del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) como alternativa productiva y socioeconómica en la comunidad indígena Yanacona de La Vega, Cauca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia-sede Palmira.
- Guyot, J. P. (2012). Cereal-based fermented foods in developing countries: Ancient foods for modern research. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 1109–1114.
- Guzmán M, A., & Apaza C, D. (2010). Elaboración de una bebida fermentada probiótica a partir de Lactosuero con Quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd) y estabilizado con Gelatina usando el Diseño de Superficie de Respuesta. Universidad Peruana Unión-Juliaca. Perú.
- Henry, J.-G., & Jarriín-Veronica. (2015). Cinética de crecimiento de *Lactobacillus lactis* Y *Lactobacillus lactis* y determinación del efecto probiotico en cepas patogenas.
- Hernández, A. (2007). Aislamiento, caracterización y detección precoz de bacteriófagos de *Streptococcus thermophilus* en la industria láctea. Universidad de Oviedo-España.

- Hernandez, E. (2005). Evaluación sensorial. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, (1a Edición)..Bogotá- Colombia.128 páginas.
- Herrera, L. G. R. (1994). Especialidad en métodos estadísticos-Usos del biplot y el análisis de correspondencia. Universidad de Veracruz. México.
- Huapaya, C. C. S. (2014). Elaboración de una bebida probiótica a partir de la fermentación láctica del almidón hidrolizado de harina de quinua, *Chenopodium quinoa*. Universidad Nacional Agraria de la Molina, Facultad de ciencias departamento de biología. Lima Perú.
- Hugo, A. A., Rolny, I. S., Romanin, D., & Pérez, P. F. (2017). *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* (strain CIDCA 133) stimulates murine macrophages infected with *Citrobacter rodentium*. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 10 páginas.
- INIAP. (s.f.). Los granos Andinos: Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Amanarato (*Amaranthus caudatus* L.) y Sangorache (*Amaranthus hybridus* L.), fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP y La Universidad Nacional de Chimborazo, UNACH- Ecuador.
- INVIMA. (2018). Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos Invima. Bogotá-Colombia: Instituto Nacional de Vigilancia.
- INVIMA. (1998). Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológica de alimentos para consumo humano. Bogotá. Colombia.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018). Tabla de composición de los alimentos Colombianos.
- Kafsi, H. El, Binesse, J., Loux, V., Buratti, J., Boudebouze, S., Dervyn, R., Maarten van de Guchte. (2014). *Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis* and *ssp. bulgaricus*: a chronicle of evolution in action. BMC Genomics 2014, -BioMed Central. 15:407.

- Lebart, L. (2018). Validation Techniques in Multiple Correspondence Analysis. Institut Mines - Télécom. Paris- Francia. 5 (2),1-15
- Li, G., Wang, S., & Zhu, F. (2016). Physicochemical properties of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers.*, 137, 328–338.
- Lorusso, A., & Coda, R. (2018). Use of Selected Lactic Acid Bacteria and Quinoa Flour for Manufacturing Novel Yogurt-Like Beverages. *Foods-MDPI*, 7, 1–20.
- Lucas, F. (2015). Obtención de bebida fermentada tipo yogurt a base de extracto d arroz pulido (*Oryza sativa*). Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Mahecha, G. (1985). Evaluación sensorial en el control de calidad de alimentos procesados. Evaluación sensorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia.113 páginas.
- Mäkinen, O. E., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2013). Germination of Oats and Quinoa and Evaluation of the Malts as Gluten Free Baking Ingredients. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68(1), 90–95.
- Maldonado, R. Á., & Carrillo, P. S. (2014). Desarrollo de Una Bebida Fermentada a Base de Quinoa (*Chenopodium quinoa*). Universidad San Francisco de Quito.
- Maldonado, L., Rios, C., & Caballero, L. (2016). Bebida fermentada a base de arroz con adición de probióticos. *Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 14(1), 58–73.
- Mariotti, F. T. (2000). La soja en la alimentación. *Alimentación Nutrición y Salud*, 7(Mars), 31–33. Retrieved from http://www.institutodanone.es/assets/ans_2_2000.pdf.
- Matus, I. (2015). El cultivo de la quínoa en Chile- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile.
- Mckay. El metabolismo de los azúcares: La fermentación láctica. 2ª. Edición. España. Editorial Acribia S.A. 2000. pp.206-213.

- Medin, S., Guelfo, M., Mateo, J., Santillán, Y., Zwenger, V., & Medin, R. (2017). Elaboracion de alimento fermentado a base de bebida de soja y amaranto fortificado con calcio. *Revista Nutrición Investiga*, 233–306.
- Mezquita, P. C., Barrientos, E. A., Valdivia, G. R., Palacios, N. R., & Zavala, R. A. (2012). Desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo , lupino y quinua para la dieta de preescolares. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 232–243.
- Michael, M., Martinko, J., & Parker, J. (2008). *Brock Biología de los microorganismos.pdf* (10a Edición). España: Pearson educación.1089 páginas.
- MINAGRI, M. de A. y R. (2014). *Quinoa, memorial del año internacional de la quinua en Perú*. (1a Edición). Santillana S.A. Lima Perú. 130 páginas.
- Ministerio de Agricultura, I., & Pontificia Universidad Católica de Chile. (2019). *Libro de Resúmenes, VII Congreso Mundial de la Quinoa y Otros Granos Andinos, Chile 2019*.(4ª Edición). Ministerio de Agricultura, INDAP y ODEPA.190 páginas.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2018) *Producción de quinua en los últimos 4 años en Colombia*.
- Ministerio de Agricultura y Riego- Perú. (2017). *Análisis Económico de la Producción Nacional de la Quinoa*. Lima, Perú.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Resolución Número 2674/2013*. Colombia, 1–37.páginas
- Ministerio de salud (1986). *Resolución Número 2310/1986- Colombia*, 41páginas.
- Ministerio de salud y Protección Social (2013). *Resolucion Número, 3929/2013*. Colombia .1–29 páginas.

Ministerio de la Protección Social. (2011). Resolución Número 333. Colombia.1-56 páginas

Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Uribe, E., López, J., Martínez, E., Rodríguez, J., Di, K. (2011). Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Italian Oral Surgery*, 1, 1439–1446.

Montoya, A., Martínez, L., & Peralta, J. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia *. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales. Universidad Nacional de Colombia*, (January), 1, 1–18.

Mosquera, M. F. (2009). Efecto de la inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* wild) en la elaboración de galletas. *Universidad Nacional de Colombia- Bogotá*.

Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., & Romero, A. (2006). Informe final, proyecto quinua: Cultivo multipropósito para los países Andinos. *Universidad del Altiplano Perú, Proinpa, Universidad Nacional de Colombia*.

Navia-Coarite, N. A., Nina-Mollisaca, G. L., Mena-Gallardo, E. P., & Salcedo-Ortiz, L. (2019). Hidrólisis enzimática en harina de quinua y tarwi por efecto de α -amilasa. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 64–73.

Nielsen, S. (2010). *Food Analysis (4a Edición)*. Estados Unidos: Springer New York Dordrecht Heidelberg London.585 páginas.

Norma Técnica Colombiana NTC 6069 (2014) Productos de molinería, Harina de quinua. Tomado de: <https://ecollection-icontec-org.ezproxy.unal.edu.co/normavw.aspx?ID=5425>.

Norma Técnica Colombiana NTC 805. (2005). *Norma Técnica Colombiana, productos lácteos leches fermentadas*. Bogotá-Colombia.

Norma Técnica Ecuatoriana-NTE INEN 3042. (2015). *Norma Técnica Ecuatoriana, Harina de quinua-NTE INEN 3042*. Quito- Ecuador.

Norma Técnica Harina Quinoa-Cauca. (2014). Norma técnica harina de quinua “Consolidación de la cadena productiva de la Quinoa, a través del fortalecimiento de la cadena productiva en el departamento del Cauca-Popayán- Colombia” Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Fomento Económico. Gobernación del Cauca.

Norma Técnica Peruana. (2009). Norma Técnica Peruana. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Lima- Perú.

Norma Técnica Colombiana NTC 5583. (2007). Norma Técnica Colombiana Industrias Alimentarias Salsas de Frutas. Bogotá- Colombia.

Ogungbenle, H. N. (2009). Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 7486, 153–158.

Olivo, J., Morales, F., & Gutierrez, R. (2015). Obtenção de bebida fermentada a base de quinua (*Chenopodium quinoa* willd). XX Congreso Brasileiro de Engenharia Química- Universidad Estatal de Maringa-Brasil, (January 2018), 1–8.

Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2011a). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Chile. 66 páginas.

Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2013). La Quinoa, año internacional de la quinua. Santiago de Chile. Retrieved from http://www.fao.org/quinoa-2013/es/?no_mobile=1

Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP). Organización Mundial de la Salud. Estados Unidos. 170 páginas.

Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud. (2019). Clasificación de los alimentos y sus implicaciones en la salud. Quito – Ecuador.

- Orozco, F. (2011). Producción de ácido láctico por medio de fermentación anaerobia y su polimerización a partir de reacciones de apertura de anillo. Centro de Investigación Científica de Yucatán -México.
- Parra, R. A. (2010). Bacterias ácido lácticas: papel funcional de los alimentos. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación e Química y Tecnología de los Alimentos, 8, 94–103.
- Pereira, A. C., González, A. R & Hernández, I. A. (2015). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento . Aspectos relacionados con otras áreas. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos., 5(2), 166–218.
- Plan departamental de desarrollo Gobernación del Cauca (2016-2019). Plan Departamental de Desarrollo del Cauca. Popayán Cauca: Gobernación del Cauca.
- Plan Nacional de Desarrollo. (2018). Plan Nacional de Desarrollo, pacto por Colombia pacto por la equidad. Bogotá-Colombia.
- Portal Agronegocios e Industria de Alimentos-ANeIA (2019) La quinua cultivo originario de América del sur. Universidad Nacional de los Andes- Colombia. Retrieved from <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2018/05/08/la-quinua-cultivo-originario-de-america-del-sur/>
- Procolombia. (2016). Ministerio de Industria y turismo. La Colombia del sí se puede. Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Colombia. 39 páginas. Retrieved from <https://procolombia.co/publicaciones/casos-de-exito-la-colombia-del-si-se-puede>.
- Quelal, M., Nazate, K., Villacrés, E., & Cuarán, J. (2019). Obtención y caracterización de un hidrolizado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Ecuador. Enfoque UTE. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)., 10, 79–89.

- Quicazán, M. C. (2012). Aplicación de fermentación láctica como alternativa en el desarrollo de bebidas de soya en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Quitiaquez. (2005). Desarrollo de un producto extruído a partir de granos de quinua (*Cheponodium Quinoa* Willd). Diseño básico de planta. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería Química. Bogotá Colombia.
- Ramírez, J., Ulloa, P., Velázquez, M. Y., Ulloa, J. A., & Romero, F. A. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Geriatrka*, México 18(9), 44–51. Retrieved from <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>.
- Reina, L. Y. (2016). Efecto de la proporción de agua, lactosuero y quinua (*Chenopodium quinoa* W.) blanca germinada en la aceptabilidad general de una bebida fermentada utilizando cultivo lactico comercial. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de ciencias agropecuarias, escuela académica profesional de ingeniería agroindustrial, Trujillo - Perú.
- Repo, C., Valencia, R. A., & Serna, L. A. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 31(004229), 225–230.
- Reyes, E. A., Ávila, D. P., & Guevara, J. O. (2006). Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región Andina. *Articulo de Investigación Científica y Tecnológica*, 5, 1–11.
- Ripari, V. (2019). Techno-Functional Role of Exopolysaccharides in Cereal-Based, Yogurt-Like Beverages. *Beverages*, 5, 1–16. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/beverages5010016>.
- Rivera, R. D. (2016). Bebida nutricional a partir de la mezcla fermentada maíz-soya. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manavi - ULEAM. (December 2010). Manta-Ecuador. pp 1–9.

- Rojas, W., Vargas, A., & Pinto, M. (2016). La diversidad genética de la quinua : potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. *RIARn.*, 3(2), 114–124.
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C., & Cerón, E. (2006). Potencial Nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium Quinoa W*) Variedad piartal en los Andes Colombianos primera parte. *Facultad de Ciencias Agropecuarias.*, 1, 113–125.
- Salcedo, S., Santivañez, T., Bazile, D., Bareto, D., & Nieto, C. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Santiago de Chile y CRIAD (Montpellier, Francia) 274 páginas.
- Saltos, L. E. (2009). Aprovechamiento del grano de soya para el desarrollo de alimentos funcionales. *Escuela Superior politecnica del Litoral. Guayaquil . Ecuador.*
- Salvador, J. (2009). Estudio de factibilidad técnica para a producción de harina de amaranto (*Amarantus spp.*). *Universidad del Salvador.*
- Sánchez, M., Marmolejo, F., & Bravo, N. (s.f.). *Microbiología Aspectos fundamentales.* Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Cali- Colombia. 262 páginas.
- Santos, T. (2019). *Mercado potencial para la Quinua Colombiana.* Universidad Agustiniana. Bogotá. Colombia.
- Serror, P., Sasaki, T., Ehrlich, S. D., & Maguin, E. (2002). Electrotransformation of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* and *L. delbrueckii subsp. lactis* with Various Plasmids. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(1), 46–52.
- Sieuwerts, S., Molenaar, D., Hijum, S. A. F. T. Van, Beerthuyzen, M., Stevens, M. J. A., Janssen, P. W. M., ... Vlieg, J. E. T. V. H. (2010). Mixed-Culture Transcriptome Analysis Reveals the Molecular Basis of Mixed-Culture Growth in *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(23), 7775–7784.

- Silveiro, C. (2015). Microbiología general para Investigaciones de laboratorio (1a Edición). Universidad Técnica de Machala-Ecuador. 142 páginas.
- Solorzano, J. L. (2013). Desenvolvimento de bebida à base de quinua real: uma alternativa ao leite de vaca. Universidade de Brasília- Brasil. Retrieved from <https://bit.ly/2DARVD5>.
- Stoyanova, L. G., Ustyugova, E. A., & Netrusov, A. I. (2012). Antibacterial metabolites of lactic acid bacteria: Their diversity and properties. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 48(3), 229–243.
- Tapia, I., Taco, D. R., & Taco, T. V. J. (2016). Aislamiento de proteínas de quinua ecuatoriana (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuan con remoción de compuestos fenólicos, para uso potencial en la nutrición y salud humanas. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas (Quito-Ecuador)*, 41(1), 71–80.
- Tobón, N. (2006). Un enfoque diferente para la protección de los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas. *Estudio. Socio-Jurídico*. Bogotá. Colombia., 9(2004), 96–129.
- Tovar, Hernandez, C., Perafán, E., Enriquez, M., Pismag, Y., & Ceron, L. (2017). Evaluación del efecto del proceso de extrucción en harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) normal y germinada. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial.*, 15(2), 30–38.
- Tufail, M., Hussain, S., Malik, F., Mirza, T., Parveen, G., Shafaat, S. Sadiq, A. (2011). Isolation and evaluation of antibacterial activity of bacteriocin produced by *Lactobacillus bulgaricus* from yogurt. *African. Journal of Microbiology Research*, 5(22), 3842–3847.
- Uriza, P. P. J. (2014). β - glucanos de *Ganoderma lucidum* en yogur. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/50000/1/1018404019.2015.pdf>.

- Valcárcel, Y. B., & Caetano, S. (2012). Applications of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) and Amaranth (*Amaranthus Spp*) and Their Influence in the Nutritional Value of Cereal Based Foods. *Food and Public Health.*, 2(6), 265–275.
- Valeiro, A., González, J., & Prado, F. (2013). Ciencia y Tecnología de los cultivos industriales Quinoa: aspectos biológicos, propiedades nutricionales y otras consideraciones para su mejor aprovechamiento. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*. (1a Edición). Córdoba, Argentina. 108 páginas.
- Vargas, P., Arteaga, R., & Cruz, L. (2019). Análisis bibliográfico sobre el potencial nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa*) como alimento funcional. *Revista Centro Azúcar*, 46, 89–100.
- Vasudha, S., & Mishra, H. (2013). Non-dairy probiotic beverages. *International Food Research Journal.*, 20(1), 7–15.
- Vega, G. A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541–2547.
- Vega, G. A., Zura, L., Lutz, M., Jagus, R., Agüero, V., Pastén, K., & Uribe, E. (2018). Assessment of dietary fiber, isoflavones and phenolic and, compounds with antioxidant and antimicrobial properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences. Ex Agro-Ciencia.*, 34(March 2017), 1–11.
- Vega, F. A., Mosquera, A. B., Castillo, D. clemencia V., & Gómez, O. H. U. (2010). Conservación y transformación de granos ancestrales en el resguardo indígena de Guambía Silvia-Cauca. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 17–24.
- Velázquez, A., Covatzin, D., Toledo, M. D., & Vela, G. (2018). Bebida fermentada

elaborada con bacterias ácido lácticas aisladas del pozol tradicional Chiapaneco. *Cienciauat*, 13(1), 165–178.

Vera, E., Jimenez, M. E., Dallagnol, A., Belfiore, C., Fontana, C., Fontana, P., Plumed, C. (2016). Screening and characterization of potential probiotic and starter bacteria for plant fermentations. *LWT - Food Science and Technology*. Elsevier., 71, 288–294.

Vicente, F. (2013). Bebida fermentada a base de sorgo. Programa de Servicios Agrícolas Provinciales y el Programa de Gestión de la calidad y Diferenciación de Alimentos. Argentina. 10 páginas.

Vidal A., Cáceres, G., Estrada, R., & Rember, P. F. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú (1a Edición). Peru: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Representación del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA -Perú. 82 páginas.

Vilcacundo, R., & Hernández, B. (2017). ScienceDirect Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Current Opinion in Food Science.*, 14, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>.

Waters, D. M., Mauch, A., Coffey, A., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2015). Lactic Acid Bacteria as a Cell Factory for the Delivery of Functional Biomolecules and Ingredients in Cereal-Based Beverages: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4), 503–520.

Yang, M., & Li, L. (2010). Physicochemical, Textural and Sensory Characteristics of Probiotic Soy Yogurt Prepared from Germinated Soybean. *Food Technology and Biotechnology.*, 48(4), 490–496.

Zannini, E., Jeske, S., Lynch, K. M., & Arendt, E. K. (2018). International Journal of Food Microbiology Development of novel quinoa-based yoghurt fermented with dextran producer *Weissella cibaria* MG1. *International Journal of Food Microbiology*, 268(August 2017), 19–26.