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

Efecto de la germinación de tres variedades de quinua: Roja (INIA-415 Pasankalla), Negra (INIA 420-Negra Collana) y Blanca (Salcedo INIA) en la formulación y elaboración de una bebida funcional con capacidad antioxidante

TESIS

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

AUTOR

Jessica Yvonne BENDEZÚ CCANTO

ASESORES

Eliana Gabriela CONTRERAS LÓPEZ

Bettit Karim SALVÁ RUIZ (Coasesor)

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

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

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

Referencia bibliográfica

Bendezú J. Efecto de la germinación de tres variedades de quinua: Roja (INIA-415 Pasankalla), Negra (INIA 420-Negra Collana) y Blanca (Salcedo INIA) en la formulación y elaboración de una bebida funcional con capacidad antioxidante [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos; 2018.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

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

Efecto de la germinación de tres variedades de quinua: Roja (*INIA-415 Pasankalla*), Negra (*INIA 420 – Negra Collana*) y Blanca (*Salcedo INIA*) en la formulación y elaboración de una bebida funcional con capacidad antioxidante

Que presenta la Bachiller en Ciencia y Tecnología de los Alimentos:

JESSICA YVONNE BENDEZÚ CCANTO

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

Sobresaliente (Diecisiete)

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

Lima, 04 de setiembre de 2018

Mg. Mirtha Roque Alcarraz
Presidente

Ing. Úrsula Villafuerte Montes
Miembro

Mg. Oscar Acosta Conchucos
Miembro

Q.F. Walter Rivas Altez
Miembro

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú
Teléfonos: (511) 328-4737 / (511) 679-7000 anexo 4826 Ap. Postal 4559 – Lima 1
E-mail: decanofyb@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

SINEACE
ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification

DEDICATORIA

Dedicado a mis amados padres Javier y Beatriz quienes me enseñaron a afrontar las adversidades y a ser fuerte cada día de mi vida.

A mis amistades y a las personas que lograron que este trabajo se vuelva realidad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar mi camino y mi estadía durante los 5 años de universidad.

A la universidad Nacional Mayor de San Marcos, alma mater de mi profesión y a mi querida escuela Ciencia de los Alimentos.

A mi asesora de tesis Ing. Eliana Contreras por su valiosa asesoría y apoyo incondicional.

A la Dra. Bettit Salvá Ruiz por impartirme sus conocimientos.

La empresa Andes Alimentos y Bebidas S.A.C por brindarme sus instalaciones para la realización de esta tesis.

Este trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de investigación de la UNMSM. Resolución de decanato N°00521-FFB-D-2017.

ÍNDICE

DEDICATORIA....2
AGRADECIMIENTO....3
ÍNDICE GENERAL....4
RESUMEN....11
ABSTRACT....12
I.INTRODUCCIÒN....13
1.1. Objetivos....16
II. MARCO TEÓRICO....17
2.1. Antecedentes....17
2.2. Descripción botánica y agronómica....20
2.3. Variedades….23
2.3.1. INIA 420-Negra Collana....23
2.3.2. INIA 415 Pasankalla....25
2.3.3. Salcedo INIA....27
2.4. Composición química y valor nutricional de las 3 variedades de quinua....29
2.5. Variedades comerciales en el Perú....29
2.6. Germinación....31
2.7. Fases de la germinación….31
2.8. Contenido de humedad mínimo para que ocurra germinación....35
2.9 Rango de temperaturas de germinación....35
2.10. Beneficios del uso de los germinados....37
2.11. Tendencia en bebidas vegetales....37
2.11.1. Bebida de almendras....37
2.11.2. Bebida de soja....37
2.11.3. Bebida de Avena....38
3.11.4. Bebida de arroz....38
2.12. Actividad antioxidante....39
2.12.1. Método ABTS....40

2.13. Diseño de mezcla.....41
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....46
3.1. Lugar de la investigación.....45
3.2. Materiales y equipos para la germinación de la quinua.....45
3.3. Caracterización de la materia prima.....46
3.3.1. Caracterización física.....46
a. Granulometría….....47
b. Humedad.....47
c. Saponinas.....47
3.4. Estandarización de la germinación de la quinua.....49
3.5. Materiales y equipos para la formulación de la bebida.....50
3.6. Formulación y elaboración de la bebida.....52
3.7. Descripción del experimento.....53
3.8. Diseño estadístico.....56
3.9. Caracterización físico químico y nutricional de la bebida.....59
3.9.1. Análisis físico-químico.....58
3.9.2. Análisis nutricional.....58
3.9.3. Análisis microbiológico.....58
3.10. Análisis de aceptabilidad.....61
3.11. Evaluación de la capacidad antioxidante.....65
IV. RESULTADOS 68
V. DISCUSIÓN.....93
VI. CONCLUSIONES.....97
VII. RECOMENDACIONES.....99
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....100
IX. ANEXOS.....104

LISTA DE ABREVIATURAS

ABTS: Radical estable de color azul-violeta (Acido 2,2azino-bis-3-etilbenzolin-6-sulfonico).

ET: Equivalente al trolox.

T1: Tratamiento uno

T2: Tratamiento dos

T3: Tratamiento tres

T4: Tratamiento cuatro

T5: Tratamiento cinco

T6: Tratamiento seis

T7: Tratamiento siete

T8: Tratamiento ocho

T9: Tratamiento nueve

T10: Tratamiento diez

QB: Quinua blanca

QR: Quinua roja

QN: Quinua negra

Ph: Potencial de hidrógeno

TEAC: Capacidad antioxidante equivalente al trolox.

Ps: Contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje de masa.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción morfológica de la quinua negra.

Tabla 2. Descripción de la panoja en quinua negra

Tabla 3. Descripción del grano en quinua negra

Tabla 4. Descripción morfológica de la quinua roja

Tabla 5. Descripción de la panoja en quinua roja

Tabla 6. Descripción del grano en quinua roja

Tabla 7. Descripción morfológica de la quinua blanca

Tabla 8. Descripción de la panoja en quinua blanca

Tabla 9. Descripción del grano en quinua blanca

Tabla 10. Variedades comerciales de quinua y sus características

Tabla 11. Contenido de humedad necesario para que ocurra la germinación de algunas semillas de especies cultivadas

Tabla 12. Temperaturas cardinales de algunas semillas

Tabla 13. Diseño de 10 puntos para la formulación de la bebida de quinua germinada

Tabla 14. Variables independientes, las codificaciones y valores usados para la optimización

Tabla 15. Diseño de mezclas para el proceso de elaboración de la bebida funcional a partir de tres variedades de quinua germinada

Tabla 16. Escala hedónica utilizada

Tabla 17. Parámetros obtenidos en la prueba de Durbin

Tabla 18. Retenido en malla

Tabla 19. Determinación de humedad de las 3 variedades de quinua

Tabla 20. Porcentaje de saponinas en cada variedad de quinua

Tabla 21. Resultados del estandarizado de la germinación durante 48 horas

Tabla 22. Crecimiento de radículas de quinua roja

Tabla 23. Crecimiento de radículas de quinua negra

Tabla 24. Crecimiento de radículas de quinua blanca

Tabla 25. Resultados de pH

Tabla 26. Resultados de sólidos solubles

Tabla 27. Ordenamiento de puntajes en el diseño de bloques incompletos.

Tabla 28. Ordenamiento de datos.

Tabla 29. Prueba de comparaciones múltiples.

Tabla 30. Comparación de capacidades antioxidantes.

Tabla 31. Resultado final del diseño de mezcla.

Tabla 32. Datos de capacidad antioxidante <Desing-expert 11>

Tabla 33. Modelo cuadrático no significativo

Tabla 34. Datos de aceptabilidad <Desing-expert 11>

Tabla 35. Modelo cuadrático significativo

Tabla 36. Bebida de quinua sin germinar (mezcla óptima)

Tabla 37. Bebida de quinua germinada (mezcla óptima)

Tabla 38. Resultados microbiológicos de la bebida de quinua germinada.

Tabla 39. Atributos definiciones y muestras de referencia desarrolladas para la evaluación sensorial de la bebida de quinua.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del grano de quinua, sección longitudinal media.

Figura 2. Esquema de las fases de la imbibición de agua por una semilla, medida mediante el incremento en peso fresco durante el proceso de germinación.

Figura 3. Acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de la germinación de los cereales.

Figura 4. Generación de estrés oxidativo y su relación con enfermedades.

Figura 5. Radical ABTS+.

Figura 6. Diseño Simples de Centroide p=3.

Figura 7. Diseño simplex centroide P= (3,2) aumentado con los puntos axiales para una mezcla de 3 componentes.

Figura 8. Semillas de las 3 variedades de quinua.

Figura 9. Tamiz vibratorio eléctrico y tamiz de ensayo.

Figura 10. Detector de humedad.

Figura 11. Método afrosimétrico para determinación de saponinas.

Figura 12. Proceso de elaboración de bebida de quinua.

Figura 13. Proceso de filtrado de la bebida de quinua germinada.

Figura 14. Métodos rápidos para la detección microbiológica en el producto.

Figura 15. Anclas para el atributo sensorial del color.

Figura 16. Anclas para los atributos sensoriales.

Figura 17. Estructura del ABTS•+ antes y después de la reacción con el antioxidante.

Figura 18. Variación de la humedad en quinua negra germinada.

Figura 19. Variación de la humedad en quinua blanca germinada.

Figura 20. Variación de la humedad en quinua roja germinada.

Figura 21. Aceptabilidad de la bebida de quinua germinada.

Figura 22. Actividad antioxidante ABTS .Quinua sin germinar T1: 6.68; T2: 9.64; T3:8.38; T4: 7.33; T5: 7.18; T6: 7.76; T7: 5.99; T8: 7.29; T9: 9.17; T10: 7.73.

Figura 23. Actividad antioxidante ABTS. Quinua germinada T1 15.91; T2 17.38; T3 16.76; T4 16.24; T5 16.16; T6 18.97; T7 16.11; T8 16.22; T9 21.60; T10 17.77.

Figura 24. Comparación de la capacidad antioxidante de la bebida de quinua sin germinar y germinada.

Figura 25. Gráfica de contorno de la aceptabilidad.

Figura 26. Gráfica de superficie de respuesta.

Figura 27. Formulación óptima de la bebida de quinua germinada.

Figura 28. Gráfica de la telaraña para el perfil sensorial de la bebida de quinua germinada.

RESUMEN

La quinua es un grano con alto valor proteico, vitaminas y aminoácidos, recientemente popularizado en mercados internacionales sobre todo por sus propiedades, beneficios y usos en la cocina; el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la germinación en la capacidad antioxidante de tres variedades de quinua: Blanca (*Salcedo INIA*), roja (*INIA-415 Pasankalla*) y negra (*INIA 420-Negra Collana*) en la formulación y elaboración de una bebida.

Se utilizó un diseño de mezcla obteniendo 10 tratamientos con niveles codificados de 0-3 para las variables independientes (quinua blanca germinada, quinua roja germinada y quinua negra germinada). El modelo propuesto constó de 3 componentes y 10 tratamientos que tuvieron como factor respuesta a la capacidad antioxidante y la aceptabilidad de los consumidores.

Los 10 tratamientos fueron sometidos a una prueba de aceptabilidad sensorial a 60 panelistas no entrenados usando el diseño de bloques incompletos.

Se midió la capacidad antioxidante a cada tratamiento usando el método ABTS obteniendo 15.91 y 21.60 uM ET/ml para el tratamiento con menor y mayor capacidad antioxidante respectivamente. Los 10 tratamientos fueron comparados con 10 tratamientos realizados con quinua sin germinar en las mismas condiciones; los resultados finales de aceptabilidad y capacidad antioxidante fueron ingresados al programa de diseño de mezcla <Desing-expert 11> obteniendo como tratamiento óptimo a la formulación cuya composición consistió de 81,67% de quinua negra germinada y 18,33% de quinua blanca germinada; adicionalmente se realizó el análisis proximal del tratamiento optimizado obteniendo una bebida de quinua germinada con 67.44 calorías por una porción de 200g y con 1.93% de proteínas por cada 100g de bebida.

La bebida de quinua elaborada a partir de tres variedades de quinua germinada representa una alternativa novedosa a los actuales productos bebibles que se comercializan en el Perú, por su contenido en antioxidantes y la fácil preparación.

Palabras clave: Germinados, *Chenopodium quinoa*, ABTS, Desing-expert, diseño de mezcla.

ABSTRACT

Quinoa is a grain with high protein value, vitamins and amino acids, recently popularized in international markets especially for its properties, benefits and uses in the kitchen; The objective of this study was to evaluate the effect of germination on the antioxidant capacity of three varieties of quinoa: Blanca (Salcedo INIA), red (INIA-415 Pasankalla) and negra (INIA 420-Negra Collana) in the formulation and elaboration of a drink.

A mix design was used, obtaining 10 treatments with coded levels of 0-3 for the independent variables (sprouted white quinoa, germinated red quinoa and germinated black quinoa). The proposed model consisted of 3 components and 10 treatments that had a response factor to antioxidant capacity and consumer acceptability.

The 10 treatments were subjected to a sensory acceptability test to 60 untrained panelists using the incomplete block design.

Antioxidant capacity was measured for each treatment using the ABTS method obtaining 15.91 and 21.60 uM ET / ml for the treatment with lower and higher antioxidant capacity respectively. The 10 treatments were compared with 10 treatments performed with ungerminated quinoa under the same conditions; the final results of acceptability and antioxidant capacity were entered into the mix design program <Desing-expert 11> obtaining as an optimal treatment the formulation whose composition consisted of 81.67% of black germinated quinoa and 18.33% of white germinated quinoa ; additionally, the proximal analysis of treatment was performed, obtaining a drink of sprouted quinoa with 67.44 calories for a portion of 200g and with 1.93% of proteins per 100g of drink.

The drink of quinoa made from three varieties of germinated quinoa represents a novel alternative to the current drinkable products that are marketed in Peru, for its antioxidant content and easy preparation.

Keywords: Germinated, Chenopodium quinoa, ABTS, Desing-expert, mix design.

I. INTRODUCCIÓN

La quinua es una de las especies domesticadas y cultivadas en el Perú desde épocas prehispánicas en particular en la cuenca del lago Titicaca, el cual es el principal centro de origen [1]. Las evidencias encontradas en departamento de Ayacucho, en el Perú, indicarían que su domesticación ocurrió 5000 años antes de Cristo, comprobándose durante este proceso la variación de semillas de color oscuro a blanco. Asimismo, existen hallazgos arqueológicos encontrados en sepulturas indígenas en diferentes regiones del Perú y Chile con abundante cantidad de semillas e inflorescencias y en la cerámica de la cultura Tiahuanaco (Perú), en la que se representa a la planta de quinua con varias panojas distribuidas a lo largo del tallo, lo que mostraría a una de las razas más primitivas[2].

La quinua estuvo considerada como un alimento de los pueblos andinos, antes de ser mundialmente reconocida en la década de los 70, especialmente por los vegetarianos, en virtud de sus características dietéticas [3].

Este alimento ha sido considerado por la ONU (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y la OMS (Organización Mundial de la Salud) como uno de los alimentos del futuro a nivel mundial, por su gran capacidad de adaptación agronómica, alto contenido de aminoácidos esenciales, su contribución a la seguridad alimentaria y por haber nutrido desde épocas remotas a las diversas comunidades que la cultivaron y preservaron hasta nuestros días [4].

Comparada con otros granos, la quinua es muy alta en proteínas con un 13.81% mientras que ningún alimento por sí solo puede suministrar todos los nutrientes esenciales para la vida, la quinua es igual o más completa que muchos del reino vegetal y animal [5].

Hoy en día la quinua se encuentra en supermercados, restaurantes, en la industria de alimentos en diversidad de productos y para todo tipo de consumidores. Esta difusión y desarrollo se repite en países como Inglaterra, Alemania, Dinamarca, España, Italia, Francia, Rusia, Portugal, los Himalaya, sureste de Asia y, recientemente, en el África [6,7].

Existe una proliferación de bebidas a base de plantas en el mercado, como la almendra, la soja, el arroz, el coco, el lino y el cáñamo, por nombrar algunos. La variedad sigue creciendo al igual que las ventas y el crecimiento del producto.

La bebida a base de quinua, también llamada leche de quinua representa una alternativa novedosa a los actuales productos sustitutivos de la leche que no causan efectos adversos conocidos en los seres humanos y que han aumentado el contenido de proteínas y bajos nivel de glucosa [8].

Varios estudios reportan al proceso de la germinación como una auténtica alquimia de la vida, al obtener un inmejorable alimento nutritivo y vital de primer orden que se convierten de secos y duros granos de naturaleza ligeramente acidificante para el organismo, en brotes tiernos alcalinos ricos en aminoácidos, enzimas digestivas, vitaminas, minerales; logrando alcanzar el mayor incremento de proteínas (aumento de 20%) y su mayor digestibilidad en la alimentación humana [9].

Con el desarrollo de esta bebida a partir de tres variedades de quinua germinada se procuró dar un mayor valor agregado a la quinua, al presentar una novedosa alternativa a los productos sustitutos de la leche y evaluar el efecto de la germinación de tres variedades de quinua en la formulación y elaboración de una bebida funcional.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar el efecto de la germinación de tres variedades de quinua: Roja (*INIA-415 Pasankalla*), Negra (*INIA 420 - Negra Collana*) y Blanca (*Salcedo INIA*) en la formulación, elaboración de una bebida y la variación de la capacidad antioxidante.

Objetivos específicos:

1. Desarrollar una bebida funcional a base de una mezcla de tres variedades de quinua germinada.

2. Definir la calidad nutricional mediante la composición proximal, análisis fisicoquímico y microbiológico de la bebida.

3. Definir las propiedades sensoriales de la bebida funcional.

4. Comparar la variación de la capacidad antioxidante de la bebida de quinua germinada con otra bebida de quinua sin germinar.

5. Determinar el tratamiento óptimo mediante el programa Desing-expert 11; según la capacidad antioxidante y la aceptabilidad de la bebida.

II. Marco teórico

2.1 Antecedentes

La quinua es una de las especies domesticadas y cultivadas en el Perú desde épocas prehispánicas en particular en la cuenca del lago Titicaca, el cual es el principal centro de origen. Este alimento ha sido considerado por la FAO y la OMS como uno de los alimentos del futuro a nivel mundial, por su gran capacidad de adaptación agronómica, alto contenido de aminoácidos esenciales, su contribución a la seguridad alimentaria y por haber nutrido desde épocas remotas a las diversas comunidades que la cultivaron y preservaron hasta nuestros días. El interés global generado a raíz de la declaración del 2013 como el Año Internacional de la Quinua, el "boom" gastronómico de la cocina peruana y el impulso de la industrialización de la quinua a nivel nacional generó el interés por conocer, investigar, producir y consumir este grano andino por sus reconocidas propiedades nutricionales y alimenticias; actualmente existen 3,000 variedades de quinua en Perú, cifra que se incrementaría más adelante gracias al desarrollo genético de las semillas [1,11].

Bravo y col (2013) [12] indican que los granos germinados tienen propiedades nutricionales superiores a los granos secos, refieren que el contenido de vitaminas, minerales, aminoácidos, oligoelementos, clorofila y enzimas pueden multiplicarse por varias centenas durante la germinación de la quinua; además indican un ligero incremento en proteínas de 12,94 a 13,09 mg % .En los granos de quinua germinada, el calcio incrementó considerablemente de 85,0 a 405,44 mg% después de germinado y el ácido ascórbico aumentó de 0,74 a 6,20 mg%.

Chaparro y col (2010) [13] indicaron que el proceso de germinación de quinua aumentó considerablemente la digestibilidad de 14,76 ± 0,09 a 18,83 ± 0,15 observándose un incremento en el día uno de germinación, un posterior descenso en el día dos, para finalmente repuntar en el día tres de 79,40% a 90,35%. Indican además que los procesos de germinación permiten obtener alimentos organolépticamente más agradables.

Cerezal y col (2011) [14] ,hacen referencia del contenido de proteínas en una bebida formulada a partir de algarrobo lupino y quinua obteniendo un resultado 2,2 veces mayor en relación a una bebida patrón hecha solo a base de soya, siendo capaz

de suplementar entre un 6 y 7% del total de las proteínas que requieren los preescolares de 2 a 5 años en su dieta diaria y el perfil aminoacídico de la formulación corroboró que la cantidad de aminoácidos esenciales suplementó el 3% del requerimiento diario establecido por el patrón de la FAO.

Colcha M. (2013) [15] desarrolló una bebida nutritiva a base de malteado de quinua, leche y zanahoria deshidratada con contenido energético de 1 253KJ representando el 14,95% del valor diario de una dieta de 8 380 KJ que necesita una persona. El pH que alcanzó la bebida fue de 6,41 valor que se relaciona con el de la leche pasteurizada (6,6-6,8) y una densidad de 1,0931 g/mL; la aceptabilidad de la bebida fue del 60 % presentando excelentes características sensoriales y físicas.

Casas N. (2016) [16] indica que los valores de pH de las bebidas elaboradas con harina de quinua germinada presentan un valor promedio de 6,35, superior en 9% por encima de los valores obtenidos para las bebidas de harina de quinua sin germinar y mientras mayor pH tenga la harina mayor será el pH de la bebida. Los valores de °brix para las bebidas con harina de quinua germinada son 2,08% mayores que los reportados para las bebidas de quinua sin germinar siendo un indicador de la activación enzimática que sufre la quinua durante el proceso de germinado, donde las enzimas sintetizadas convierten los almidones en azúcares, los cuales incrementan el sabor dulce de la bebida.

Pereira S. (2011) [17] Elaboró una bebida con quinua cuya composición química resultó con 1.16% de proteínas, 0.49% de extracto etéreo, 7.13% de carbohidratos, 0.26% de cenizas y un 90.96% de humedad. En función a la escala hedónica utilizada, el autor indica que al 62.66% de la población encuestada le agradó la bebida de quinua considerando los hábitos de consumo de la población.

Pineli y col. (2015) [18] trabajando con la leche de quinua obtuvieron un porcentaje de proteínas de 0.49% encontrando que las soluciones de pH más bajo (pH <6) tienen una mayor solubilidad de proteína debido a las muchas cargas positivas que provocan la repulsión de las moléculas, comprobaron que la mejor condición de fuerza iónica y pH resultó con la eliminación de saponinas y la maceración

antes de esterilizar en autoclave en solución salina acidificada para aumentar las concentraciones de proteína hasta obtener un porcentaje de proteína final de 1.16%.

Además, los lípidos presentes en la leche de quinoa de este estudio fueron 12 veces más bajos en comparación de la leche de quinoa industrializada europea.

De acuerdo a los estudios realizados, podemos decir que las diferentes variedades de quinua son una excelente fuente de proteínas, y demás componentes que al ser germinadas multiplican sus beneficios nutricionales.

2.2 Descripción botánica y agronómica

QUINUA

Especie: *Chenopodium quinoa Willdenow*

Nombres comunes:

Quechua: Quinua, Kiuna, parca.

Aimara: Supha,Jopa,Jupha,Aara,Callapi.

Español: Quinoa,Quínoa,Quinqua,Kinoa,Triguillo,Trigo inca.

Portugués: Arroz miúdo do Perú, Espinafre do Perú.

Inglés: Quinoa,Kinoa,Sweet quinoa,White quinoa,Inca rice.

Francés: Ansérine quinoa,Riz de Pérou,Petit riz de Pérou.

Aleman: Reisspinat, Peruanischer Reisspinat, Reismelde, Reis-Gerwacks.

TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA QUINUA

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Clase	Dicotiledóneas
Sub clase	Angiospermas
Orden	Centrospermales
Familia	Chenopodiaceae
Género	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie	Chenopodium quinoa Willdenow

Tomado de Vidal. 2013 (1).

La quinua es una planta herbácea anual, dicotiledónea de amplia dispersión geográfica, con características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva. Presenta enorme variación y flexibilidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y se cultiva desde el nivel del mar hasta 4 000 msnm; muy tolerante a factores climáticos adversos como sequía, heladas, salinidad de suelos entre otros que afectan al cultivo.

Su periodo vegetativo varía desde 90 hasta 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 280 mL anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4,5, hasta alcalinos con pH de 9,0. Asimismo, prospera en suelos arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillo, anaranjado granate y demás gamas que se puedan diferenciar [19].

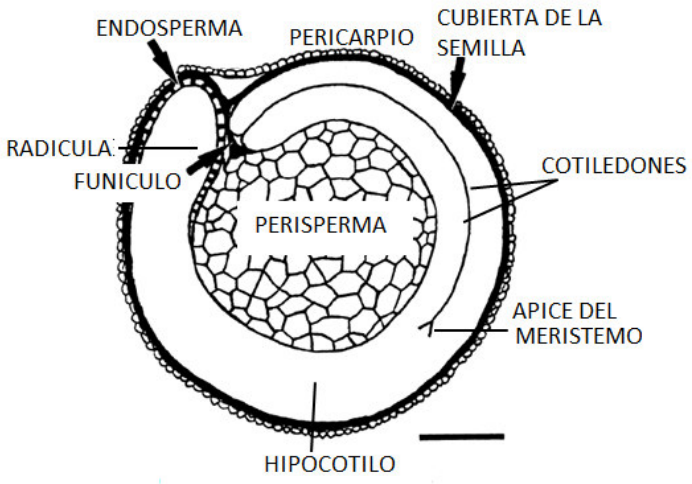


Figura 1. Estructura del grano de quinua, sección longitudinal media. Tomado de Prego.1998 (19)

a) **PLANTA:** Es erguida, alcanza alturas variables desde 0.60 a 3.00 m, dependiendo del tipo de quinua, los genotipos, de la fertilidad de los suelos y las condiciones ambientales donde crece [1].

b) **RAÍZ:** Es pivotante, vigorosa, profunda, puede alcanzar hasta 1,80 cm de profundidad, bastante ramificada y fibrosa, lo cual le confiere resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta [1].

c) **TALLO:** Es cilíndrico en el cuello de la planta y angulosos a partir de las ramificaciones, de coloración variable desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color, verde rojo o púrpura [1].

d) **HOJAS:** Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta. La lámina en la misma planta puede tener forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés [1].

e) **INFLORESCENCIA:** Es una panoja típica, constituida por un eje central y ramificaciones secundarias, terciarias y pedicelos que sostienen a los glomérulos. El eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas. La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semillas por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos de semilla por inflorescencia [2].

f) **FLORES:** Son pequeñas, con tamaño máximo de 3 mm, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, tienen 10% de polinización cruzada [1].

g) **FRUTO:** Es un aquenio, tiene forma cilíndrica- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro. Está constituido por el perigonio que envuelve

a la semilla por completo, y contiene una sola semilla, de coloración variable, la cual se desprende con facilidad a la madurez [1].

h) SEMILLA: Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando tres partes bien definidas que son:

• Episperma: En ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos.

• Embrión: Está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320º, es de color amarillo, mide 3,54 mm de longitud y 0,36 mm de ancho [1].

• Perisperma: Es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla [1].

2.3 VARIEDADES

2.3.1 Quinua negra -INIA 420 Negra Collana

1.a. **Adaptación**

Zona agroecológica Suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frio seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4˚ a 15˚C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos y a la costa peruana [1].

Tabla 1. Descripción morfológica de la quinua negra

Descripción morfológica	
Tipo de Crecimiento:	Herbáceo
Hábito de crecimiento:	Simple
Ciclo Vegetativo:	138 días para el altiplano. 115 días para valles interandinos
Altura de planta:	1,20 a 1,30 m

Tomado de Vidal 2013(1).

Tabla 2. Descripción de la panoja en quinua negra

Características de la panoja	
Color de la panoja en la floración:	Verde
Intensidad del color de la panoja en la floración:	Tenue
Color de la panoja en la madurez fisiológica:	Gris
Intensidad del color de la panoja en la madurez fisiológica:	Tenue
Forma de la panoja	Glomerulada
Número de panojas por planta:	1

Tomado de Vidal 2013(1).

Tabla 3. Descripción del grano en quinua negra

Características del grano	
Aspecto del grano:	Opaco
Color del perigonio:	Verde
Color del pericarpio:	Gris
Color del episperma:	Negro brilloso
Color del perisperma:	Blanco
Forma del borde del grano:	Afilado
Forma del grano:	Cilíndrico
Uniformidad del color del grano:	Uniforme
Latencia de la semilla:	Ausente
Diámetro del grano:	1,60 mm

Tomado de Vidal 2013(1).

2.a. **Características bromatológicas de la quinua negra.**

Valor nutricional	Cantidades
Humedad	9.88%
Proteínas	17.62%
Fibra	2.10%
Cenizas	2.13%
Grasas	5.94%
Energía	368.61%

Tomado de Proinpa 2017(4)

2.3.2 Quinua roja -INIA 415 Pasankalla

1.b. **Adaptación**

Zona agroecológica suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frio seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4˚ a 15˚C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos entre los 2750 a 3750 msnm y en costa entre los 640 y 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura franco arenoso [1].

Tabla 4. Descripción morfológica de la quinua roja

Descripción morfológica	
Tipo de Crecimiento:	Herbáceo
Hábito de crecimiento:	Simple
Ciclo Vegetativo:	144 días para el altiplano. 120 días para valles interandinos 105 días para costa.
Altura de planta:	1,30 a 1,40 m

Tomado de Vidal 2013(1).

Tabla 5. Descripción de la panoja en quinua roja

Características de la panoja	
Color de la panoja en la floración	Verde
Intensidad del color de la panoja en la floración	Tenue
Color de la panoja en la madurez fisiológica	Gris
Intensidad del color de la panoja en la madurez fisiológica	Tenue
Forma de la panoja	Glomerulada
Número de panojas por planta	1

Tomado de Vidal 2013(1).

Tabla 6. Descripción del grano en quinua roja

Características del grano	
Aspecto del grano	Opaco
Color del perigonio	Púrpura
Color del pericarpio	Plomo claro
Color del episperma	Vino oscuro
Color del perisperma	Blanco
Forma del borde del grano	Afilado
Forma del grano	Cilíndrico
Uniformidad del color del grano	Bastante uniforme
Diámetro del grano	2,10 mm

Tomado de Vidal 2013(1).

2.b. **Características bromatológicas de la quinua roja.**

Valor nutricional	Cantidades
Humedad	9.62%
Proteínas	17.83%
Fibra	3%
Cenizas	2.83%
Grasas	6.29%
Energía	364.68%

Tomado de Proinpa 2017(4)

2.3.3 Quinua blanca-SALCEDO INIA

1.c. **Adaptación**

Altiplano en la zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 y 3950 msnm, con clima semi seco frio, precipitación pluvial de 400 a 560 mm, con temperaturas de 6˚ a 17˚C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 7,8. Valles interandinos y costa de 640 a 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura arenosa [1].

Tabla 7. Descripción morfológica de la quinua blanca

Descripción morfológica	
Tipo de Crecimiento	Herbáceo
Hábito de crecimiento	Simple
Ciclo Vegetativo	150 días para el altiplano. 135 días para valles interandinos 120 días para costa.
Altura de planta:	1,48 a 1,70 m

Tomado de Vidal 2013(1).

Tabla 8. Descripción de la panoja en quinua blanca

Características de la panoja	
Color de la panoja en la floración	Verde
Intensidad del color de la panoja en la floración	Tenue
Color de la panoja en la madurez fisiológica	Blanca
Intensidad del color de la panoja en la madurez fisiológica	Tenue
Forma de la panoja	Glomerulada
Número de panojas por planta	1

Tomado de Vidal 2013(1).

Tabla 9. Descripción del grano en quinua blanca

Características del grano	
Aspecto del grano	Opaco
Color del perigonio	Verde
Color del pericarpio	Crema
Color del episperma	Blanco
Color del perisperma	Blanco
Forma del borde del grano	Afilado
Forma del grano	Cilíndrico
Uniformidad del color del grano	Bastante uniforme
Diámetro del grano	2,00 mm

Tomado de Vidal 2013(1).

2.c. **Características bromatológicas de la quinua blanca.**

Valor nutricional	Cantidades
Humedad	8.66%
Proteínas	16.23%
Fibra	1.84%
Cenizas	2%
Grasas	5.20%
Energía	372.19%

Tomado de Proinpa 2017(4)

2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE LAS 3 VARIEDADES DE QUINUA.

La quinua es un grano pequeño con un embrión bastante desarrollado (25 % del grano) en el cual se concentra una importante cantidad de proteínas [20].

La cantidad de proteína varía de acuerdo a la localidad en que se desarrolla el cultivo, fecha en que se realiza la siembra y variedad del grano [21]. Además, estudios demuestran que el porcentaje de proteína en la semilla aumenta al existir una menor cantidad de almidón, el que es acumulado según la fecha en que se siembre el grano debido a factores climáticos, y además se sabe que, al aumentar la temperatura ambiental en los cultivos disminuye la tasa de síntesis proteica [21].

En relación al contenido total de lípidos es superior al de los cereales, representando aproximadamente del 5% al 9% de su peso, de esto, contiene alrededor de un 4% de ácidos grasos, sobresaliendo algunos esenciales como el linoleico y linolénico, los que comprenden del 55% al 63% del total de los lípidos de la quinua [22].

El almidón es el mayor constituyente de este grano, con aproximadamente un 51% a 60% del peso de la semilla. Se localiza en las células del perisperma, que son de forma alargada bien definida [22].

2.5 VARIEDADES COMERCIALES DE QUINUA EN EL PERÚ

Tabla 10. Variedades comerciales de quinua y sus características

Nombre de la variedad	Eflusión de saponinas	Color de pericarpio	Color de episperma	Tamaño de grano	Zonas de producción
INIA 431 – Altiplano	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano, Costa
INIA 427 - Amarilla Sacaca	Mucha	Amarillo	Blanco	Grande	Valles Interandinos
INIA 420 - Negra Collana	Nada	Gris	Negro	Pequeño	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
INIA 415 – Pasankalla	Nada	Gris	Rojo	Mediano	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
Illpa INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Salcedo INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
Quillahuaman INIA	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Ayacuchana INIA	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interandinos
Amarilla Marangani	Mucha	Anaranjado	Blanco	Grande	Valles Interandinos
Blanca de Juli	Poca	Crema	Blanco	Pequeño	Altiplano
Blanca de Junín	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos, Costa
Cheweca	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Huacariz	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Hualhuas	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Huancayo	Regular	Crema	Crema	Mediano	Valles Interandinos
Kankolla	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Mantaro	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Rosada de Junín	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interandinos
Rosada Taraco	Mucha	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Rosada de Yanamango	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos

Tomado de Vidal 2013(1).

2.6. GERMINACIÓN

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla colocada en un ambiente adecuado, se convierte en una planta. En este proceso el embrión se hincha y rompe la cubierta de la semilla. El coleóptilo, que es la estructura que emerge inicialmente desde la semilla hacia arriba. Además, la germinación representa la técnica más efectiva para aportar a nuestro organismo energía vital concentrada; al ser consumidos los granos germinados, actúan sobre el metabolismo humano, conduciendo a una regeneración del torrente sanguíneo y de los procesos digestivos [23].

Durante el proceso de germinación los carbohidratos proteínas y grasas son transformados por lo que los germinados suelen ser más fáciles de digerir que de las semillas de donde provienen [23].

2.7 FASES DE LA GERMINACIÓN

2.7.1 Imbibición (F1).

La primera etapa de la germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla desde el medio exterior, imbibición (figura 2). La hidratación de los tejidos de la semilla es un proceso físico con una duración variable según la especie considerada.

Una vez que la semilla se ha hidratado, comienzan a activarse toda una serie de procesos metabólicos que son esenciales para que tengan lugar las siguientes etapas de la germinación. En esta fase de la germinación, si las condiciones del medio lo determinan, la semilla puede deshidratarse retornando a su estado inicial. En general, esta deshidratación no afecta negativamente a las semillas, las cuales pueden posteriormente volver a hidratarse y reiniciar el proceso de germinación. No obstante, en algunas especies, una deshidratación prolongada puede implicar la transformación de las semillas en "semillas duras", que se caracterizan porque se imbiben muy lentamente. Este fenómeno es frecuente en leguminosas [24].

2.7.2 Germinación "sensu stricto"(F2)

Una vez que la semilla se ha hidratado adecuadamente, entra en una segunda etapa del proceso de germinación, la denominada fase de germinación "sensu stricto" (en sentido estricto), que se caracteriza, entre otros hechos, porque se produce una disminución en la absorción de agua por las semillas. Durante esta etapa tiene lugar una activación generalizada del metabolismo de la semilla, lo cual es esencial para que se desarrolle la última fase del proceso de germinación, la fase de crecimiento [24].

2.7.3 Fase de crecimiento (F3)

En esta última fase de la germinación, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales.

Las semillas que han alcanzado la fase de crecimiento no pueden volver a etapas anteriores y en el caso de que las condiciones del medio no permitan que esta fase pueda seguir adelante, la semilla morirá [24].

Una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de la plántula, proceso complejo y variable según las especies, que implica un elevado gasto de energía que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla [24].

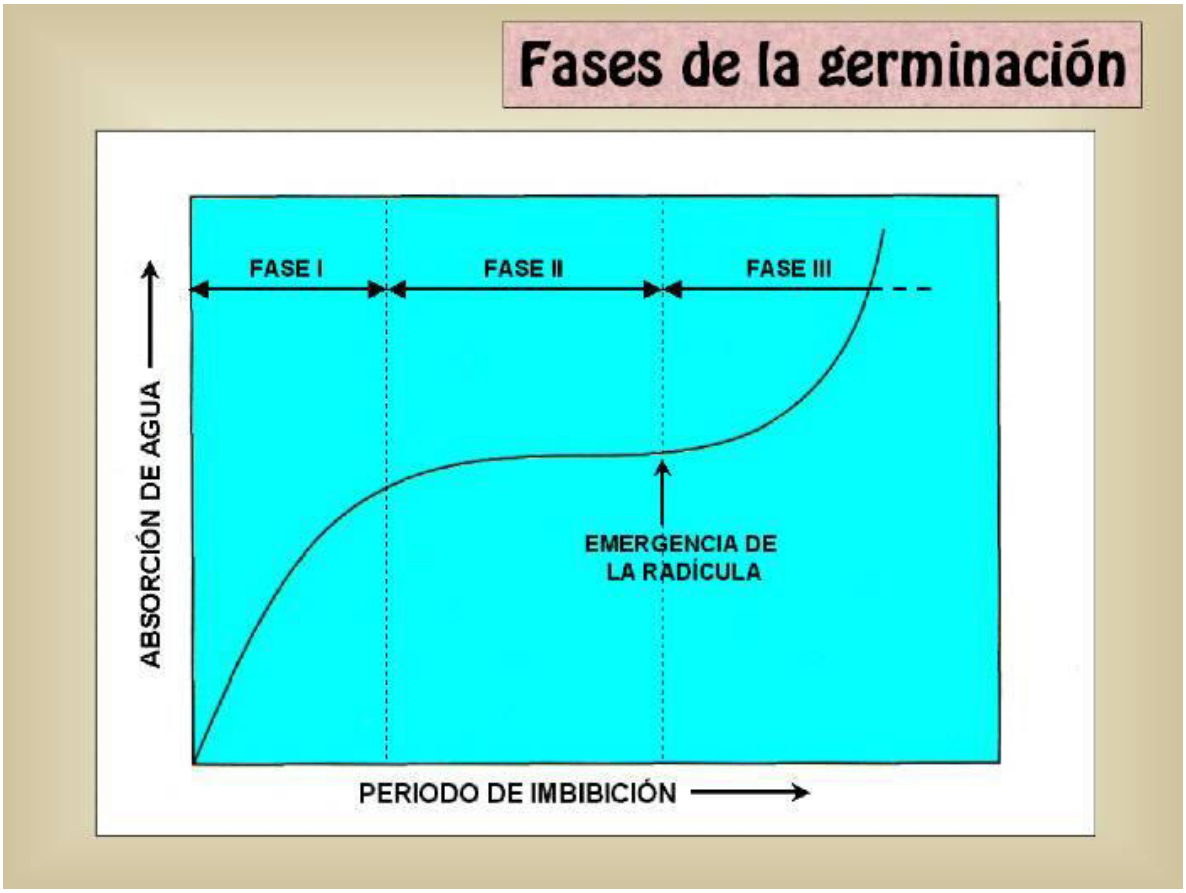


Figura 2. Esquema de las fases de la imbibición de agua por una semilla durante la germinación. Tomado de Calvaho.1893 (23).

Los acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de germinación de los cereales son [25]:

- El embrión rehidratado libera giberelinas, que se difunden hacia el endospermo a través del escutelo.
- Las giberelinas liberadas en el endospermo, al llegar a las células de la capa de aleurona, inducen la producción de enzimas hidrolíticas.
- Entre las enzimas hidrolíticas sintetizadas se encuentran las amilasas, que se difunden hacia el endospermo para hidrolizar los granos de almidón a glucosa.
- Las moléculas de glucosa liberadas son utilizadas por el embrión como fuente de energía (ATP), las cuales llegan hasta el mismo por difusión.

- Las otras enzimas hidrolíticas sintetizadas degradan las restantes reservas: proteínas, lípidos, y ácidos nucleicos. Dichas reservas son hidrolizadas a moléculas más sencillas, es decir, a aminoácidos, ácidos grasos y glicerol, y nucleótidos, respectivamente.
- Ahora, el embrión ya dispone de las moléculas estructurales y de la energía necesaria para iniciar la síntesis de sus propias moléculas.
- Finalmente, el embrión, después de diferenciarse y crecer, se convertirá en una joven plántula.

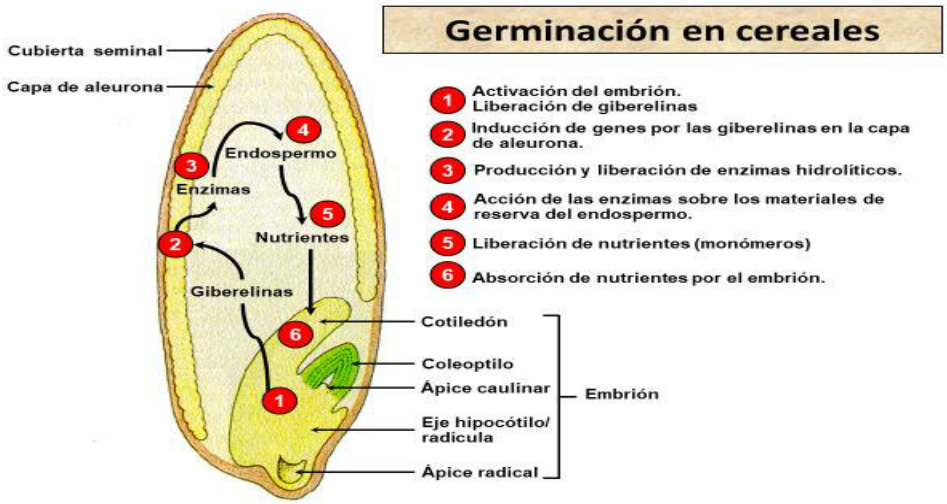


Figura.3 Acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de la germinación de los cereales. Tomado de Azcón.2017 (25).

2.8 CONTENIDO DE HUMEDAD MÍNIMO PARA QUE OCURRA LA GERMINACIÓN.

Cada especie necesita absorber un cierto mínimo de humedad para que ocurra germinación.

Se ha encontrado que las semillas con alto contenido de proteína necesitan un contenido de humedad mayor que semillas con niveles bajos de proteína; esto se puede observar en los siguientes ejemplos (Tabla 11).

Tabla 11.Contenido de humedad necesario para que ocurra la germinación de algunas semillas de especies cultivadas.

Cultivo	Contenido de humedad
Maíz (Zea mays)	30.5%
Soya (Glycine max)	50.0%
Remolacha (Beta ssp.)	31.0%
Algodón (Gossypium spp.)	50-55.0%
Higuerilla (Ricinus comunis)	32-36.0%
Arroz (Oryza sativa)	32-35.0%
Avena (Avena sativa)	32-36.0%
Maní (Arachis hypogaea)	50-55.0%

Tomado de Azcón.2017 (25).

2.9 EFECTO DE LA TEMPERATURA

El proceso de germinación, como todos los procesos fisiológicos está afectado por la temperatura. Para cada clase de semillas existe una temperatura mínima y una máxima en la que ocurre la germinación. Además, dentro del rango temperatura mínima-máxima, existe un punto en el que se obtiene máxima germinación y esta ocurre más rápidamente; este punto corresponde a la temperatura óptima. Estas temperaturas se conocen como las temperaturas cardinales de germinación [26].

2.9.1 Rango de temperaturas de germinación

1. **Temperatura mínima.**

Por debajo de esta temperatura los procesos de germinación no se pueden detectar visualmente, dentro de un período razonable de tiempo.

Bajas temperaturas, pero por encima del punto de congelación no son letales a las semillas [27].

2. **Temperatura máxima.**

Es la temperatura por encima de la cual los mecanismos de germinación no operan y por lo tanto no se da crecimiento del embrión. En contraste con la temperatura mínima, la máxima es fácil de determinar ya que temperaturas superiores a la máxima causan daños irreversibles a las semillas (excepción a esta regla son las semillas que entran en latencia a altas temperaturas [27].

3. **Temperatura óptima.**

Esta se puede definir como la temperatura a la cual se da el porcentaje máximo de germinación en un mínimo de tiempo.

Si representamos el rango de temperaturas en que ocurre germinación como línea [27].

Tabla 12. Temperaturas cardinales de algunas semillas

Cultivo	Temperatura mínima (c°).	Temperatura óptima (c°).	Temperatura máxima (c°).
Arroz	10-12	30-37	40-42
Maíz	8-10	32-35	40-44
Trigo	3-5	15-31	30-43
Tomate	20	20-35	35-40
Soya	8	32	40

Tomado de Soleil 2003 (27).

2.10 BENEFICIOS DEL USO DE LOS GERMINADOS

Los germinados proveen múltiples beneficios nutricionales y terapéuticos a quienes los consumen ya que las vitaminas, minerales, proteínas, carbohidratos, ácidos grasos y enzimas se encuentran más disponibles, combinando su consumo con una dieta balanceada ayudan a prevenir o mejorar diversas condiciones en la salud humana; los germinados son una alternativa alimenticia que contribuye con la disminución de la desnutrición en infantes, madres gestantes y madres lactantes [27].

Los germinados se consideran alimentos funcionales por ser alimentos predigeridos que facilitan su asimilación y aprovechamiento de nutrientes en el organismo; con la germinación se incrementa el contenido de antioxidantes y además se obtienen alimentos organolépticamente agradables; proporcionan cantidades importantes de fibra. Su consumo actúa sobre el metabolismo humano, conduciendo a una regeneración del torrente sanguíneo y de los procesos digestivos, debido a su alta concentración enzimática, por ser alimentos vivos que, como tales, contienen enzimas activas [28].

- Las proteínas aumentan un 20% y se descomponen en aminoácidos. El contenido proteico de la semilla queda presente en el germinado, pero de una forma más fácilmente asimilable.
- Los almidones se transforman en azúcar.
- Las enzimas como la citasa, la amilasa, y proteasa se activan y provocan una serie de transformaciones: Las sustancias de reserva son predigeridas y se transforman en ácidos aminados, algunos de los cuales son imprescindibles para el ser humano.
- Las sales minerales aumentan en cantidad, volviéndose más fáciles de asimilar.
- Se sintetizan abundantes vitaminas y fermentos. Otras vitaminas como la vitamina C se multiplican. Las sales minerales (calcio, fósforo, hierro, potasio y magnesio.
- Mejoramiento de los parámetros reológicos como la viscosidad logrando una mejor digestibilidad.

- Las grasas se transforman en ácidos grasos y el almidón en maltosa y dextrina, azúcares más simples que exigen menos esfuerzo al aparato digestivo. Así pues, se reduce la naturaleza feculosa de la semilla. Los ácidos y las toxinas que de forma natural acompañan a la semilla para su defensa, se descomponen.
- El volumen y el contenido de agua pasa de ser de un 5% a 12% en la semilla a un 70% en el germinado [28].

2.11 TENDENCIA EN BEBIDAS VEGETALES

Las bebidas vegetales aparecen como sustitutas de la leche de vaca. Éstas contienen un gran porcentaje de agua y son extractos de legumbres, aceite, semillas, cereales o pseudocereales que se asemejan a la apariencia de la leche de vaca. Existe una gran variedad de plantas tradicionales como el arroz, soja, almendra, avena, que dan lugar a bebidas vegetales en todo el mundo, la bebida de soja es el sustituto de la leche de vaca más ampliamente conocido [29].

2.11.1 Bebida de almendras

La bebida de almendras no contiene lactosa por lo que es muy digestiva, además no contiene lipoproteínas de baja densidad (LDL) lo que es beneficioso en el tratamiento de las dislipemias. Es rica en antioxidantes y minerales esenciales como el potasio y el calcio. Posee un alto contenido de vitamina E, la cual es un antioxidante natural que ayuda a prevenir el cáncer y a retrasar los procesos de envejecimiento. También, provee de vitaminas D y A, proteínas vegetales, ácidos grasos ω6, zinc, calcio, hierro, magnesio y potasio. Finalmente, tiene un alto nivel de fibra natural soluble e insoluble. De esta manera, protege la pared del intestino favoreciendo al colon. Ayuda a regular la absorción de hidratos de carbono y controla los niveles séricos de colesterol (LDL) [30].

2.11.2 Bebida de soja

Se obtiene a partir de las semillas de soja. La bebida de soja se caracteriza por ser muy digestiva en comparación con la leche de vaca ya que no contiene lactosa ni las proteínas características de la alergia a la proteína de leche de vaca (APLV). La bebida de soja es rica en calcio y además podemos enriquecerla con este

mineral. Se ha comprobado cómo la sustitución de la leche de vaca por este alimento puede reducir hasta un 20% la tasa de colesterol en sangre. La soja ha sido percibida como un alimento saludable debido a su contenido de isoflavonas y los impactos beneficiosos que aporta a la salud, sobre la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer de próstata y osteoporosis, el procesamiento influye en las propiedades nutricionales de la bebida de soja, tanto la homogenización como los procesos térmicos reducen los niveles de ácido fólico y vitaminas C, B6 y B12 [31, 32].

2.11.3 Bebida de Avena

Se entiende por bebida de avena a la bebida que contiene sólidos en suspensión de tal cereal, y se obtiene por la trituración húmeda del grano integral con agua caliente para obtener una bebida viscosa, y a su vez presenta mejor digestibilidad al ser consumida. Adicionalmente, se le pueden añadir diferentes sustancias con el objetivo de reforzar sus cualidades nutritivas. La avena contiene betaglucanos unos componentes bioactivos con diferentes actividades beneficiosas para el organismo. El betaglucano es una fibra soluble y viscosa reconocida por su importancia a nivel cardiovascular dado que produce disminución del riesgo cardiovascular. Estudios recientes mostraron que el betaglucano de avena tiene un efecto reductor sobre el colesterol LDL y la apolipoproteína B [33].

2.11.4 Bebida de arroz

Se ha empleado como sucedáneo de la leche animal y de la leche en polvo, este producto puede prepararse con harina de arroz hinchado o harina preparado en húmedo, opcionalmente se puede añadir azúcar y/o algunas sustancias aromatizantes. Sin embargo, el arroz integral proporciona una leche de mejor calidad que el arroz blanco [34].

Sin embargo, el contenido total y su valor biológico es inferior al de las proteínas lácteas, por lo tanto, si se pretende que sea un alimento completo es necesario suplementarlo con los aminoácidos esenciales en los que es deficiente. De la misma manera puede complementarse al combinarlo con alimentos de riqueza proteica como las legumbres.

2.12 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Cuando la presencia de los compuestos oxidantes es mayor a los antioxidantes se genera estrés oxidativo que ha sido relacionado con el desarrollo de diversas enfermedades y con el envejecimiento, tal como se muestra en la figura cuatro [35].

Asimismo, la presencia de antioxidantes tiene gran importancia en muchos alimentos para mantener la calidad nutricional y funcional y evitar la peroxidación lipídica que produce rancidez con la aparición de sabores inaceptables para el consumidor y disminución del tiempo de vida del producto [36].

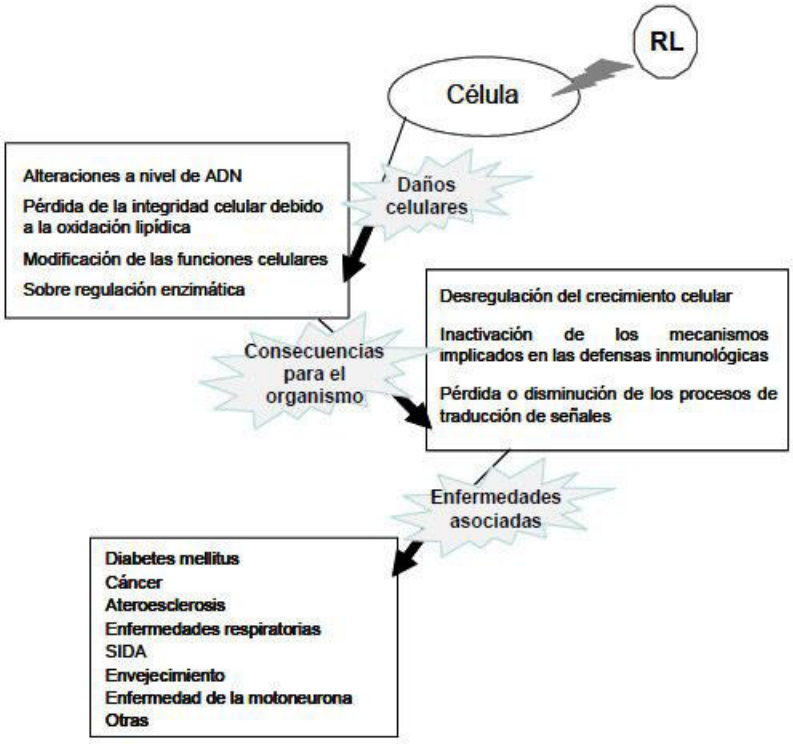


Figura 4. Generación de estrés oxidativo y su relación con enfermedades.

Tomado de Ugartondo, 2009 (37).

Se presentan diferentes métodos para poder determinar la actividad antioxidante en alimentos, ya sea in vivo o in vitro, siendo esta última una de las estrategias más utilizadas. La determinación in vitro de manera general consiste en la determinación de la capacidad antioxidante total de un compuesto, mezcla o alimento, frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical; la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración del antioxidante [38].

2.12.1 Método ABTS (Acido 2,2′-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6- sulfónico)

En este método, el producto de la oxidación del ABTS, el catión-radical de larga vida ABTS·+, se presenta como un excelente instrumento para determinar la actividad antioxidante de moléculas donadores de hidrógeno. Dicho método originalmente estaba basado en la activación de la metilmioglobina con peróxido de hidrógeno en presencia de ABTS para producir un radical catión, en presencia o ausencia de antioxidantes. Un formato más apropiado para el ensayo consiste en la técnica de decoloración, en la cual el radical es generado directamente en una forma estable antes de la reacción con los antioxidantes. La técnica mejorada para la generación del radical catión ABTS + (Figura 5), implica la producción directa del cromóforo ABTS+ verde-azul a través de la reacción entre ABTS y el persulfato de potasio (K2S2O8) [39].

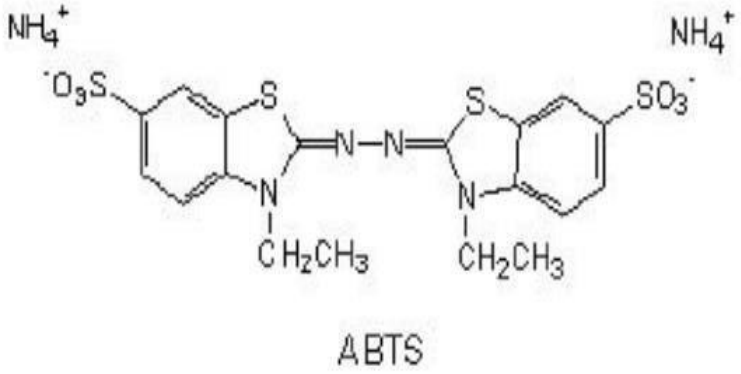


Figura 5. Radical ABTS+. Tomado de Ojha; 2012 (39).

2.13 DISEÑO DE MEZCLA

En el desarrollo e innovación de nuevos productos, en la actualidad se están utilizando metodologías que permitan obtener resultados óptimos para el procesamiento de alimentos, entre ellos se destaca la metodología de Diseño de Mezclas la cual se usan para estudiar los efectos de los componentes a partir de una mezcla sobre la variable de la respuesta [40].

2.13.1 Diseño de mezcla simplex de centroide

Este diseño es una alternativa al diseño de mezclas reticular de p componentes, si hay 2p – 1 puntos, que corresponden a las p permutaciones de (1, 0, 0, 0) las (p/2) permutaciones de (1/2,1/2, 0, …0), las (p/3) permutaciones de (1/3, 1/3, 1/3, 0, 0) y el centroide engloba (1/p2, 1/p3, 1/p). En la Figura 6 se observa el diseño simplex reticular con p=3 componentes que constan de 7 puntos.

Montgomery [40] menciona que una crítica que se le hace a estos diseños simplex es que la mayoría de las corridas ocurren en la frontera de la región y, por consiguiente, incluyen sólo p-1 de los p componentes. Suele ser deseable aumentar el diseño simplex reticular o de centroide con puntos adicionales en el interior de la región donde las mezclas estarán formadas por la totalidad de los p componentes.

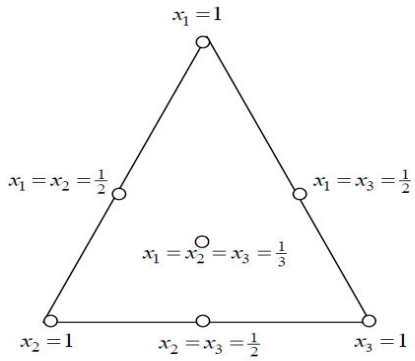


Figura 6. Diseño Simplex de Centroide p=3 .Tomado de Montgomery; 2004 (40).

2.13.2 Modelos de la mezcla

Montgomery [40], afirma que estos modelos para mezclas difieren de los polinomios usuales empleados en los diseños de superficie de respuesta debido a las restricciones Zxi = 1. Las formas estándares de los modelos para mezclas que se usan ampliamente son:

Lineal:
$(\boldsymbol{y}) = \Sigma \boldsymbol{\beta}_{iqi=1} \boldsymbol{X}_i$

Cuadrático:
$(\boldsymbol{y}) = \Sigma \boldsymbol{\beta}_{iqi=1} \boldsymbol{X}_i + \Sigma \boldsymbol{\beta}_{ijqi \leq 1 \leq j} \boldsymbol{X}_i \boldsymbol{X}$

Cúbico especial:
$(\boldsymbol{y}) = \Sigma\boldsymbol{\beta iqi} = \mathbf{1}\boldsymbol{Xi} + \Sigma\boldsymbol{\beta ijqi} \leq \mathbf{1} \leq \boldsymbol{jXiXj} + \Sigma\boldsymbol{\beta ijkqi} \leq \mathbf{1} \leq \boldsymbol{j} \leq \boldsymbol{kXiXjXk}$

Cúbico completo:
$(\boldsymbol{y}) = \Sigma\boldsymbol{\beta iqi} = \mathbf{1}\boldsymbol{Xi} + \Sigma\boldsymbol{\beta ijqi} \leq \mathbf{1} \leq \boldsymbol{jXiXj} + \Sigma\boldsymbol{voqi} \leq \mathbf{1} \leq (\boldsymbol{Xi} - \boldsymbol{Xj}) + \Sigma\boldsymbol{\beta ijkqi} \leq \mathbf{1} \leq \boldsymbol{j} \leq \boldsymbol{kXiXjXk}$

Donde:
q: Número total de componentes de la mezcla.

2.13.3 Ubicación de los puntos de prueba

Los diseños simplex reticular y simplex centroide son diseños de puntos frontera, si el experimentador quiere hacer predicciones acerca de las propiedades de mezcla completas, sería muy deseable contar con más corridas en el interior del simplex. Se recomienda aumentar los diseños simplex centroide ordinarios con corridas axiales y el centroide global. El diseño derivado de este aumento toma el nombre de diseño de mezclas simplex con centroide ampliado. En la Figura 7, se presenta el diseño simplex centroide (3,2) aumentado con los puntos axiales para una mezcla de 3 componentes. El diseño tiene 10 puntos, con cuatro de ellos en el interior del diseño simplex.

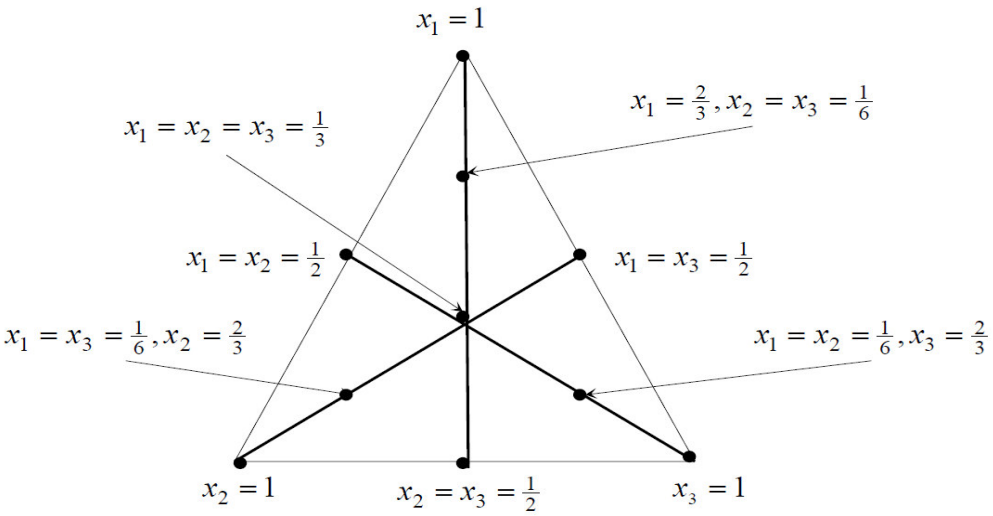


Figura 7. Diseño simplex centroide P= (3,2) aumentado con los puntos axiales para una mezcla de 3 componentes. Tomado de Montgomery.2004 (40).

Montgomery, menciona que el diseño de mezcla simplex con centroide ampliado es superior para estudiar la respuesta de mezclas completas en el sentido de que puede detectar y modelar la curvatura en el interior del triángulo que no puede tomarse en consideración por los términos del modelo cúbico completo. También afirma que tiene más potencia para detectar la falta de ajuste. El modelo es de particular utilidad cuando el experimentador no está seguro del modelo apropiado que debe usar. Planea construir un modelo secuencial, empezando con un polígono simple (quizá de primer orden), probar el modelo para la falta de ajuste, después aumentar el modelo con términos de órdenes superiores, probar el nuevo modelo para la falta de ajuste y así sucesivamente.

En el caso de 3 componentes, Hare (1974) recomienda un diseño de 10 puntos de prueba, el cual coincide con el diseño de mezclas simplex con centroide ampliado, los puntos experimentales se muestran en la tabla 13, los puntos 1, 2 y 3, cada uno representa el 100 % de un componente; los puntos 4, 5 y 6 representan la combinación del 50 % del par de cada componente; el punto central, 7, representa las cantidades iguales para cada componente. También, existen 3 puntos axiales internos, 8, 9 y 10, que representan el 66.6 % y 16.6 % para cada uno de los 2 componentes [41].

Tabla 13. Diseño de 10 puntos para la formulación de la bebida de quinua germinada.

Pruebas N°	Componentes					
	X_1	X_1(%)	X_2	X_2(%)	X_3	X_3(%)
T_1	1	100	0	0	0	0
T_2	0	0	1	100	0	0
T_3	0	0	0	0	1	100
T_4	½	50	1/2	50	0	0
T_5	½	50	0		1/2	50
T_6	0	0	1/2	50	1/2	50
T_7	1/3	33.33	1/3	33.33	1/3	33.33
T_8	2/3	66.66	1/6	16.67	1/6	16.67
T_9	1/6	16.67	2/3	66.66	1/6	16.67
T_{10}	1/6	16.67	1/6	16.67	2/3	66.66

Puntos del diseño de mezcla. Tomado de Hare.1974 (41).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en los laboratorios siguientes:

Laboratorio de la empresa Andes Alimentos y Bebidas. Lurín-Lima.

Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Lima.

Laboratorio de Química aplicada de la Universidad Agraria la Molina. La Molina-Lima.

Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA GERMINACIÓN DE LAS 3 VARIEDADES DE QUINUA.

MATERIALES

- Quinua roja (INIA-415 Pasankalla)
- Quinua negra (INIA 420 - Negra Collana)
- Quinua blanca (Salcedo INIA)
- Agua potable
- Agua destilada
- Desinfectante líquido Saniquat 500®
- Bandejas de metal acero inoxidable
- Beacker
- Matraz

EQUIPOS

- Termohigrómetro marca Traceable 4040®
- Balanza analítica marca Henkel KG47293.
- Detector de humedad marca Radwag PMC 50
- Tamices (1.31mm, 1.18mm y 1.0mm) marca Raftmann ML 712-4
- Incubadora digital JSB Mod.220

3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La bebida se elaboró a partir de 3 variedades de quinua procedentes de la ciudad de Ayacucho y Junín respectivamente, dicha materia prima fue conferida por la empresa Andes Alimentos.

La materia prima fue recibida como producto terminado, es decir libre de saponinas, piedras, terrones, pajillas y otras impurezas.

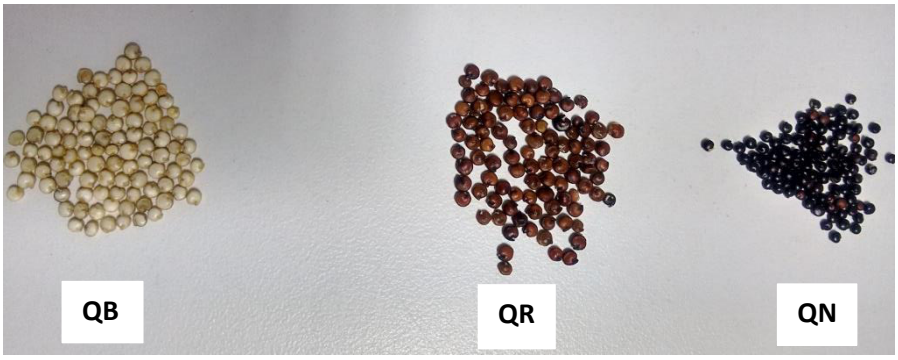


Figura 8. Semillas de las 3 variedades de quinua.

3.3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

A) GRANULOMETRÍA

En la caracterización física de las tres variedades de quinua se realizó un análisis granulométrico para determinar el tamaño de cada quinua [42], para tal efecto se usaron tres tamices de diferentes medidas; número 14, 16 y 18 con diámetros de 1.31mm, 1.18mm y 1.0mm respectivamente; los mismos que fueron colocados en un tamizador vibratorio de la marca Raftmann ML 712-4 por un tiempo de 5 minutos.



Figura 9. Tamiz vibratorio eléctrico y tamiz de ensayo.

A) HUMEDAD

La determinación de la humedad se realizó utilizando un medidor de humedad de marca Radwag PMC 50 colocando 2 g de cada variedad de quinua debidamente molida en su interior[42]; el tiempo de acción dependió de la variedad y de la cantidad de agua presente en cada variedad.



Figura 10. Detector de humedad.

B) SAPONINAS

La determinación de saponinas se realizó usando el método de la espuma (Afrosimétrico) mostrado en la norma técnica peruana de la quinua 205.062:2014 [42] el cual nos indica pesar 0,5 g +-0,02g de granos de quinua y agregarle 5mL de agua destilada dentro de un tubo de ensayo, tapar agitando vigorosamente durante 30 segundos; dejar el tubo en reposo durante 30 minutos y luego sacudir nuevamente durante 30 segundos.

Se dejó reposar el tubo durante 5 minutos, luego se midió la altura de la espuma con aproximación al 0,1 cm.

El contenido de saponinas de la quinua en grano, expresado en porcentaje, se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$Ps = \frac{(0.646\text{x H}) - 0.104}{\text{mx10}}$$

Donde:

Ps: contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje de masa.

H: Altura de la espuma en cm.

m: Masa de la muestra en g.

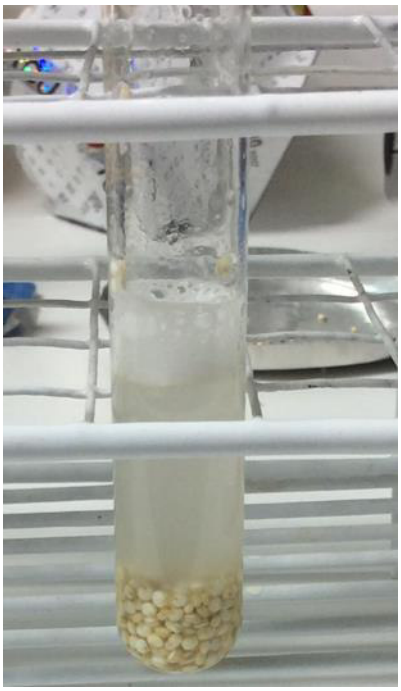


Figura 11. Método afrosimétrico para determinación de saponinas.

3.4 ESTANDARIZACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE LAS 3 VARIEDADES DE QUINUA

La germinación se llevó a cabo siguiendo el procedimiento de Donkor 2012 [43]; se pesaron 250g de cada variedad de quinua y se procedieron a desinfectar por 2 minutos sumergiéndolo en una solución de agua y un desinfectante catiónico saniquat 500® (30mL/L), posteriormente se procedió a enjuagar el producto para eliminar el desinfectante residual.

Los granos desinfectados se sumergieron en agua durante 3 horas a temperatura ambiente para la activación de las semillas; pasado el tiempo se colocaron en bandejas estériles cada variedad por separado. Se incubaron a 30 °C en la oscuridad durante 48 horas.

La humedad relativa se mantuvo al 98% rociando agua durante 15 minutos a intervalos de 12 horas. Los granos se airearon a mano una vez cada 5 h. El tiempo total de germinación incluyó el tiempo desde el ingreso de la quinua a la incubadora, transcurrido el tiempo las muestras se lavaron con agua destilada y se almacenaron a 18ºC para su posterior uso.

Fue necesario la estandarización más apropiada para la germinación de las semillas de quinua para obtener resultados óptimos, por el tiempo de la germinación para cada variedad se realizó en 48 horas, tiempo en que el incremento de la concentración de la proteína sería mayor, de acuerdo a la investigación de Chaparro 2010 [44].

3.5 MATERIALES, EQUIPOS Y ADITIVOS PARA LA FORMULACIÓN DE LA BEBIDA DE TRES VARIEDADES DE QUINUA.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó tres variedades de quinua: Roja (*INIA-415 Pasankalla*), Negra (*INIA 420 - Negra Collana*) y Blanca (*Salcedo INIA*) procedentes de las ciudades de Ayacucho y Junín que fueron proporcionadas por la empresa Andes Alimentos y Bebidas ya que dicha institución trabaja con la exportación de estos granos andinos de manera tal que aseguramos la calidad óptima del producto, entendiéndose como tal, la integridad de sus características nutricionales, sanidad ,apariencia adecuada y excelentes cualidades sensoriales.

MATERIALES

- Quinua roja (*INIA-415 Pasankalla*)
- Quinua negra (*INIA 420 - Negra Collana*)
- Quinua blanca (*Salcedo INIA*)
- Agua potable

INGREDIENTES

- Azúcar blanca
- Saborizante de vainilla en polvo 06324/P marca Frutarom.

ADITIVOS

- Sorbato de potasio

EQUIPOS

- Balanza analítica marca Henkel KG47293.
- Determinador de humedad marca Radwag PMC 50
- Estufa digital marca TSB Mod. 220
- Refrigerador Samsung.
- Cronómetro
- Potenciómetro marca Biolab PHS-3BW
- Refractómetro ATC GM-RHW032

- Termómetro
- Autoclave modelo digital JSB 556
- Licuadora marca Philips HR3652

MATERIALES DE LABORATORIO Y OTROS

- Vasos precipitados
- Tubos de ensayo
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta
- Bureta
- Embudo de vidrio
- Materiales para el análisis sensorial
- Materiales de limpieza
- Mortero y pilón
- Papel aluminio
- Bandejas de acero inoxidable
- Pipetas volumétricas
- Puntas desechables
- Utensilios de cocina de acero inoxidable

MEDIOS DE CULTIVO

-Placas compac Dry para recuento de aerobios mesófilos- Validación ISO 16140

-Placas compac Dry para recuento de E.Coli- Validación ISO 16140

-Placas compac Dry para recuento de mohos y levaduras - Validación ISO 16140

-Método rápido para la determinación de Salmonellas 1-2 Test ®-AOAC Official Method: 989.13

-Agua de peptona al 0,1%

-Caldo lactosado

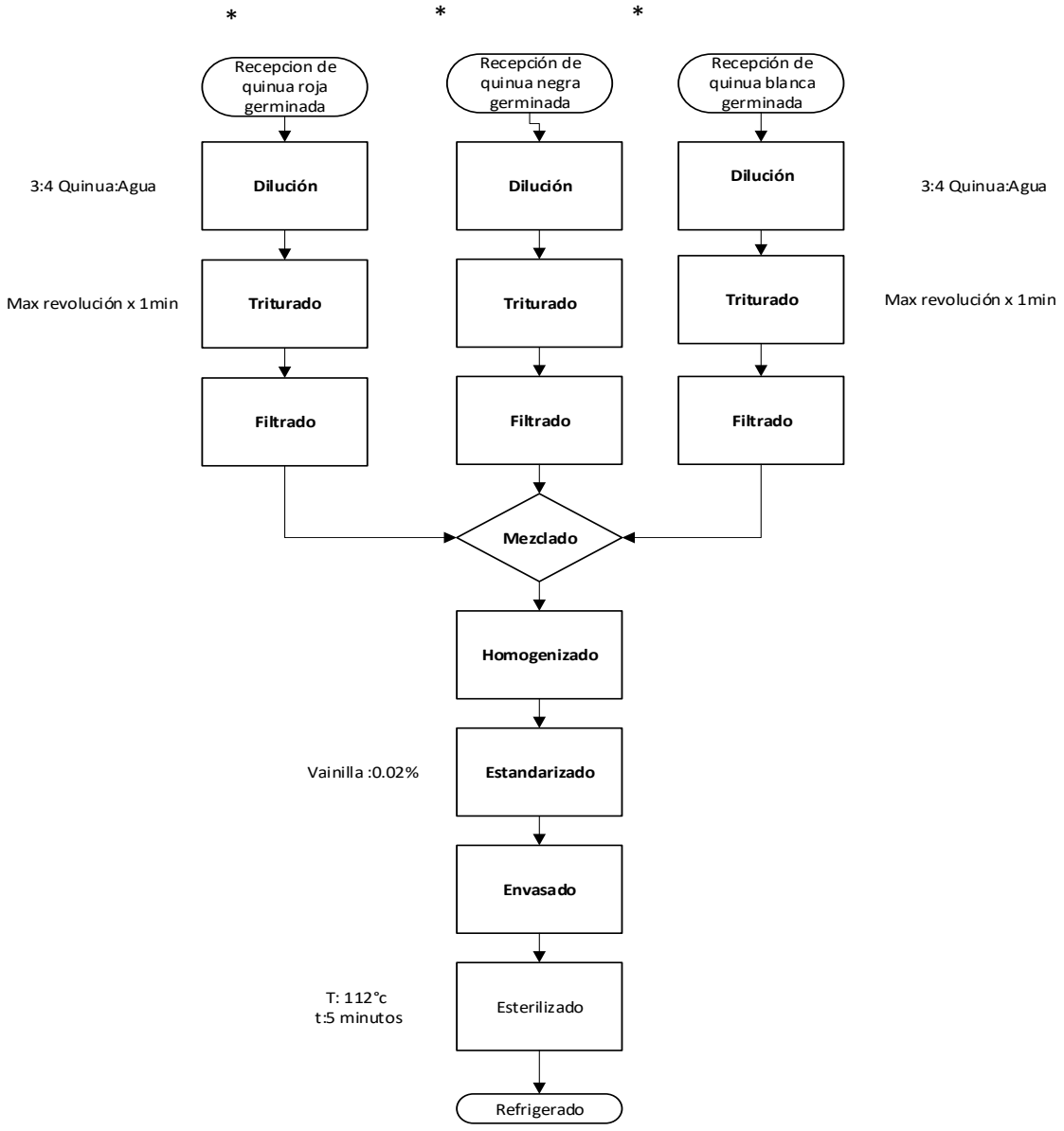
3.6 FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA BEBIDA A PARTIR DE LAS 3 VARIEDADES DE QUINUA GERMINADA.

3.6.1 MANEJO DEL EXPERIMENTO.

La bebida se elaboró con tres variedades de quinua: Roja (*INIA-415 Pasankalla*), Negra (*INIA 420 - Negra Collana*) y Blanca (*Salcedo INIA*) procedentes de las ciudades de Ayacucho y Junín.

*El diagrama de flujo presentado, también fue utilizado en la formulación de la bebida de quinua sin germinar para la comparación de actividades antioxidantes.

Figura 12. Proceso de elaboración de bebida de quinua



Fuente: Elaboración propia

3.7 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.

El producto se elaboró a escala de piloto en el laboratorio de la empresa Andes Alimentos y Bebidas cumpliendo con estrictas normas de limpieza e inocuidad alimentaria. Se adaptó el procedimiento de Pineli (2015) en la descripción del experimento para la dilución, triturado, filtrado, mezclado, homogenizado, estandarizado y esterilizado [18].

3.7.1 Recepción de la materia prima germinada

En este procedimiento se utilizó la materia prima previamente germinada, limpia y exenta de material extraño.

3.7.2 Dilución

Concluido el proceso de recepción se diluyó la materia utilizando la proporción 3:4, es decir por cada 3 kilos de quinua germinada se usó 4 litros de agua.

Las mismas proporciones fueron usadas para las 3 variedades.

3.7.3 Triturado

Para tal efecto, se utilizó una licuadora marca Philips HR3652 CON 1400W de potencia y 35000 RPM. Se agregó el producto en su máxima revolución durante 1 minuto usando el mismo intervalo de tiempo para las tres variedades.

3.7.4 Filtrado

La filtración del producto se realizó usando tela de algodón nueva y limpia para eliminar la cascarilla propia de la quinua. Así mismo fue de utilidad el uso de un embudo de vidrio de la marca Boeco Germany.

En el caso de la quinua negra y roja fue necesario realizar un doble filtrado de acuerdo a la variedad.

3.7.5 Mezclado

La mezcla de los productos finales se realizó utilizando la tabla n°13 obteniendo en total 10 mezclas diferentes de acuerdo al porcentaje indicado para cada prueba.

3.7.6 Homogenizado

En este proceso la bebida obtenida del proceso de filtración se agitó para evitar la sedimentación del producto y además de mantener al producto completamente uniforme.

3.7.7 Estandarizado

En el proceso de estandarizado se procedió a adicionar el saborizante en polvo de vainilla 06324/P de la marca Frutarom, en una cantidad del 0.02% en volumen como indica su ficha técnica.

3.7.8 Envasado

Se utilizaron envases de vidrio transparente con capacidad de 500 ml cada uno previamente higienizados. El llenado de las bebidas se realizó en frio.

3.7.9 Esterilizado

La mezcla se esterilizó en un autoclave modelo digital JSB 556 a 120 grados centigrados durante 5 minutos para cocinar y gelatinizar el almidón.

3.7.10 Refrigerado

Las bebidas envasadas fueron enfriadas y refrigeradas a 8 grados Celsius hasta su consumo.

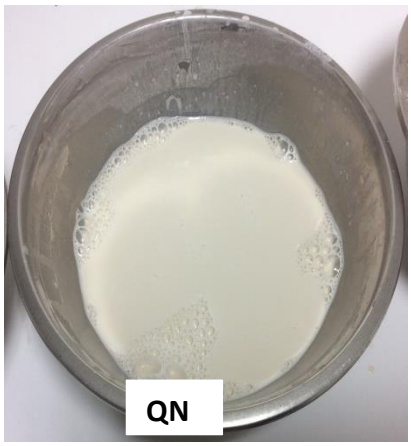
Figura 13. Proceso de filtrado de la bebida de quinua germinada.

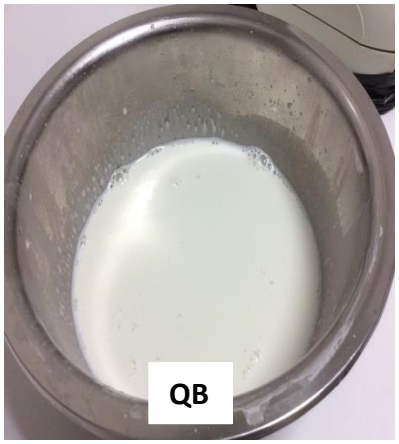


Filtrado del producto

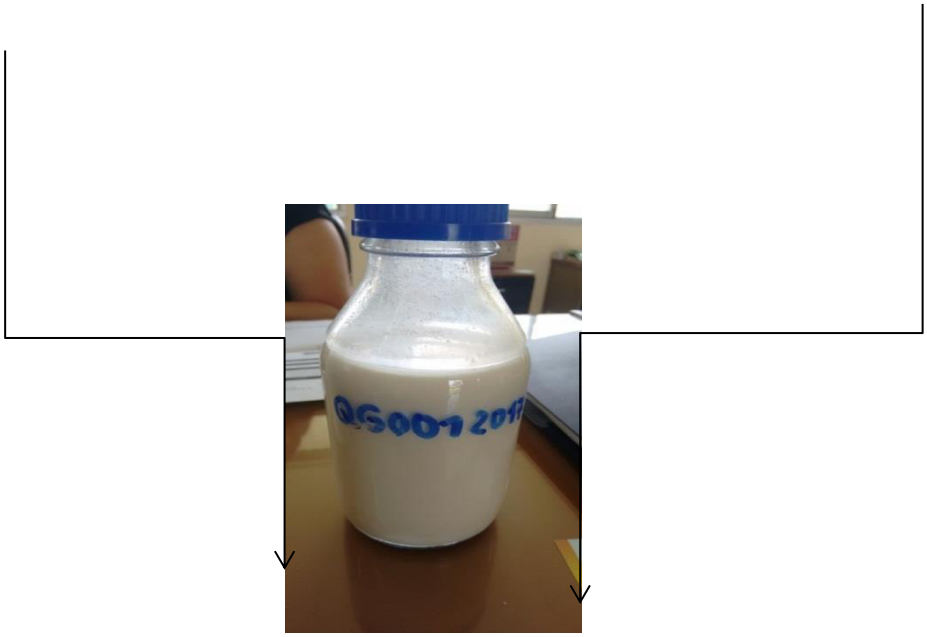


Filtrado con embudo









3.8 DISEÑO ESTADÍSTICO

Para determinar las diferencias estadísticas en la capacidad antioxidante y aceptabilidad de la bebida funcional se aplicó el diseño de mezclas [41], en la tabla 14 se pueden apreciar la utilización de los niveles codificados de 0-1 para las variables independientes (quinua blanca germinada, quinua roja germinada y quinua negra germinada).

El modelo propuesto consta de 3 componentes (3 variedades de quinua) y 10 tratamientos.

Tabla 14. Variables independientes, las codificaciones y valores usados para la optimización.

Variables independientes	Rangos
E1: Quinua blanca germinada **£$_1$**	$0<X_1<$ ó 100%
E2: Quinua roja germinada £$_2$	$0<X_2<$ ó 100%
E3: Quinua negra germinada £$_3$	$0<X_3<$ ó 100%

Nota: £1, £2, £3 son variables codificadas.

Tabla 15. Diseño de mezclas para el proceso de elaboración de la bebida funcional a partir de tres variedades de quinua germinada.

Pruebas N°	Componentes						Variables dependientes	
	X_1	£1 (%)	X_2	£2(%)	X_3	£3(%)	Capacidad antioxidante	aceptabilidad
T_1	1	100	0	0	0	0		
T_2	0	0	1	100	0	0		
T_3	0	0	0	0	1	100		
T_4	1/2	50	1/2	50	0	0		
T_5	1/2	50	0	0	1/2	50		
T_6	0	0	1/2	50	1/2	50		
T_7	1/3	33.33	1/3	33.33	1/3	33.33		
T_8	2/3	66.66	1/6	16.67	1/6	16.67		
T_9	1/6	16.67	2/3	66.66	1/6	16.67		
T_{10}	1/6	16.67	1/6	16.67	2/3	66.66		

Nota: £1, £2, £3 son variables codificada independiente

3.9 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÌMICA Y NUTRICIONAL DE LA BEBIDA

3.9.1 ANÁLISIS FISICO-QUÍMICO

a) Medición de pH

El pH de la bebida de quinua fue medido a través de un Potenciómetro digital marca Biolab PG38W por el método NMKL 179:2005-Principio de potenciometría.

b) Sólidos solubles

Los sólidos solubles fueron medidos a través de grados brix, con la ayuda de un brixometro de la marca ATC GM-RHW032 por el método AOAC 983.17.

3.9.2 ANÁLISIS NUTRICIONAL

Se realizó la determinación del contenido de proteína cruda, cenizas totales, grasa, humedad, carbohidratos y energía total con los siguientes métodos:

-Proteínas: Método AOAC 920.152. Kjeldahl

-Cenizas totales: Método AOAC 940.26. Ash of Fruits and Fruit Products

-Grasas: Método AOAC 905.02. Fat in Milk

-Humedad: Método AOAC 925.45. Moisture

-Carbohidratos: Calculo MS-INN Collazos 1993.

3.9.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizaron los siguientes análisis microbiológicos: E.coli, Coliformes totales, Aerobios mesófilos, Mohos, levaduras y Salmonellas sp de acuerdo a la norma sanitaria para los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, RM N° 615-2003 SA/DM) [45].

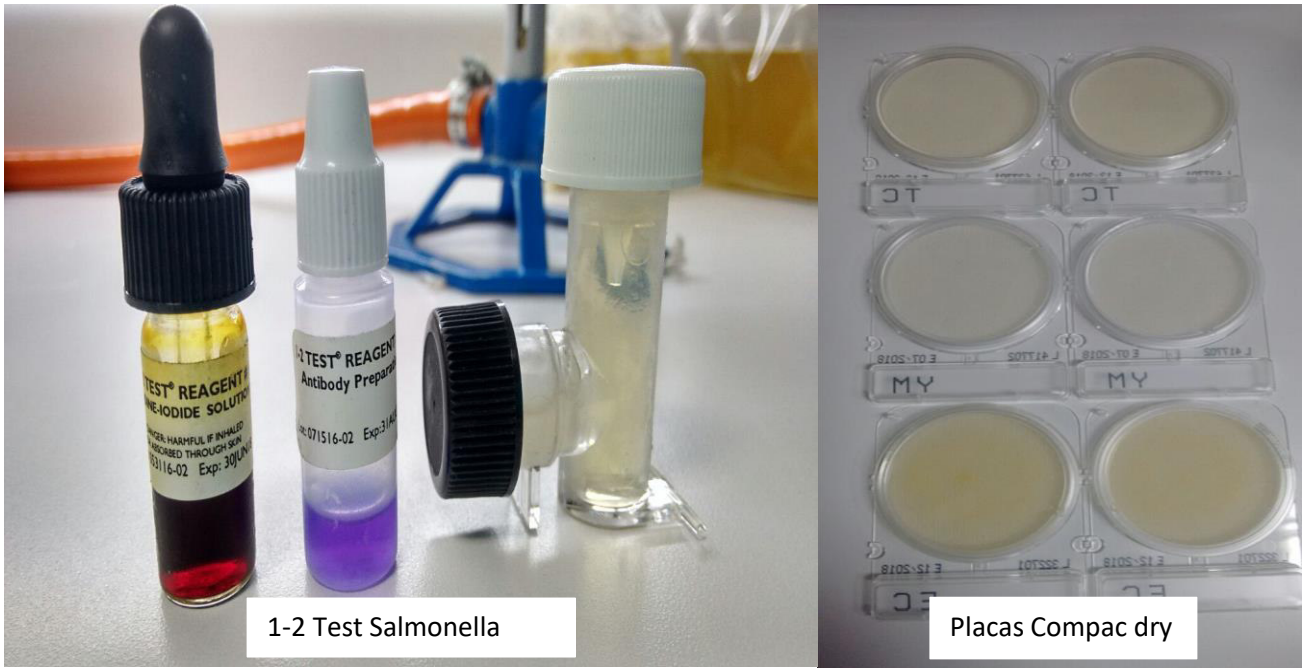
3.9.4 Métodos:

- Mohos y levaduras: AOAC 997.02 Yeast and mold Count in foods 20 th Ed.2016.
- Aerobios mesófilos: ICMSF 2a edición. Pag.120-124.Traduccion versión original 1978. Microorganismos de los alimentos 1. Enumeración de microorganismos mesófilos. Recuento en placa. Método1.
- Coliformes totales: AOAC 991.14.20th Edition.2016 Coliform and Escherichia coli counts in foods.Dry rehydratable film (Petrifilm E.coli/coliform Count plate and Petrifilm coliform count plate) Methods.
- Escheria coli: AOAC 991.14.20th Edition.2016 Coliform and Escherichia coli counts in foods.Dry rehydratable film (Petrifilm E.coli/coliform Count plate and Petrifilm coliform count plate) Methods.
- Detección de salmonella: Método oficial AOAC 989.13 Motile Salmonella in all foods,inmunodiffusion (1-2 Test) Method.

Para tal efecto se utilizó los kit rápidos, placas compac dry EC para detección y diferenciación entre bacterias Coliformes y E.coli; compac dry YM que permiten distinguir entre levaduras y hongos; compac dry TC para la detección de bacterias aerobias mesófilas. Todas las pruebas se realizaron con una repetición x 2 para cada procedimiento.

Para la detección de Salmonella sp se usó el kit rápido 1-2 Test Salmonella realizando una repetición x2 para nuestra muestra final.

Figura 14. Métodos rápidos para la detección microbiológica en el producto.



3.10 ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD

El análisis de aceptabilidad se realizó utilizando un diseño de ordenamiento de bloques incompletos; y la prueba de Durbin con un total de 60 personas encuestadas de diferentes sexos y edades [46].

El grado de aceptación fue consultado de acuerdo a la escala hedónica presentada de 7 niveles detallados a continuación:

Tabla 16. Escala hedónica utilizada

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

Tomado de Ibañez.2001 (46)

3.11 PRUEBA DE ORDENAMIENTO

Las pruebas preliminares de ordenamiento para clasificar de mayor a menor aceptabilidad se realizaron a los 10 tratamientos elaborados con diferentes contenidos de quinua germinada empleados, Quinua blanca (QB), quinua roja (QR) y quinua negra (QN), en las relaciones siguientes: T1: QB: 100% ,T2: QR: 100%, T3: QN: 100%, T4: QB: QR-50%:50%, T5: QB: QN-50%:50%, T6: QR: QN-50%:50%, T7: QB: QR: QN-33.33%:33.33%:33.33%, T8: QB: QR: QN-66.66%-16.67%-16.67%, T9: QB: QR: QN-16.67%-66.66%-16.67%, T10: QB: QR: QN-16.67%-16.67%-66.66.

3.12 PRUEBA DE DURBIN

Esta prueba se utiliza cuando los datos están arreglados en un diseño de bloques incompletos y deben cumplir las siguientes asunciones:

a) Los bloques son mutuamente independientes.
b) Dentro de cada uno de los bloques las observaciones pueden ser arreglados en orden decreciente de acuerdo a algún criterio de interés. (Un número moderado de empates pueden ser tolerables).

Los parámetros obtenidos para este experimento fueron los siguientes:

Tabla 17. Parámetros obtenidos en la prueba de Durbin.

Parámetros DBIB	
t (Tratamientos o muestras)	10
k (Tamaño de bloque)	4
b (número de bloques o jueces)	60
r (número de repeticiones por muestra)	24
λ (número de bloques en el cual el i-esimo tratamiento y el j-esimo tratamiento aparecen juntos	8

Fuente: Elaboración propia

a) Estadístico de prueba

$$T = \frac{12(t-1)}{rt(k-1)(k+1)} \sum_{i=t} R_i^2 - 3\,\frac{r(t-1)(k+1)}{k-1}$$

b) Prueba de comparaciones múltiples:

$$D = t_{(1-\alpha/2\ ,\ bk-t-b+1)} \sqrt{\frac{r(k+1)(k-1)[bk(t-1)-tT]}{6(t-1)(bk-t-b+1)}}$$

- Criterios de decisión:

SI: $|R_1 - R_2| > D$ Se rechaza la Hp

SI: $|R_1 - R_2| \leq D$ Se acepta la Hp

3.13 EVALUACIÓN SENSORIAL

3.13.1 Análisis descriptivo

El estudio se realizó en 3 sesiones de 20 a 40 min; las muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos se presentaron en una forma monódica siguiendo un orden equilibrado de presentación para evitar sesgos. Las evaluaciones se realizaron en el laboratorio de procesos tecnológicos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica. Se usó agua mineral para limpiar el paladar de los evaluadores.

3.13.2 Selección de candidatos

La proyección se llevó a cabo en tres etapas: reconocimiento de sabores básicos (RBT), reconocimiento de olores básicos (RBO) y secuenciales análisis de Wald (SAW).

Para el RBT, se prepararon diferentes soluciones para el reconocimiento de sabores dulces, salados, umami, amargos y amargos [48]. Las soluciones se presentaron en vasos desechables en dos series de la misma solución. Los candidatos con ≥75% de las respuestas correctas fueron seleccionados para pasar a la siguiente etapa. Para el RBO, se utilizó extracto de vainilla, avena diluida, maicena diluida, vainilla y agua.

Los candidatos recibieron las muestras en dos series, y se les pidió que los identificaran y relacionaran. Los candidatos con ≥65% de identificación correcta pasó a la siguiente etapa.

3.13.3 Generación de descriptores y referencias

El léxico de los descriptores sensoriales se generó mediante el método rejilla de Kelly usando la muestra óptima de la bebida de quinua germinada presentada en tríadas. Los participantes recibieron 6 tríadas en dos sesiones de aproximadamente 30 minutos (3 tríadas por sesión). Se pidió a los evaluadores que describieran las similitudes entre las dos primeras muestras y las diferencias con respecto a las terceras muestras basadas en aroma, sabor y textura.

3.13.4 Evaluación final

El panel estaba compuesto por 8 evaluadores capacitados, los cuales consideraron siete atributos sensoriales en tres repeticiones usando una escala no estructurada de 10 cm y los mismos anclajes de la etapa de entrenamiento.

La figura 15 representa los anclajes utilizados para determinar el atributo sensorial del color de la bebida, se utilizó como ancla ausencia a la maicena disuelta en agua y como ancla intensa al extracto de vainilla disuelto en agua.

La figura 16 representa los anclajes utilizados para determinar el atributo sensorial apariencia general, se utilizó como ancla ausencia a la dilución de avena en agua y como ancla intensa a la maicena disuelta en agua.



Figura 15. Anclas para el atributo sensorial del color.



Figura 16. Anclas para los atributos sensoriales.

3.14 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Método ABTS

Este método es uno de los más utilizados para determinar la actividad antioxidante, fue reportado y desarrollado por Re y col. (1999) [49], y se fundamenta en la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical catión coloreado ABTS+, el cual es formado previamente por la oxidación del ABTS (Acido 2,2′-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6- sulfónico) en persulfato de potasio, (Figura 17).

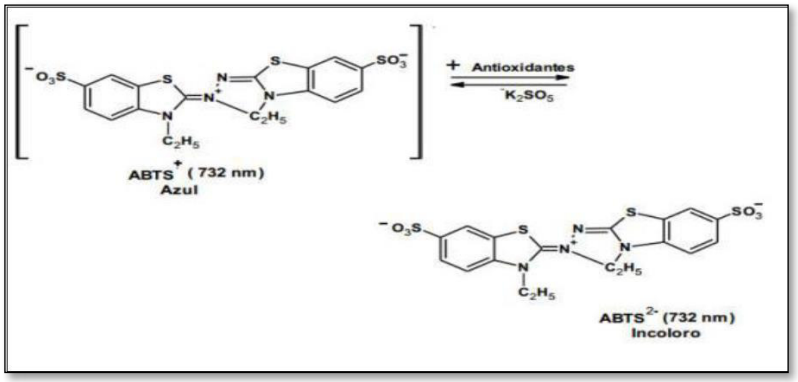


Figura 17. Estructura del ABTS•+ antes y después de la reacción con el antioxidante. Tomado de Re.1999 (49).

La determinación de la capacidad antioxidante equivalente en Trolox (TEAC) se evalúo utilizando el método del ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS, por sus siglas en inglés) descrito por Floegel *et al.,* (2011) [50]. El método se modificó para ser adaptado usando un espectrofotómetro de marca Zuzi 4255- HJD004, se pesó 15.52 mg del reactivo ABTS y se disolvió en 4mL de agua destilada, a la solución se le agregó 2.64 mg de persulfato de potasio (K2S2O8) dejando reaccionar por 16 horas a temperatura ambiente y en un frasco ámbar.

La solución de trabajo final se preparó con etanol absoluto a una absorbancia de 0.700 ±0.02 y longitud de onda de 754 nm.

Posteriormente para cada tratamiento se pesaron 2.5 g de muestra y 12.5 mL de etanol absoluto y se centrifugó por 20 minutos a 5000 rpm, pasado el tiempo se midió la absorbancia en el espectrofotómetro a 754 nm. Las absorbancias se registraron a los 10 min de reacción y por triplicado.

El porcentaje de inhibición de la absorbancia se calculó de acuerdo con la ecuación (1).

$$\text{Inhibición}\,(\%) = 100 \times (1 - A_{\text{muestra}}/A_{\text{control}}) \qquad (1)$$

3.15 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Los ensayos de capacidad antioxidante se realizaron por triplicado, así mismo para los resultados de aceptabilidad, pH y grados Brix. Los resultados obtenidos se expresaron como la media ± desviación estándar. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

Se consideraron significativos valores de $p<0.05$ y para el análisis estadístico se utilizó el programa informático Minitab18 Statistical Software de comparación múltiple.

Para el caso de la optimización de la bebida se utilizó el programa de diseño de mezcla <Desing-expert 11> considerándose modelos cuadráticos significativos los valores de R^2: 0.9723.

IV. RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

a) Granulometría

De acuerdo con la norma técnica peruana de la quinua 205.062:2014 [42]; la calidad del grano se clasifica según el porcentaje de granos retenidos en malla el cual es directamente proporcional al tamaño:

Grano pequeño: Retenido en malla 14, 30-50%

Grano mediano: Retenido en malla 14, 50-80%

Grano grande: Retenido en malla 14, 80-90%

La tabla número 18 indica el porcentaje de retención en malla para cada variedad de quinua, para la quinua negra se consideró como calidad grano pequeño debido a la retención resultante en la malla 14 de 1.31mm de espesor siendo el 50.45% del total, para la quinua blanca resultó un 81.95% de retenido considerándose calidad mediana y por último la quinua roja se clasificó como calidad de grano grande ya que el porcentaje de retención fue del 91.44% (mayor al 85% retenido en malla 14 de 1.31 mm de espesor).

Tabla 18. Retenido en malla

		% Retenido		
Mallas	**Medida**	**Q. Negra**	**Q. Blanca**	**Q. Roja**
14	1.31 mm	50.45	81.95	91.44
16	1.18 mm	43.26	12.15	8.01
18	1.0 mm	4.41	3.89	0.43
Menudo	<1.0 mm	1.88	2.01	0.12
CALIDAD DE GRANO		Pequeño	Mediana	Grande

b) Humedad

Los resultados de humedad realizados a la quinua antes y después de su germinación se detallan en la tabla 19.

Se obtuvo un incremento de humedad final del 344.65% para la quinua negra, 460.65% para la quinua blanca y 352.33% para la quinua roja.

Tabla 19. Determinación de humedad de las 3 variedades de quinua.

VARIEDAD	% HUMEDAD	
	Sin germinar	Germinado
Quinua Negra	11.22	49.89
Quinua Blanca	11.08	52.12
Quinua Roja	12.23	55.32

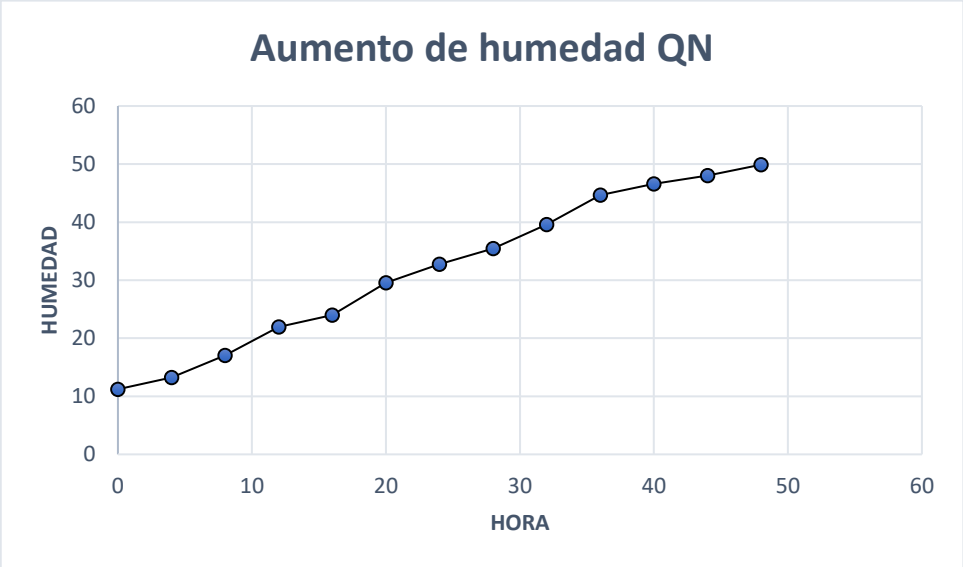


Figura 18. Variación de la humedad en quinua negra germinada.

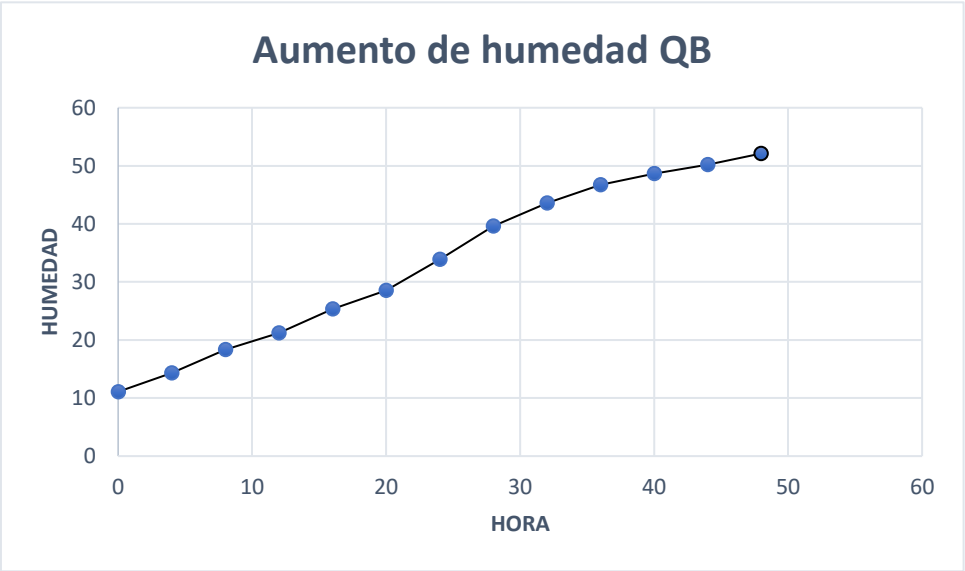


Figura 19. Variación de la humedad en quinua blanca germinada.

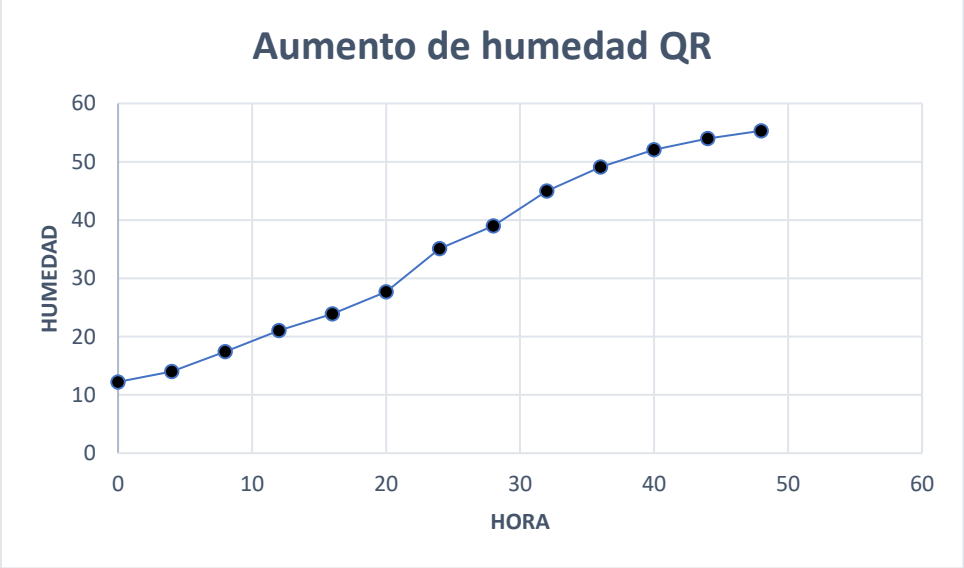


Figura 20. Variación de la humedad en quinua roja germinada.

c) Saponinas

Se realizaron los ensayos por el método afrosimétrico indicados en la NTP de la quinua 205.062:2014 [42]; el cual nos muestra que una quinua se considera de calidad mientras el amargor de la saponina sea imperceptible, es decir menor a 0.02%, de acuerdo con la tabla 20 dos de las tres variedades de quinua presentaron ausencia de saponinas, para el caso de la quinua blanca presentó 0.02% de saponinas.

Tabla 20. Porcentaje de saponinas en cada variedad de quinua.

VARIEDAD	% SAPONINAS
Quinua Negra	Ausencia
Quinua Blanca	0.02%
Quinua Roja	Ausencia

4.2 ESTANDARIZACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE LAS 3 VARIEDADES DE QUINUA

De acuerdo a la tabla 21 el porcentaje de germinación para la quinua negra, roja y blanca fue del 87%, 91% y 96% respectivamente.

Tabla 21. Resultados del estandarizado de la germinación durante 48 horas.

VARIEDAD	% DE GERMINACIÓN	
	SI	NO
Quinua negra	87	13
Quinua roja	91	9
Quinua blanca	96	4

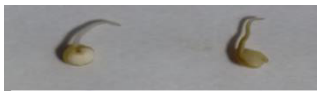
Tabla 22. Crecimiento de radículas de Quinoa roja.

Tiempo	Crecimiento de la radícula
16 horas	 0,6 cm 0,5 cm
32 horas	 0,7cm 0,8cm
48 horas	 1,7cm 1,8cm

Tabla 23. Crecimiento de radículas de Quinoa negra

Tiempo	Crecimiento de la radícula
16 horas	 0,5cm 0,3cm
32 horas	 0,5cm 0,5cm
48 horas	 1,4cm 1,7cm

Tabla 24. Crecimiento de radículas de quinoa blanca.

Tiempo	Crecimiento de radícula
16 horas	 0,1 cm 0,3cm
32 horas	 0,4 cm 0,5 cm
48 horas	 0,6 cm 0,8 cm

4.3 FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA BEBIDA A PARTIR DE LAS 3 VARIEDADES DE QUINUA GERMINADA.

1) Análisis fisicoquímico

a) pH

Los resultados mostrados en la tabla 25 fueron mediciones realizadas por duplicado, se observa el promedio resultante para cada tratamiento, no existiendo diferencias significativas entre los 10 tratamientos.

Tabla 25. Resultados de pH

Muestra	Resultado 1	Resultado 2	Promedio (pH)
1	6,18	6,12	6,15
2	6,45	6,33	6,39
3	6,34	6,33	6,335
4	6,38	6,34	6.36
5	6,36	6,38	6,37
6	6,30	6,40	6,35
7	6,36	6,41	6,385
8	6,37	6,35	6,36
9	6,35	6,35	6,35
10	6,35	6,35	6,35

Fuente: Elaboración propia.

b) Sólidos solubles

Tabla 26. Resultados de sólidos solubles

Muestra	Resultado 1	Resultado 2	Promedio (°Brix)
1	1.5	1.4	1.45
2	1.3	1.3	1.3
3	1.3	1.2	1.25
4	1.2	1.2	1.2
5	1.2	1.4	1.3
6	1.3	1.3	1.3
7	1.4	1.2	1.3
8	1.3	1.3	1.3
9	1.3	1.3	1.3
10	1.4	1.5	1.45

2) Análisis de aceptabilidad

La tabla 27 indica la evaluación de los resultados de aceptabilidad general realizada a los 10 tratamientos de quinua germinada. La evaluación se realizó a 60 panelistas no entrenados, utilizando una escala hedónica de 7 niveles (ver Tabla 16). Los datos ingresados al programa Desing-expert fueron los resultados finales de aceptabilidad obtenidos para los 10 tratamientos.

Tabla 27. Ordenamiento de puntajes en el diseño de bloques incompletos.

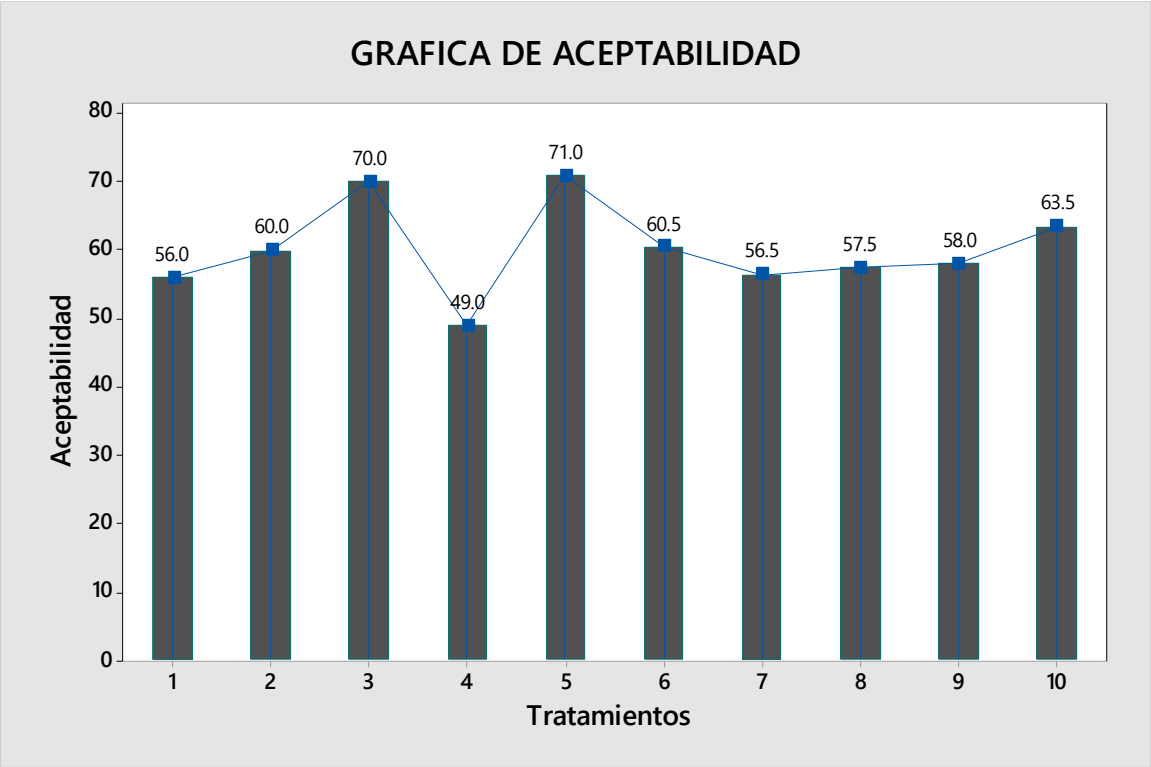
Panelista	Muestras									
	1 (103)	**2 (206)**	**3 (541)**	**4 (331)**	**5 (404)**	**6 (387)**	**7 (213)**	**8 (913)**	**9 (710)**	**10 (739)**
1		1		2				4		3
2	2		4				2	2		
3		1			2				3.5	3.5
4	1.5		3.5				1.5			3.5
5				1	4	3		2		
6	2	3				4			1	
7			2	1		3		4		
8		1	2						3.5	3.5
9				2	4			2	2	
10	4			2			2			2
11				1	4	2.5			2.5	
12		1	4			2				3
13	1						2	4	3	
14			2.5		2.5	2.5	2.5			
15		1.5		1.5			3.5	3.5		
16			3.5		1.5	3.5			1.5	
17	1.5				3.5	1.5	3.5			
18		3.5	4				3.5			1
19	1.5	3			4			1.5		

20	2			2					2	4
21	2	3.5							1	3.5
22			3			1.5		4		1.5
23	3			1	3		3			
24		3	4	2				1		
25					4	2.5		1		2.5
26	2.5	1	4						2.5	
27					3.5	3.5	1			2
28	2.5		4	2.5					1	
29	3				4		1.5			1.5
30			2			1		3.5		3.5
31		2.5		1		4	2.5			
32		2.5	4		1				2.5	
33	2.5			2.5				1	4	
34		4			3	1.5			1.5	
35		3	1	3			3			
36					2.5	4	2.5		1	
37		4				2.5		2.5		1
38	2			2			2		4	
39			2.5	2.5				2.5	2.5	
40	1.5				4		1.5			3
41	2				4			2	2	
42		3	4			1.5				1.5
43	1	3			3		3			
44				1.5		3.5		1.5	3.5	
45					1		2.5		2.5	4
46		1.5	1.5			3.5		3.5		
47	3		3		3		1			
48	3.5			1.5			3.5	1.5		
49			1.5	3.5		1.5				3.5
50			2.5					2.5	2.5	2.5

51		3.5		1.5	3.5		1.5			
52	2.5					2.5			2.5	2.5
53					1.5		1.5		3.5	3.5
54	4		2			2		2		
55		2.5			2.5	2.5			2.5	
56	2.5			2.5				2.5		2.5
57		3.5		3.5	2	1				
58			2.5	2.5			2.5	2.5		
59		1.5		3.5			3.5			1.5
60	3	3	3					1		
TOTAL	56	60	70	49	71	60.5	56.5	57.5	58	63.5

En la figura 21 se observa la gráfica de aceptabilidad de la bebida de quinua germinada, resultando de mejor agrado el tratamiento 5 y 3 con formulación (QB: QN-50%:50%) y (QN-100%) respectivamente; seguidamente de la bebida de menor aceptabilidad siendo el tratamiento 4 con formulación (QB: QR-50%:50%).

Figura 21. Aceptabilidad de la bebida de quinua germinada.



Formulación de los tratamientos:

T1: QB: 100%

T2: QR: 100%

T3: QN: 100%

T4: QB: QR-50%:50%

T5: QB: QN-50%:50%

T6: QR: QN-50%:50%

T7: QB: QR: QN-33.33%:33.33%:33.33%

T8: QB: QR: QN-66.66%-16.67%-16.67%

T9: QB: QR: QN-16.67%-66.66%-16.67%

T10: QB: QR: QN-16.67%-16.67%-66.66%

3) Ordenamiento de datos

El ordenamiento de datos se realizó de acuerdo a la prueba de Durbin con un nivel de significancia α=0.05, posteriormente se realizó la prueba de comparaciones múltiples según los siguientes criterios de decisión:

SI: IT1 – T2I >D Se rechaza la Hp

SI: IT1 – T2I ≤D Se acepta la Hp

Resultando con diferencias estadísticamente significativas entre las bebidas de quinua T3 y T4; T4 y T5 al evaluar la aceptabilidad para un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 28. Ordenamiento de datos.

Tratamientos	Aceptabilidad Suma Total	Aceptabilidad Ordenamiento de datos.
1	102	56
2	113	60
3	113	70
4	98	49
5	119	71
6	107	60.5
7	105	56.5
8	105	57.5
9	113	58
10	109	63.5

Tabla 29. Prueba de comparaciones múltiples.

MUESTRAS	COMBINACIONES								
T1	T_1 Y T_2	T_1 Y T_3	T_1 Y T_4	T_1 Y T_5	T_1 Y T_6	T_1 Y T_7	T_1 Y T_8	T_1 Y T_9	T_1 Y T_{10}
T2	T2 Y T3	T_2 Y T_4	T_2 Y T_5	T_2 Y T_6	T_2 Y T_7	T_2 Y T_8	T_2 Y T_9	T_2 Y T_{10}	
T3	T_3 Y T_4	T_3 Y T_5	T_3 Y T_6	T_3 Y T_7	T_3 Y T_8	T_3 Y T_9	T_3 Y T_{10}		
T4	T_4 Y T_5	T_4 Y T_6	T_4 Y T_7	T_4 Y T_8	T_4 Y T_9	T_4 Y T_{10}			
T5	T_5 Y T_6	T_5 Y T_7	T_5 Y T_8	T_5 Y T_9	T_5 Y T_{10}				
T6	T_6 Y T_7	T_6 Y T_8	T_6 Y T_9	T_6 Y T_{10}					
T7	T_7 Y T_8	T_7 Y T_9	T_7 Y T_{10}						
T8	T_8 Y T_9	T_8 Y T_{10}							
T9	T_9Y T_{10}								
SIGNIFICATIVO					T_3 Y T_4; T_4 Y T_5				

4) Análisis de capacidad antioxidante

La figura 22 representa la capacidad antioxidante de los 10 tratamientos de bebida de quinua sin germinar (tratamientos control), observándose una actividad antioxidante menor en el tratamiento 7 (5.99 uM ET/ml) con formulación QB: QR: QN: 33.33%:33.33%:33.33%.

TRATAMIENTOS CON QUINUA SIN GERMINAR

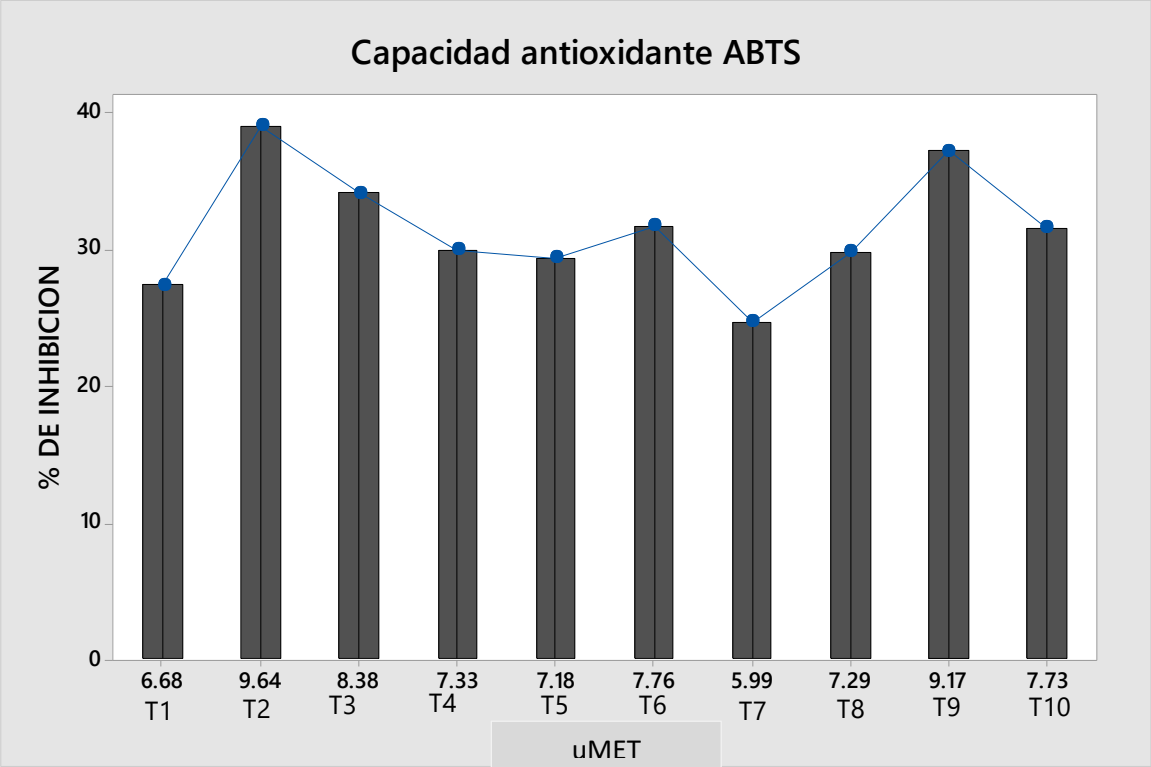


Figura. 22 actividad antioxidante ABTS. Quinua sin germinar T1 6.68; T2 9.64; T3 8.38; T4 7.33; T5 7.18; T6 7.76; T7 5.99; T8 7.29; T9 9.17; T10 7.73.

La figura 23 representa la actividad antioxidante ABTS de los 10 tratamientos de bebida de quinua germinada, observándose una actividad de 15.91 uM ET/ml en el tratamiento 1 (QB-100%) y en tratamiento 9 (QB: QR: QN-16.67%-66.66%-16.67%) una mayor actividad con 21.60 uM ET/ml.

TRATAMIENTOS CON QUINUA GERMINADA

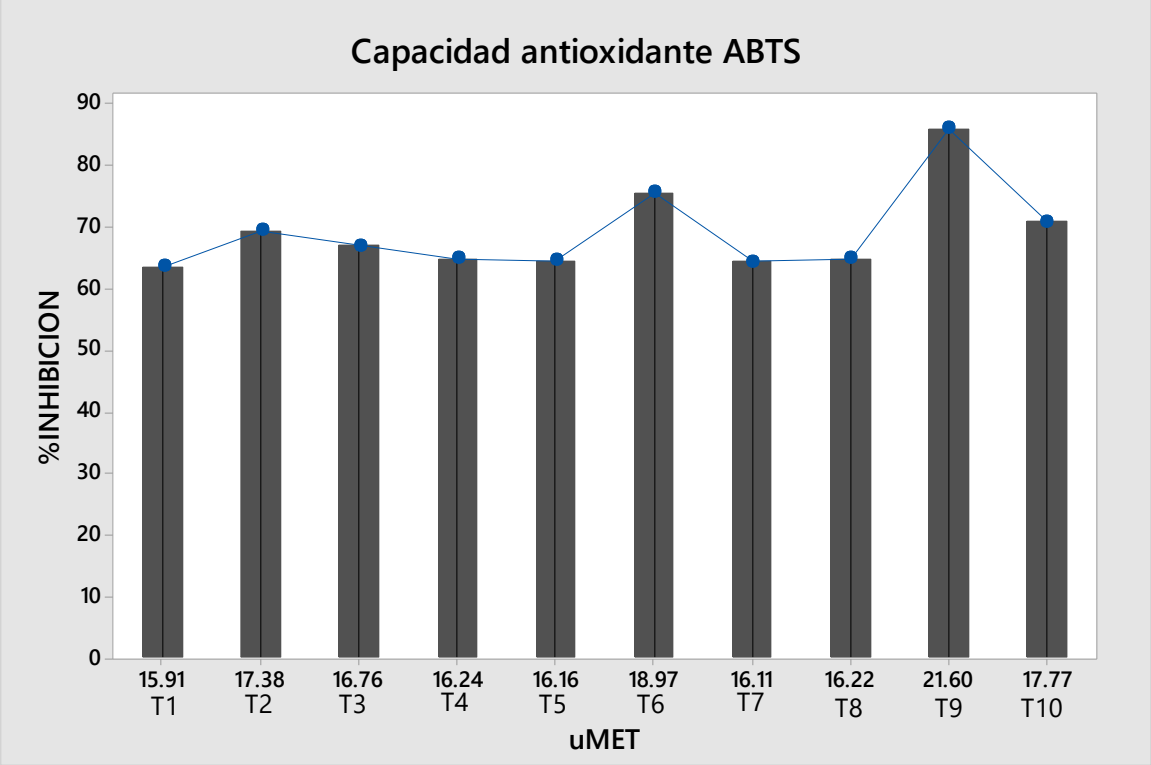


Figura. 23 actividad antioxidante ABTS. Quinua germinada T1 15.91; T2 17.38; T3 16.76; T4 16.24; T5 16.16; T6 18.97; T7 16.11; T8 16.22; T9 21.60; T10 17.77.

Tabla 30. Comparación de capacidades antioxidantes

TRATAMIENTO	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (uMet/ml)	
	QSG	QG
T1	6.68 ± 0.2	15.91 ± 0.55
T2	9.64 ± 0.1	17.38 ± 0.4
T3	8.38 ± 0.23	16.76 ± 0.51
T4	7.33 ± 0.05	16.24 0.28
T5	7.18 ± 0.22	16.16 ± 0.58
T6	7.76 ± 0.51	18.97 ± 0.6
T7	5.99 ± 0.8	16.11 ± 0.51
T8	7.29 ± 0.3	16.22 ± 0.27
T9	9.17 ± 0.33	21.6 ± 0.41
T10	7.73 ± 0.26	17.17 ± 0.12

**QSG: Bebida de quinua sin germinar; QG: Bebida de quinua germinada*

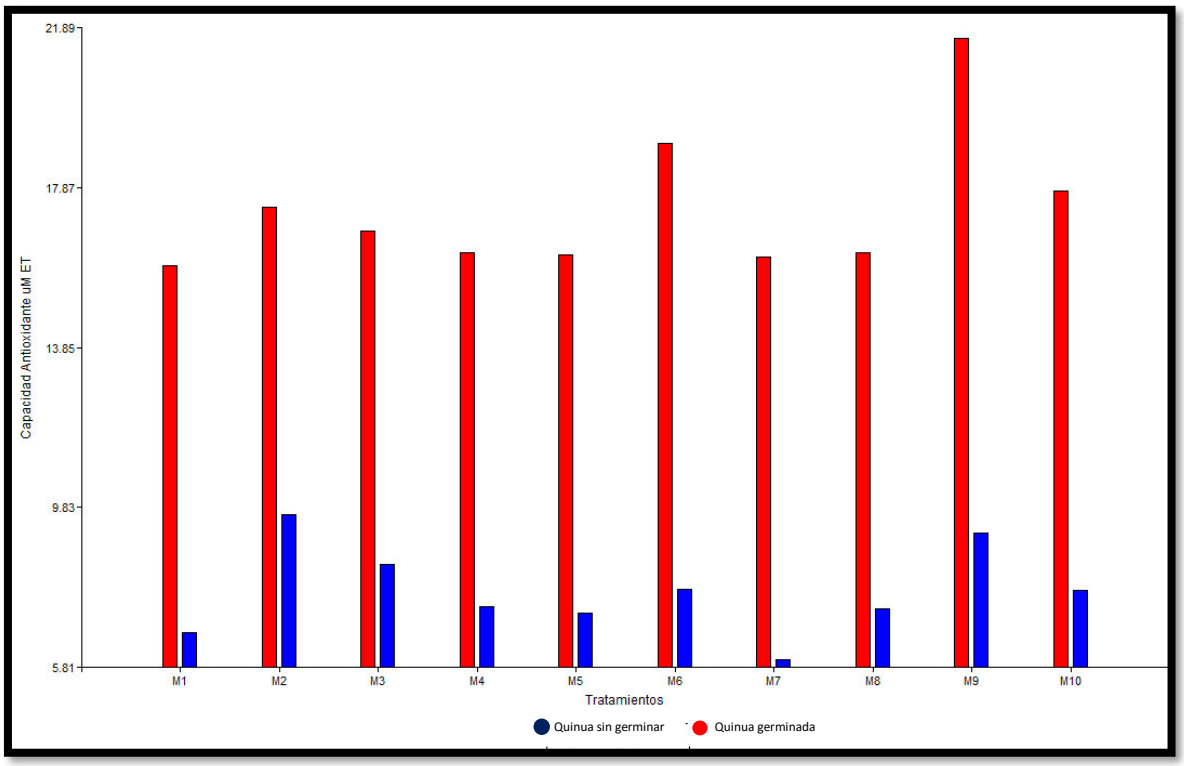


Figura 24. Comparación de capacidades antioxidantes de las bebidas de quinua germinada vs bebidas de quinua sin germinar.

Tabla 31. Resultado final del diseño de mezcla.

Pruebas N°	Componentes							
	X_1	£1 (%) (QB)	X_2	£2(%) (QR)	X_3	£3(%) (QN)	Capacidad antioxidante UM ET/ml	Aceptabilidad
T_1	1	100	0	0	0	0	15.91	56
T_2	0	0	1	100	0	0	17.38	60
T_3	0	0	0	0	1	100	16.76	70
T_4	1/2	50	1/2	50	0	0	16.24	49
T_5	1/2	50	0	0	1/2	50	16.16	71
T_6	0	0	1/2	50	1/2	50	18.97	60.5
T_7	1/3	33.33	1/3	33.33	1/3	33.33	16.11	56.5
T_8	2/3	66.66	1/6	16.67	1/6	16.67	16.22	57.5
T_9	1/6	16.67	2/3	66.66	1/6	16.67	21.60	58
T_{10}	1/6	16.67	1/6	16.67	2/3	66.66	17.71	63.5

5) Diseño de mezcla

La tabla 32 indica el modelo cuadrático anova resultante del programa Desing-expert 11 para la capacidad antioxidante; resultando un modelo no significativo con un R^2 menor a 1.

Al indicar un resultado no significativo para la capacidad antioxidante, se hace referencia a la mínima diferencia entre los 10 tratamientos de bebidas; por lo que el programa <Desing-expert> no utiliza datos de capacidad antioxidante para la optimización final del producto.

Tabla 32. Datos de capacidad antioxidante <Desing-expert 11>

Response 1: CA

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	25.21	8	3.15	2.52	0.1617	not significant
[1]Linear Mixture	10.03	2	5.01	4.01	0.0913	
AB	0.1340	1	0.1340	0.1072	0.7566	
AC	0.0065	1	0.0065	0.0052	0.9452	
BC	3.78	1	3.78	3.03	0.1424	
A^2BC	2.28	1	2.28	1.82	0.2350	
AB^2C	7.91	1	7.91	6.33	0.0535	
ABC^2	1.52	1	1.52	1.21	0.3208	
Residual	6.25	5	1.25			
Lack of Fit	6.25	1	6.25			
Pure Error	0.0000	4	0.0000			
Cor Total	31.46	13				

Tabla 33. Modelo cuadrático no significativo

Fit Statistics

Std. Dev.	1.12	**R^2**	0.8013
Mean	17.10	**Adjusted R^2**	0.4834
C.V. %	6.54	**Predicted R^2**	-22.7444
		Adeq Precision	6.0016

La tabla 34 indica el modelo cuadrático anova resultante del programa Desing-expert 11 para la aceptabilidad de la bebida de quinua germinada; resultando un modelo significativo con un R^2 cercano a 1.

Al indicar un resultado significativo para la aceptabilidad, se hace referencia a la gran diferencia presente entre los 10 tratamientos de la bebida de quinua germinada; por lo que el programa utiliza sólo resultados de este último para la optimización final del producto.

Tabla 34. Datos de aceptabilidad <Desing-expert 11>

Response 2: Aceptab

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	611.90	5	122.38	56.09	< 0.0001	significant
[1]Linear Mixture	416.61	2	208.31	95.47	< 0.0001	
AB	127.96	1	127.96	58.65	< 0.0001	
AC	45.23	1	45.23	20.73	0.0019	
BC	29.14	1	29.14	13.35	0.0065	
Residual	17.46	8	2.18			
Lack of Fit	17.46	4	4.36			
Pure Error	0.0000	4	0.0000			
Cor Total	629.36	13				

Tabla 35. Modelo cuadrático significativo

Std. Dev.	1.48		**R^2**	0.9723
Mean	59.79		**Adjusted R^2**	0.9549
C.V. %	2.47		**Predicted R^2**	0.9092
			Adeq Precision	21.4451

Figura 25. Gráfica de contorno de la aceptabilidad.

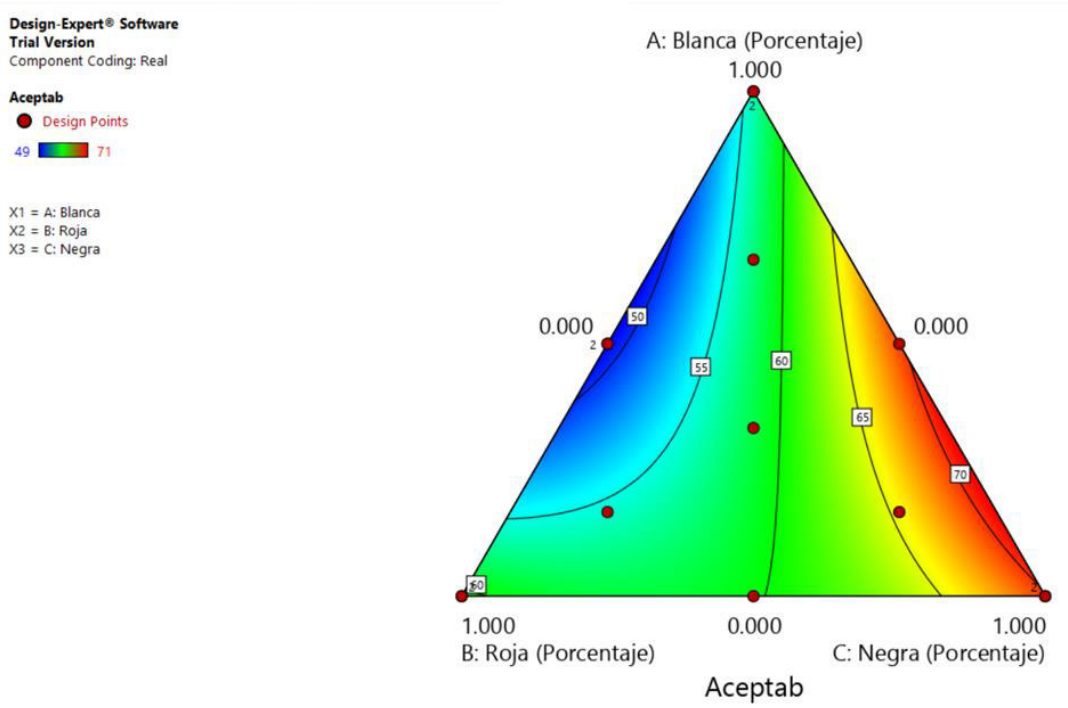


Figura 26. Gráfica de superficie de respuesta.

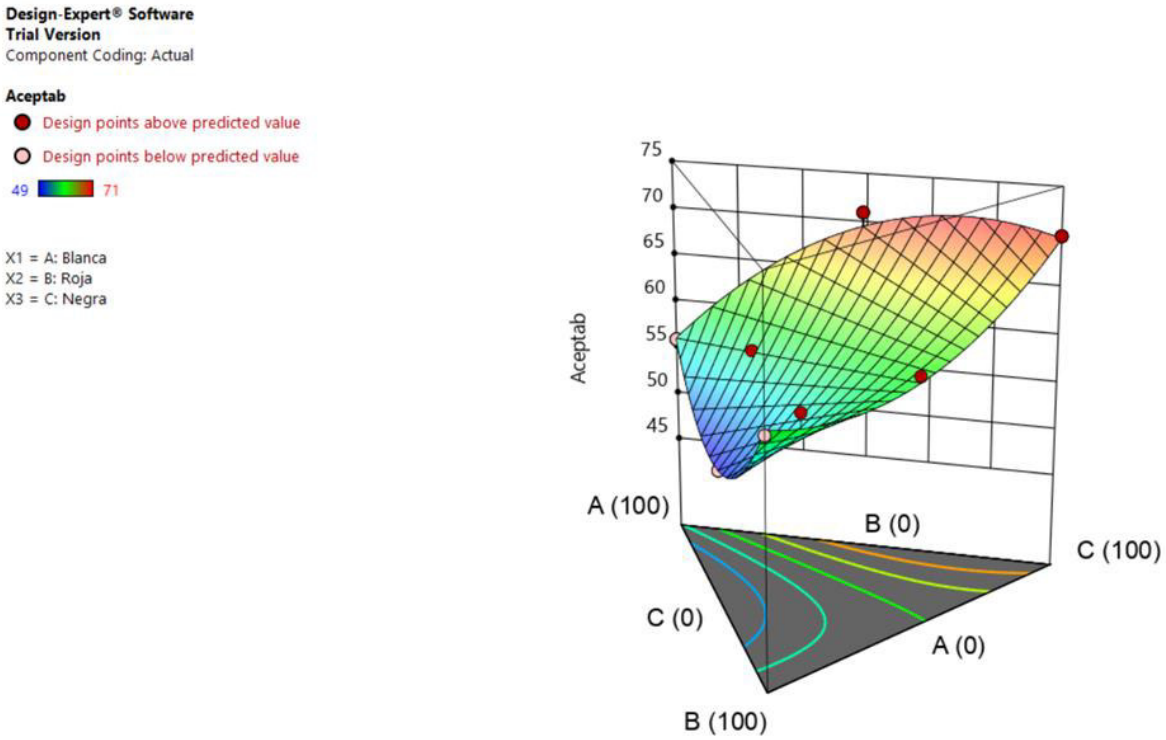
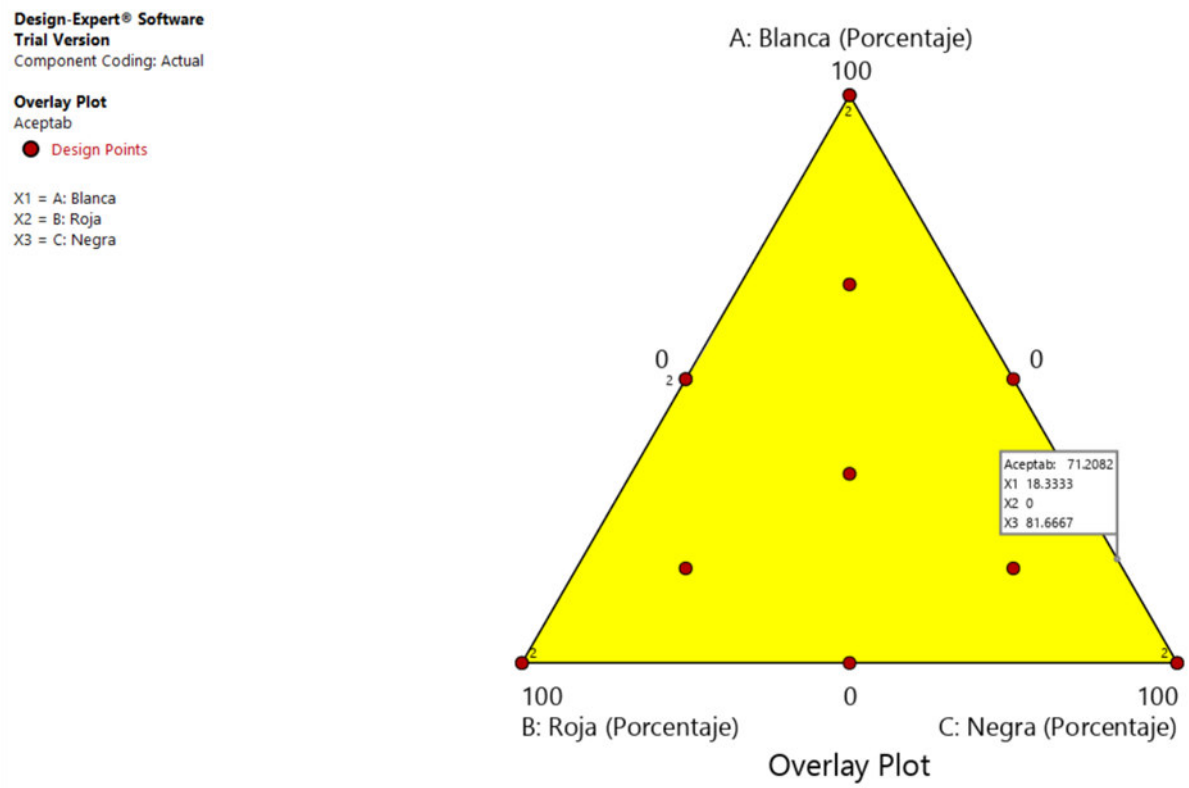


Figura 27. Formulación óptima de la bebida de quinua germinada.



En las gráficas no se considera capacidad antioxidante porque no sigue un modelo (no significativo). La figura 28 muestra la formulación con máxima aceptabilidad (la aceptabilidad va de 0 a 1).

6) Análisis nutricional

En la Tabla 36 y 37 se presentan los resultados obtenidos de composición proximal de la bebida con la mezcla óptima (QB: 18.33 %; QR: 0%; QN: 81.66%).

Para tener un control se realizó el análisis proximal de la bebida de la misma formulación y tratamiento, pero realizado con quinua sin germinar.

Se obtuvieron excelentes resultados proteínicos obteniendo un aumento del 29% del valor inicial.

Tabla 36. Bebida de quinua sin germinar (mezcla óptima)

Ensayo	Resultado 1	Resultado 2	Promedio
Proteína	1.54	1.53	1.5
Cenizas totales	0.36	0.40	0.4
Grasa	0.57	0.61	0.6
Carbohidratos	----	------	9.8
Humedad	87.73	87.67	87.7
Energía total Kcal/100g	-----	-------	50.6

Tabla 37. Bebida de quinua germinada (mezcla óptima)

Ensayo	Resultado 1	Resultado 2	Promedio
Proteína	1.94	1.92	1.93
Cenizas totales	0.22	0.18	0.2
Grasa	0.41	0.42	0.4
Carbohidratos	----	------	5.6
Humedad	92.83	92.82	92.8
Energía total Kcal/100g	-----	------	33.72

7) Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron de acuerdo a los criterios microbiológicos para bebidas, descritos en el R.M 591-2008-Minsa-27-06-2008 (Norma sanitaria criterios microbiológicos).

Se obtuvieron resultados positivos al no haber crecimiento microbiano en la muestra analizada, encontrándose dentro de lo permitido para su consumo (Tabla 38).

Tabla 38. Resultados microbiológicos de la bebida de quinua germinada.

Parámetros	unidad	Límite máximo	Resultados
Aerobios mesófilos	UFC/g	10^2	<10
Mohos	UFC/g	10	<10
Levaduras	UFC/g	10	<10
Coliformes	UFC/g	<2.2	<10
Salmonella sp.	/en 25g	AUSENCIA	Ausencia

8) Análisis de evaluación sensorial

Los jueces entrenados indicaron 7 atributos sensoriales, los cuales se muestran en la tabla 39.

Tabla 39. Atributos definiciones y muestras de referencia desarrolladas para la evaluación sensorial de la bebida de quinua.

Atributo sensorial	Definición	Muestra de referencia
1) Color	Nivel de color blanco cremoso oscuro.	Intenso: Extracto de vainilla disuelto en agua. Ausencia: Maicena disuelta en agua.
2) Olor a vainilla	Aroma característico a vainilla	Intenso: Extracto de vainilla. Ausencia: Agua
3) Olor a soya	Aroma característico a soya cocida.	Intenso: Bebida de soya cocida. Ausencia: Agua
4) Sabor dulce	Intensidad del sabor dulce.	Intenso: Dilución de sacarosa y agua. Ausencia: Agua
5) Sabor amargo	Regusto del sabor amargo percibido por la lengua.	Intenso: Dilución de cafeína. Ausencia: Agua
6) Grumos	Presencia de grumos percibido por la lengua.	Intenso: Dilución de avena en agua. Ausencia: Agua
7) Apariencia general	Sedimentación, formación de fases.	Intenso: Maicena disuelta en agua. Ausencia: Dilución de

		avena en agua.

Fuente: Elaboración propia.

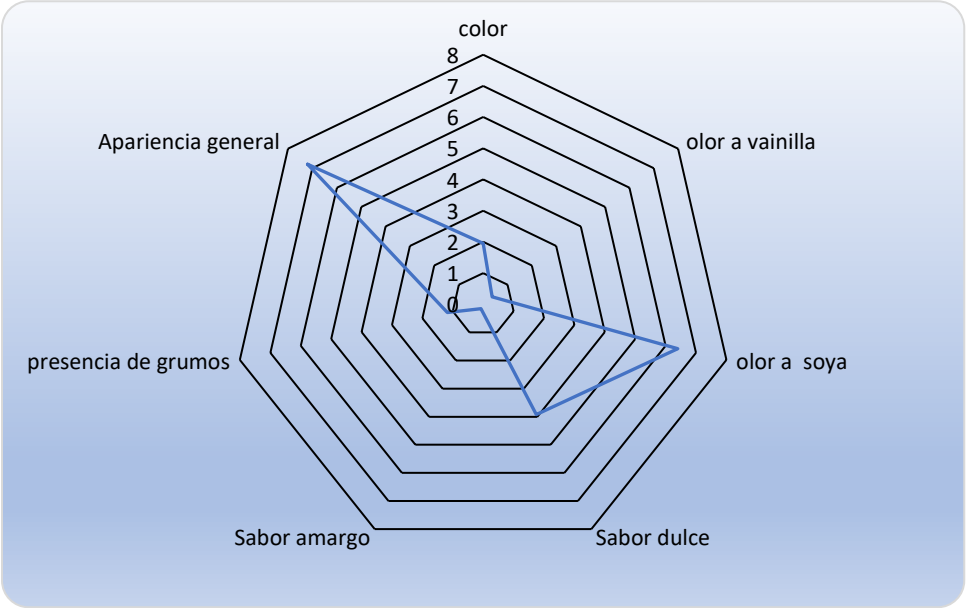


Figura 28. Gráfica de la telaraña para el perfil sensorial de la bebida de quinua germinada.

La gráfica 28 representa el perfil sensorial de la bebida de quinua germinada del tratamiento optimizado. El panel desarrolló el glosario de términos sensoriales (Tabla 39) para los atributos presentados en la bebida: Color, olor a vainilla, olor a soya, sabor dulce, sabor amargo, presencia de grumos y apariencia general.

V. DISCUSIÓN

El proceso de realización de la bebida a partir de tres variedades de quinua germinada nos presentó nuevos conocimientos sobre los requisitos tecnológicos en la germinación de cereales. Dicho proceso resultó exitoso respecto a las propiedades nutricionales.

Los alimentos a base de plantas están ganando lentamente aceptación en la dieta de muchas personas ya que estas están alejándose de los productos basados en animales (lácteos) por las preocupaciones sobre la lactosa, la grasa y el colesterol; los cambios en el estilo de vida también explican el menor consumo de leche en general, ya que muchos jóvenes de esta generación están optando por otras opciones que son más fáciles de consumir y más beneficiosas [51].

El valor encontrado para la concentración de las proteínas en la bebida de quinua sin germinar se halla dentro de los rangos reportados por otros autores resultando entre 1.16% y valores equivalentes [17,18], y en menor proporción en bebidas similares según Gilbert Vela et al [52] en su trabajo realizado a partir bebida de almendras y pulpa de mango aportando solo el 0.55% de proteínas totales.

La germinación de la materia prima en la bebida permitió un aumento proteínico del 29% debido a que durante este proceso ocurre una movilización activa de reservas como las proteínas, carbohidratos ,lípidos, fosfatos y ácidos nucleicos ;esto es importante y considerando que la ingesta diaria promedio de los adolescentes y adultos se encuentra en el intervalo de 0,8 a 1,0g/kg peso/día y de los niños entre 1 a 1,2 g/kg peso/ día; la bebida puede llegar a representar un buen aporte a esta ingesta por cada porción de 100 g de este alimento.

En relación a la humedad final de los granos de quinua germinada, los datos concuerdan con los hallazgos encontrados por otros investigadores: Valencia P. [53], indica en su investigación un aumento de humedad del 45.31% como resultado final para muestras de quinua negra después de 48 horas de germinación, en la

tabla 10 de la investigación se puede corroborar el porcentaje final de la humedad de la quinua negra ,obteniendo un resultado similar dentro de lo reportado por Valencia, sin embargo para la variedad blanca y roja ,obtuvieron un mayor aumento de humedad ,debido a que el perisperma de la semilla es mucho más blanda para estas dos últimas variedades ,permitiendo el fácil acceso del agua y por ende un aumento de la humedad.

Así mismo de acuerdo a las investigaciones realizadas por Anna Floegel et al [54] indica una menor capacidad antioxidante en bebidas artificiales, en comparación a nuestra bebida de quinua germinada y esta afirmación es comprensible ya que si se observa la tabla nutricional de la mayoría de estas bebidas ,obtendremos en su totalidad compuestos poco saludables como el azúcar y colorantes artificiales ,los cuales no brindan ningún componente antioxidante y más por el contrario deterioran el estado de salud del consumidor.

De acuerdo a los valores de ABTS en equivalentes TEAC la bebida de quinua germinada presenta una significativa actividad antioxidante que puede muy bien sustituir bebidas comerciales carbonatadas que presenten fructosa, sacarosa y diversos colorantes que producen riesgos a la salud humana y diversos síntomas depresivos [55] sumado también una característica beneficiosa de este producto; la formulación siendo 100% orgánico sin colorantes ni preservantes.

En las pruebas preliminares realizamos ensayos de pasteurización en la bebida de quinua germinada, sin embargo, durante el proceso se observó formación de grumos y sedimentación del producto final, por lo que se decidió cambiar el proceso por la esterilización el cual mantenía una mejor apariencia de la bebida sin formación de fases, además de ser un método eficaz para la eliminación de microorganismo.

Si bien es cierto la capacidad antioxidante inicial de la bebida sin germinar es baja, ésta se puede mejorar utilizando diversos métodos que a su vez incrementarían la calidad nutricional; uno de estos procesos en estudio sería la adición de ácido benzoico durante la germinación del producto, tal como lo describe Salas L. et al [56] en su investigación realizada en germinado de trigo teniendo como resultado final

un incremento de hasta 125% (M equiv trolox 100g),este compuesto podría ser utilizado en la investigación para mantener la capacidad antioxidante de la bebida final y del producto óptimo independientemente del tratamiento de esterilización.

Estudios realizados en bebidas vegetales [57]indica que sus propiedades reductoras se ven fuertemente afectadas por el calentamiento; en particular el tratamiento térmico puede promover un aumento en su actividad prooxidante, probablemente como consecuencia de la pérdida de antioxidantes naturales y la formación de nuevas moléculas oxidativas en las primeras etapas de la reacción ,dependiendo de las combinaciones de temperatura y tiempo de los tratamientos térmicos se puede observar un agotamiento potencial en las propiedades antioxidantes generales de la bebida; esto explicaría la disminución de los compuestos antioxidantes en nuestro producto ya que la bibliografía reporta valores altos de uM equivalente trolox/100g en quinuas que no pasan por ningún proceso térmico observándose la gran diferencia.

Dini et al ,2010 [58] indican que la ebullición causa pérdidas significativas de la capacidad antioxidante en semillas de quinua, podemos confirmar esta conclusión de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 34 para las bebidas de quinua germinada y quinua sin germinar; obteniendo en ambas partes resultados inferiores en comparación a una quinua que no ha pasado por ningún proceso térmico, debido a que uno de los procesos de la bebida de quinua incluía la esterilización final del producto. Según Palermo (2014) [59] señala artículos en el cual se evalúa como afecta a los compuestos fenólicos el proceso de cocción, reportando grandes pérdidas de incluso más del 50%.

El estudio realizado por Zhanqiang Hu et al [60] relacionado con el efecto del sancochado sobre la actividad antioxidante en el arroz rojo germinado, explicaría también la disminución de la propiedad antioxidante en la bebida de quinua germinada, en dicho estudio usaron tiempos inferiores a 5 minutos de cocción para mantener una mínima perdida de la capacidad antioxidante; siendo una característica importante, puesto que en el presente trabajo se utilizó un mayor tiempo de cocción siendo mayor la exposición y por ende obteniendo una mayor pérdida de compuestos antioxidantes.

En cuanto a la formulación con mayor capacidad antioxidante, se obtuvo al tratamiento número 9 compuesto de QB: 16.67%-QR: 66.66%-QN: 16.67%, se explica este resultado ya que las variedades negra y roja presentan mayor capacidad antioxidante por la presencia de antocianinas, flavonoides y licopenos mientras que la quinua blanca presenta una menor capacidad antioxidante por la coloración amarilla, indicador de la presencia de xantofilas de acuerdo a la investigación de Zambrano 2013 [61].

En el anexo n° 6 se puede apreciar la comparación de características nutricionales de siete bebidas vegetales que se comercializan en el Perú; bebida de soya (soy vida);bebida de soya (Laive);leche de almendras (Almendrina);leche de almendras + vainilla (Pacific Organic); leche de arroz (Natures´s heart) y leche de coco (natures´s heart) mostrando en todos ellos resultados proteínicos inferiores en comparación a nuestra bebida de quinua germinada ,solo el porcentaje de proteínas de las bebidas de soya ,Soy vida y Layve fueron de 7 y 4g/100g respectivamente.

Así mismo la bebida a base de tres variedades de quinua germinada presentó un valor calórico (36.12 kcal) menor a las bebidas vegetales que se comercializan en el Perú, como por ejemplo las bebidas de soya que contienen de 53 a 59 kcal y las bebidas de almendra con un contenido calórico de 38 a 42 kcal por la misma cantidad de producto; esto se explicaría por el proceso de germinación el cual reduce el almidón de las semillas convirtiéndolo en azucares simples tal como lo explica Mujica en su investigación [62].

Los análisis microbiológicos realizados a la bebida se encontraron dentro de la norma sanitaria peruana vigente [63] , esto debido al proceso térmico de esterilización por calor húmedo al que fue sometido el producto final, de acuerdo a la investigación realizada por Perez B.et al [64] nos indica que este proceso tiene contraindicaciones debido a que puede bajar el pH del producto entre 0.3 y 0.5 unidades además de caramelizar los azucares; en la investigación no se pudo corroborar estas hipótesis ya que en primer lugar la bebida no llevaba azúcar añadida dentro de la formulación y el pH solo fue medido al producto final luego de pasar por proceso de esterilización.

La mejor aceptabilidad de la bebida fue para el tratamiento número 5, compuesto por quinua blanca y quinua negra (50%-50%) talvez presentado por el sabor agradable de la quinua blanca y su variedad Salcedo Inia (Semi dulce) y de igual forma la variedad negra Collana.

La preparación de la bebida de quinua germinada a partir de las tres variedades de quinua generó un gran problema de inestabilidad ya que inicialmente se utilizó una olla para la pasteurización del producto sin embargo la bebida presentó separación de fases, precipitación y grumos por lo que se recurrió a la esterilización por calor húmedo, los defectos mencionados se debieron a la gelatinización del almidón tal como lo indica Bucker en su trabajo de investigación[65].

Referente a la formulación óptima de la bebida de quinua germina, el programa Desing-expert 11 utilizó solo los datos de aceptabilidad al indicar a esta variable como un modelo significativo (R^2 0.9723) ,caso contrario a los datos obtenidos para la capacidad antioxidante resultando un modelo no significativo ,esto debido a la mínima diferencia entre cada muestra y un R^2 0.8013.

Finalmente, las bebidas a base de quinua germinada, aun no existen, por lo que podría ser una alternativa viable y un excelente sustituto de bebidas artificiales que no aportan ninguna característica beneficiosa a la salud.

VI. CONCLUSIONES

- El análisis nutricional de la bebida de quinua germinada obtuvo un contenido proteínico del 1.94%; para la bebida de quinua sin germinar el contenido proteínico fue relativamente menor resultando 1.54%, los resultados obtenido están en base a 100g de producto final.
- De acuerdo al programa de diseño de mezcla; Desing-expert 11**;** se evidenció que la formulación óptima está compuesta de quinua blanca: 18.333%; quinua roja: 0% y quinua negra: 81.6667%.
- La aceptación de la bebida funcional mediante una prueba sensorial de los 10 tratamientos formulados, evidenció menor y mayor aceptabilidad para la formulación 4 y 5 respectivamente (T4: QB: QR-50%:50%) y (T5: QB: QN-50%:50%).
- Los 10 tratamientos de quinua germinada fueron evaluados para la determinación de la capacidad antioxidante obteniendo un mayor valor en el tratamiento número 9 (QB: QR: QN-16.67%-66.66%-16.67%) con 21.60 uMEt/mL y menor para el tratamiento número 1 (QB: 100%) con un valor de 15.91uMEt/ml. Se utilizó como controles a 10 tratamientos de la misma bebida hecha a partir de quinua sin germinar obteniendo 9.64 uMEt/mL para la bebida número 2 (QR: 100%) y 5.99 uMEt/mL para la bebida número 7 (QB:33.33%-QR:33.33%-QN: 33.33%).
- El análisis microbiológico realizado a la bebida de quinua germinada cumplió con los requisitos descritos en la norma sanitaria N°591-2018-Minsa-27-06 resultando <10 ufc/g para aerobios mesófilos, coliformes, mohos, levaduras y ausencia para Salmonella.
- Se confirmó que existe un impacto en la germinación de las tres variedades de quinua y su posterior formulación en la obtención de una bebida resultando un producto con contenido antioxidante superior a bebidas artificiales presentes en el mercado peruano.

VII. RECOMENDACIONES

- Usar un método alternativo de eliminación microbiana (temperatura de cocción podría ayudar en una menor disminución de la capacidad antioxidante del producto final.
- Saborizar la bebida de quinua podría ser una estrategia para mejorar la aceptación y la satisfacción entre los consumidores potenciales. Por otro lado, la bebida de quinua sin sabor añadido (Azúcar) puede ser un sustituto útil de la leche de vaca en las salsas y otras preparaciones saladas.
- Los principales restrictores para el consumo de bebidas de quinua germinada, son su sabor característico y la formación de sedimentos (formación de fases), un posible método para disminuir este efecto sería mediante el uso de hidrocoloides que garanticen la estabilidad de la bebida.
- La incorporación de mezclas con jugos de frutas podría generar un producto con mayor aceptación.
- Evaluar la estabilidad del producto durante almacenamiento para determinar su tiempo de vida útil.
- Realizar estudios de toxicidad de la bebida de quinua.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vidal A, Cáceres G, Estrada R, Pinedo R. Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú .1 ed. Lima: INIA. 2013.
2. Romero C, Moreyra J, Vargas E. Quinua Peruana Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015. 1 ed.2015.p.6-56.
3. Chevarria M, Bazile D, Dessauw D, Louafi S, Trommetter M, Hocde H. Los sistemas que regulan el intercambio de los recursos genéticos: importancia para el acceso, la circulación y la innovación en el caso de la quinua. Chile: CIRAD; 2013. p. 95-123.
4. Proinpa. La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial (sitio en internet). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo_quinua_es.pdf. Acceso 17 de junio de 2017.
5. Peralta E, Murillo A, Mazón N, Villacres E, Rivera M. Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: Chocho, quinua y amaranto, para la sierra de Ecuador. 3 ed. Ecuador: INIAP; 2013.
6. Lica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [sitio en internet]. IICA. Disponible en: http://www.iica.int/es. Acceso 24 de Julio de 2017.
7. Salcedo S, Santivañez T. Recetario internacional de la quinua: tradición y vanguardia. 1 ed. Italia: FAO; 2014.
8. Stall S. Can almond milk be called milk? Disponible en: https://www.jrnjournal.org/article/S1051-2276(17)30071-7/pdf. Acceso 15 de octubre de 2017.
9. Wigmore A. The sprouting book .1 ed.United states of America. Editorial owner.1986.p.5-25.
10. Hernandez A. Tratado de nutrición, Tomo II. Composición y calidad nutritiva de los alimentos.2 ed. España: Panamericana; 2010.p. 565-566.
11. Kozima A, Higa M. Contribución del boom gastronómico peruano en las exportaciones de cereales andinos del Perú, durante el periodo 2005 – 2014. Perú. Universidad Privada del Norte; 2016. p. 37-45.

12. Bravo M, Reyna J, Gomez I, Huapaya M. Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (Chenopodium quinoa) y Kiwicha (Amarantus caudatus). Rev Per Quim. 2013; 16(1): 54-60.
13. Chaparro R, Pismag P, Elizalde C, Erazo C. Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. Bio Agro. 2010; 8(1): 35-41.
14. Cerezal P. Acosta E, Rojas G., Romero N, Arcos R. Desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo, lupino y quinoa para la dieta de preescolares. Nut Hosp. 2012; 27(1): 232-243.
15. Colcha M. Elaboración y control de calidad de una bebida nutritiva a base de malteado de quinua, leche y zanahoria deshidratada. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2013. p. 58-103.
16. Casas N, Salgado Y, Moncaya D, Cote S. Efecto del proceso de malteado en la calidad y estabilidad de una bebida de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y mango (Mangifera indica).Rev cientificaTrujillo.2016; Vol 6 (1):78-83.
17. Pereira S. Elaboración de leche de quinua (Chenopodium quinoa Willd). Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 2011. p. 29-45.
18. Pineli L, Botelho R, Zandonadi R, Solorzano J, Oliveira G, Reis C, et al. Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk. Food Sci Tecn. 2015; 63(2): 1261-1267.
19. Prego I, Maldonado S, Otegui M. Seed Structure and Localization of reserves in Chenopodium quinoa. Anna Bot. 1998 Oct; 82(4): 481-488.
20. Tapia M. Cultivos andinos Subexplotados y su aporte a la alimentación. 2 ed. Chile: FAO; 2000.
21. Perez A. Manejo y Adaptabilidad del Cultivo de Quinua en la Sierra Central. 1 ed. Perú: INIA; 2005.
22. Pino A. Contenido de proteínas, saponinas y algunas características del almidón en semillas de quinoa sembradas en diferentes fechas localidades. Chile. Universidad de Concepción. 1998. p. 1-30

23. Calvaho N. Ciencia, Tecnología e producto. 2 ed. Brasil: Fundacao Cargill; 1893. p. 429.
24. Pita J, Perez F. Germinación de semillas. 1 ed. Perú: ministerio de agricultura, pesca y alimentación; 1998. p. 4-7.
25. Azcón J. Talón M. Fisiología y Bioquímica Vegetal (sitio en internet). Researchgate. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/48213794_Fisiologia_y_bioquimica_vegetal. Acceso el 2 de setiembre de 2017.
26. Fundeagro. Control de calidad y certificación de semilla. Fundación para el desarrollo del agro. 1 ed. Perú: Proyecto de transferencia de tecnología agropecuaria; 1990.
27. Soleil D. Brotes y germinados caseros. 3 ed. España: Ediciones obelisco; 2003.p.2588-2689.
28. Braustein M. Germinados, guía para cultivo-1 ed. Barcelona: Editorial del Serbal.2012.p.98-115.
29. Mäkinen O, Wanhalinna V, Zannini E, Arendt E K. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. Crit Rev Food Sci Nut. 2015; 56(3): 339-49.
30. Jeske S, Zannini E, Arendt E K. Evaluation of Physicochemical and Glycaemic Properties of Commercial Plant-Based Milk Substitutes. Plant Food Hum Nutr. 2017; 72(1): 26–33.
31. Trejo J. Desarrollo y comparación de los principales componentes nutricionales de leches vegetales. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 2015. p. 53-61.
32. Wang B, Xiong L, Wang C. Physicochemical and sensory characteristics of flavoured soymilk during refrigeration storage. J Food Qua. 2001; 24(6): 513–526.
33. Shen X, Zhao T, Zhou Y, Shi X, Zou Y, Zhao G. Effect of Oat β-Glucan Intake on Glycaemic Control and Insulin Sensitivity of Diabetic Patients: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Nutrients. 2016; 8(1): 1-10.

34. Juliano B O. El arroz en la nutrición humana (sitio en internet). FAO. Disponible en: http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf. Acceso el 16 de mayo de 2017.
35. Vioque J, Millán F. Los péptidos bioactivos en alimentación: nuevos agentes promotores de salud. Agro Sci. 2005; 1(1): 1-5
36. Hernández B, Dávalos A, Bartolomé B. Amigo L. Preparation of antioxidant Enzymatic Hydrolysates from-Lactalbumin and â-Lactoglobulina. Identification of Active peptides by HPLC-MS/MS. J Agric Food Chem. 2005; 53(3): 588-593.
37. Ugartondo V. Caracterización de derivados polifenolicos obtenidos de fuentes naturales. Citotoxicidad y capacidad antioxidante frente a estrés oxidativo en modelos celulares. Facultad de Farmacia. Universidad de Barcelona. 2009.
38. Kuskoski M, Asuero A, Troncoso A M, Mancini J, Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Cienc Tecnol Aliment. 2005; 25(4): 726-732.
39. Ojha H, Mishra K, Chaudhury N K. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. Food Chem. 2012; 130(4): 1036-1043.
40. Montgomery C. Diseño y análisis de experimentos. 2 ed. México: Limusa; 2004.p.114-121.
41. Hare L. Mixture designs applied to food formulations, Food Technology. Ed. Sciencie.1974. p. 1150-1162.
42. Norma técnica peruana. Granos andinos: quinua, requisitos. 2 ed. Perú: INDECOPI; 2014.
43. Donkor N, Stojanovska L, Ginn P, Ashton J, Vasiljevic T. Germinated grains e Sources of bioactive compounds. Food Chem. 2012; 135(3): 950-959.
44. Chaparro D, Pismag C, Elizalde A, Viva N, Erazo A. efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. Cien Agrop. 2010; 8(1): 35-42.

45. Resolución Ministerial. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (sitio en internet). Digesa. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf. Acceso el 20 de Agosto de 2017.
46. Ibáñez F. Barcina Y. Análisis Sensorial de Alimentos. Métodos y Aplicaciones. 2 ed. España: Editorial Springer; 2001.
47. Iso 2012.Sensory analysis-general guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. Part I: Selected assessors. Part II:Experts.ISO 8586,2012.International standards Organization.
48. Elortondo,F.Ojeda,M,Albisu,M.,Salmeron,J.,Etayo,I.,&Molina,M.(2007).Food quality certification :An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. Food Quality and preference,18(2),425-439.
49. RE, R. et al. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Catión Decolorization Assay. Free Radical Biology and Medicine. 1999; 26(9-10); 1231-1237.
50. Floegel A, Dae K, Sang C, Sung K, Ock C. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. J Food Com Ana. 2011; 24(7): 1043-1048.
51. Caballero B, Finglas P, Toldrá F. Encyclopedia of foods and health. 1 ed. Inglaterra: Academic Express. 2015.p. 144-151.
52. Vela G, Castro M, Caballero A, Ballinas E J. Bebida probiótica de lactosuero adicionada con pulpa de mango y almendras sensorialmente aceptable por adultos mayores. México. Universidad de ciencias y artes de Chiapas. 2012. p. 11-20.
53. Valencia P, Camara F, Ccapa F. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (Chenopodium quinoa W.). Rev soc Quim Perú.2017; vol (1):19-27.
54. Floegel A, Dae K, Sang C, Sung K, Ock C. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. J Food Com Ana. 2011; 24(7): 1043-1048.

55. Muñoz E, Rivas K, Loarca G, Mendoza S, Reynoso R, et al. Comparación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales. Cien Agri. 2012; 3(3): 481-495.
56. Salas L, Gaucín J, Preciado P. Efecto del ácido benzoico en la capacidad antioxidante de germinados de trigo.Rev Mex. Cienc. Agríc.2016; vol (1):4301-3402.
57. Calligaris S, Manzocco L, Anese M, Nicoli M C. Effect of heat-treatment on the antioxidant and pro-oxidant activity of milk. Int Dai J. 2004; 14(5): 421-427.
58. Dini I, Tenore G, Dini A. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter Chenopodium quinoa seeds.LWT-Food Science and Technology, 2010; 43(3):447-451.
59. Palermo M. (2014). The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1057-1070.
60. Hu Z, Tang X, Liu J, Zhu Z, Shao Y. Effect of parboiling on phytochemical content, antioxidant activity and physicochemical properties of germinated red rice. Food Chem. 2017; 214 (1): 285-292.
61. Zambrano L. Comparación de la capacidad antioxidante de 10 cultivos ancestrales andinos con sus respectivos concentrados de fibra dietética total para su uso como aditivo funcional en la Industria de Alimentos. [Tesis de grado]. Quito: Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato.2013.
62. Mujica A, Marca V, Jacobsen E. Producción actual y potencial de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Perú. 1º Taller internacional en quinua: recursos genéticos y sistemas de producción. 1999. Ed.1. vol (4):p. 456-466.
63. Resolución Ministerial. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (sitio en internet). Digesa. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf. Acceso el 20 de Agosto de 2017.

64. Pérez B, Torralba Metodología de esterilización en el laboratorio microbiológico. Rev Biol.2010; vol. (1):4-10Yu B, He H, Zhang Q, Wu H, Du H, Liu, et al. Soft drink consumption is associated with depressive symptoms among adults in china. J affec Disord. 2015; 1(172): 422-427.
65. Bucker E, Mitchell J, Johnson G. Lactic fermentation of peanut milk. J Food Science. 1979; 44(1): 1534-1538.

IX. ANEXOS

ANEXO N°1

Germinación de las tres variedades de quinua.



Activación de semillas de quinua roja



Activación de semillas de quinua negra



Activación de semillas de quinua banca



Quinua roja germinada



Quinua negra germinada



Quinua blanca germinada

ANEXO N° 2

Valores T de la distribución T student

Valores de $T_{\alpha,\nu}$ $\quad 1 - \alpha = P (T \leq t_{\alpha,\nu})$

ν \ $1-\alpha$	0.8	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995	0.999
1	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.656	318.289
2	1.061	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.328
3	0.978	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.214
4	0.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173
5	0.920	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.894
6	0.906	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208
7	0.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785
8	0.889	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501
9	0.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297
10	0.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144
11	0.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025
12	0.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930
13	0.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852
14	0.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787
15	0.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733
16	0.865	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686
17	0.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646
18	0.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610
19	0.861	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579
20	0.860	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552
21	0.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527
22	0.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505
23	0.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485
24	0.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467
25	0.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450
26	0.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435
27	0.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421
28	0.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408
29	0.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396
30	0.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385
31	0.853	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.375
32	0.853	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.365
33	0.853	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.356
34	0.852	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.348
35	0.852	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340
36	0.852	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	3.333
37	0.851	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	3.326
38	0.851	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.319
39	0.851	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	3.313
40	0.851	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307
41	0.850	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	3.301
42	0.850	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.296
43	0.850	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	3.291
44	0.850	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.286
45	0.850	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	3.281
46	0.850	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.277
47	0.849	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	3.273
48	0.849	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.269
49	0.849	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	3.265
50	0.849	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261
51	0.849	1.298	1.675	2.008	2.402	2.676	3.258
52	0.849	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674	3.255
53	0.848	1.298	1.674	2.006	2.399	2.672	3.251
54	0.848	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670	3.248
55	0.848	1.297	1.673	2.004	2.396	2.668	3.245
56	0.848	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667	3.242
57	0.848	1.297	1.672	2.002	2.394	2.665	3.239
58	0.848	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663	3.237
59	0.848	1.296	1.671	2.001	2.391	2.662	3.234
60	0.848	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232

Tabla 3. VALORES T DE LA DISTRIBUCIÓN T DE STUDENT

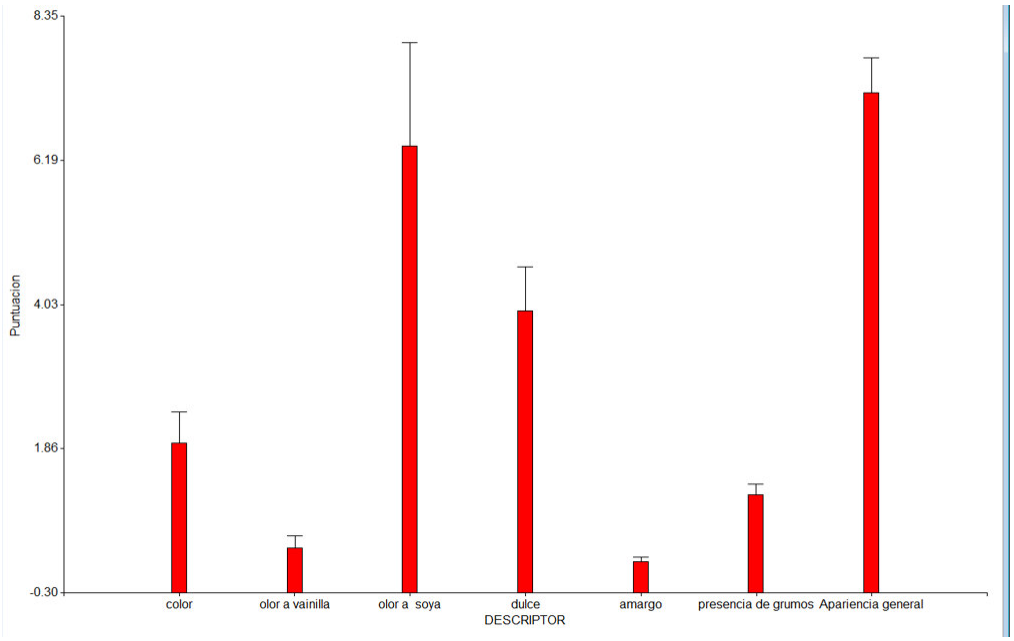
Valores de $T_{\alpha,\nu}$ $\qquad 1 - \alpha = P (T \leq t_{\alpha,\nu})$

ν \ $1-\alpha$	0.8	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995	0.999
61	0.848	1.296	1.670	2.000	2.389	2.659	3.229
62	0.847	1.295	1.670	1.999	2.388	2.657	3.227
63	0.847	1.295	1.669	1.998	2.387	2.656	3.225
64	0.847	1.295	1.669	1.998	2.386	2.655	3.223
65	0.847	1.295	1.669	1.997	2.385	2.654	3.220
66	0.847	1.295	1.668	1.997	2.384	2.652	3.218
67	0.847	1.294	1.668	1.996	2.383	2.651	3.216
68	0.847	1.294	1.668	1.995	2.382	2.650	3.214
69	0.847	1.294	1.667	1.995	2.382	2.649	3.213
70	0.847	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.211
71	0.847	1.294	1.667	1.994	2.380	2.647	3.209
72	0.847	1.293	1.666	1.993	2.379	2.646	3.207
73	0.847	1.293	1.666	1.993	2.379	2.645	3.206
74	0.847	1.293	1.666	1.993	2.378	2.644	3.204
75	0.846	1.293	1.665	1.992	2.377	2.643	3.202
76	0.846	1.293	1.665	1.992	2.376	2.642	3.201
77	0.846	1.293	1.665	1.991	2.376	2.641	3.199
78	0.846	1.292	1.665	1.991	2.375	2.640	3.198
79	0.846	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.197
80	0.846	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195
81	0.846	1.292	1.664	1.990	2.373	2.638	3.194
82	0.846	1.292	1.664	1.989	2.373	2.637	3.193
83	0.846	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.191
84	0.846	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.190
85	0.846	1.292	1.663	1.988	2.371	2.635	3.189
86	0.846	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.188
87	0.846	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.187
88	0.846	1.291	1.662	1.987	2.369	2.633	3.185
89	0.846	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	3.184
90	0.846	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	3.183
91	0.846	1.291	1.662	1.986	2.368	2.631	3.182
92	0.846	1.291	1.662	1.986	2.368	2.630	3.181
93	0.846	1.291	1.661	1.986	2.367	2.630	3.180
94	0.845	1.291	1.661	1.986	2.367	2.629	3.179
95	0.845	1.291	1.661	1.985	2.366	2.629	3.178
96	0.845	1.290	1.661	1.985	2.366	2.628	3.177
97	0.845	1.290	1.661	1.985	2.365	2.627	3.176
98	0.845	1.290	1.661	1.984	2.365	2.627	3.176
99	0.845	1.290	1.660	1.984	2.365	2.626	3.175
100	0.845	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174
150	0.844	1.287	1.655	1.976	2.351	2.609	3.145
200	0.843	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	3.131
250	0.843	1.285	1.651	1.969	2.341	2.596	3.123
300	0.843	1.284	1.650	1.968	2.339	2.592	3.118
350	0.843	1.284	1.649	1.967	2.337	2.590	3.114
400	0.843	1.284	1.649	1.966	2.336	2.588	3.111
450	0.842	1.283	1.648	1.965	2.335	2.587	3.108
500	0.842	1.283	1.648	1.965	2.334	2.586	3.107
550	0.842	1.283	1.648	1.964	2.333	2.585	3.105
600	0.842	1.283	1.647	1.964	2.333	2.584	3.104
650	0.842	1.283	1.647	1.964	2.332	2.583	3.103
700	0.842	1.283	1.647	1.963	2.332	2.583	3.102
750	0.842	1.283	1.647	1.963	2.331	2.582	3.101
800	0.842	1.283	1.647	1.963	2.331	2.582	3.100
850	0.842	1.283	1.647	1.963	2.331	2.582	3.100
900	0.842	1.282	1.647	1.963	2.330	2.581	3.099
950	0.842	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.099
1000	0.842	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

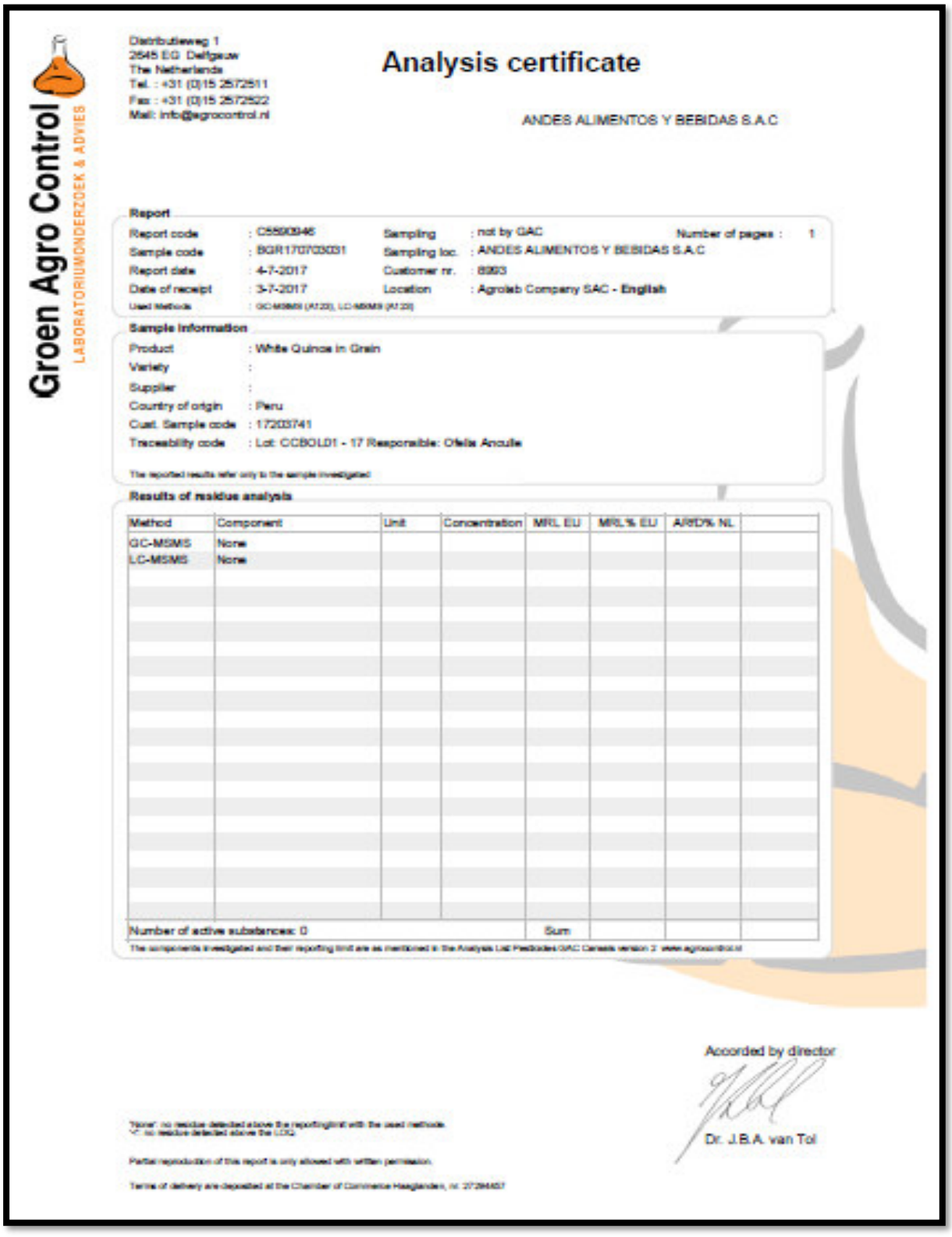
ANEXO N°3

Figura a. Gráfica de atributos sensoriales.



ANEXO N°4

RESULTADOS DE PESTICIDAS



Groen Agro Control
LABORATORIUMONDERZOEK & ADVIES

Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
The Netherlands
Tel. : +31 (0)15 2572511
Fax : +31 (0)15 2572522
Mail: info@agrocontrol.nl

Analysis certificate

ANDES ALIMENTOS Y BEBIDAS S.A.C

Report

Report code	: C55003046	Sampling	: not by GAC	Number of pages :	1
Sample code	: BGR170703031	Sampling loc.	: ANDES ALIMENTOS Y BEBIDAS S.A.C		
Report date	: 4-7-2017	Customer nr.	: 8993		
Date of receipt	: 3-7-2017	Location	: Agrolab Company SAC - English		
Used Methods	: GC-MSMS (AT23), LC-MSMS (AT23)				

Sample information

Product	: White Quinoa in Grain
Variety	:
Supplier	:
Country of origin	: Peru
Cust. Sample code	: 17203741
Traceability code	: Lot: CCBOLD1 - 17 Responsible: Ofelia Arcuile

The reported results refer only to the sample investigated

Results of residue analysis

Method	Component	Unit	Concentration	MRL EU	MRL% EU	ARfD% NL	
GC-MSMS	None						
LC-MSMS	None						
Number of active substances: 0				Sum			

The components investigated and their reporting limit are as mentioned in the Analysis List Pesticides GAC Cereals version 2 www.agrocontrol.nl

Accorded by director

Dr. J.B.A. van Tol

'None': no residue detected above the reporting limit with the used methods
'-': no residue detected above the LOQ

Partial reproduction of this report is only allowed with written permission.

Terms of delivery are deposited at the Chamber of Commerce Haaglanden, nr. 27284457

Groen Agro Control
LABORATORIUMONDERZOEK & ADVIES

Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
Tel. : +31 (0)15 2572511
Fax : +31 (0)15 2572522
Mail: info@agrocontrol.nl

Analysis certificate

AGROLAB COMPANY
SOLVENCIA ANALÍTICA

ANDES ALIMENTOS Y BEBIDAS S.A.C.

Report

Report Code	: C5579900	Sampling	: not by GAC	Number of pag:	1
Sample Code	: BGR170601677	Sampling	:		
Report Date	2-6-2017	Customer nr	: 8093		
Date of receipt	: 1-6-2017	Location	: Agrolab Company SAC - **English**		
Used Method	: GC-MSMS (AY23), LC-MSMS (AY23)				

Sample Information

Product	: Red Quinoa in grain
Variety	:
Supplier	:
Country of origin	: Peru
Cust. sample code	: 17203068
Traceability code	: Lot: AASQG0542017 Responsible: Ofelia Ancule

The report results are refer to the sample investigated

Results of residue analysis

Method	Component	Unit	Concentration	MRL EU	MRL% EU	ARfD% NL	
GC-MSMS	None						
LC-MSMS	None						
Number of active substances: 0				Sum			

The components investigated and their reporting limit are as mentioned in the Analysis List Pesticides GAC Cereals version 2 www.agrocontrol.nl

El director

Dr. J.B.A. van Tol

'Nd': no se detecta residuo por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método.
'<': no se detecta residuo por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método.

La reproducción parcial de esta información sólo está permitida bajo permiso por escrito.

Los términos de envío se encuentran en la Cámara de Comercio de Haaglanden, nr. 27264457

Groen Agro Control
LABORATORIUMONDERZOEK & ADVIES
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
Tel. : +31 (0)15 2572511
Fax : +31 (0)15 2572522
The Netherlands
Mail: info@agrocontrol.nl

Analysis certificate

ANDES ALIMENTOS Y BEBIDAS S.A.C.

Report

Report code	: C5605043	Sampling	: not by GAC	Number of pages :	1
Sample code	: BGR1708023838	Sampling loc.	: ANDES ALIMENTOS Y BEBIDAS S.A.C.		
Report date	: 7-8-2017	Customer nr.	: 8883		
Date of receipt	: 3-8-2017	Location	: Agrolab Company SAC - English		
Used Methods	: GC-MSMS (AV22), LC-MSMS (AV23)				

Sample information

Product : Black Quinoa	Country of origin : Peru
Variety :	Traceability code : 17204777
Supplier :	Cust. Sample code : Lot AASGNO752017 Responsible

The reported results refer only to the sample investigated

Results of residue analysis

Method	Component	Unit	Concentration				
GC-MSMS	None						
LC-MSMS	None						

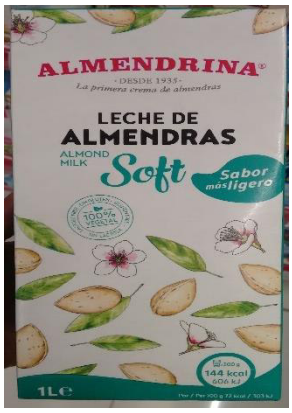
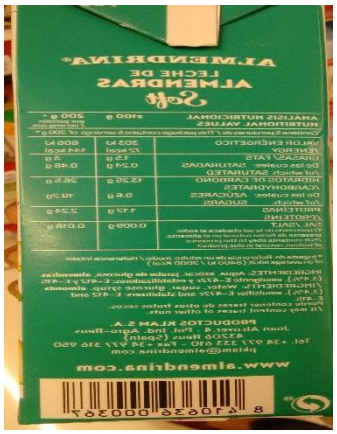
The components investigated and their reporting limit are as mentioned in the Analysis List Pesticides GAC Cereals version 2 www.agrocontrol.nl

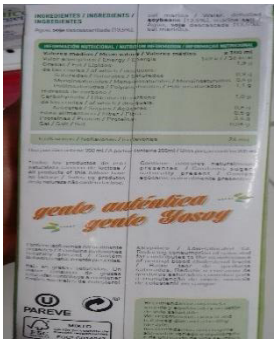
(on behalf of) Dr. J.B.A. van Tol
director: .....

None: no residue detected above the reporting limit with the used methods.
Partial reproduction of this report is only allowed with written permission.

Terms of delivery are deposited at the Chamber of Commerce Haaglanden, nr. 27284457

ANEXO N° 5

BEBIDAS VEGETALES COMERCIALES		
Leche de almendras		
Leche de coco		
Leche de arroz		
Leche de almendras con vainilla		

Leche de soya		
Leche de almendra orgánica		
Leche de soya		

ANEXO N°6

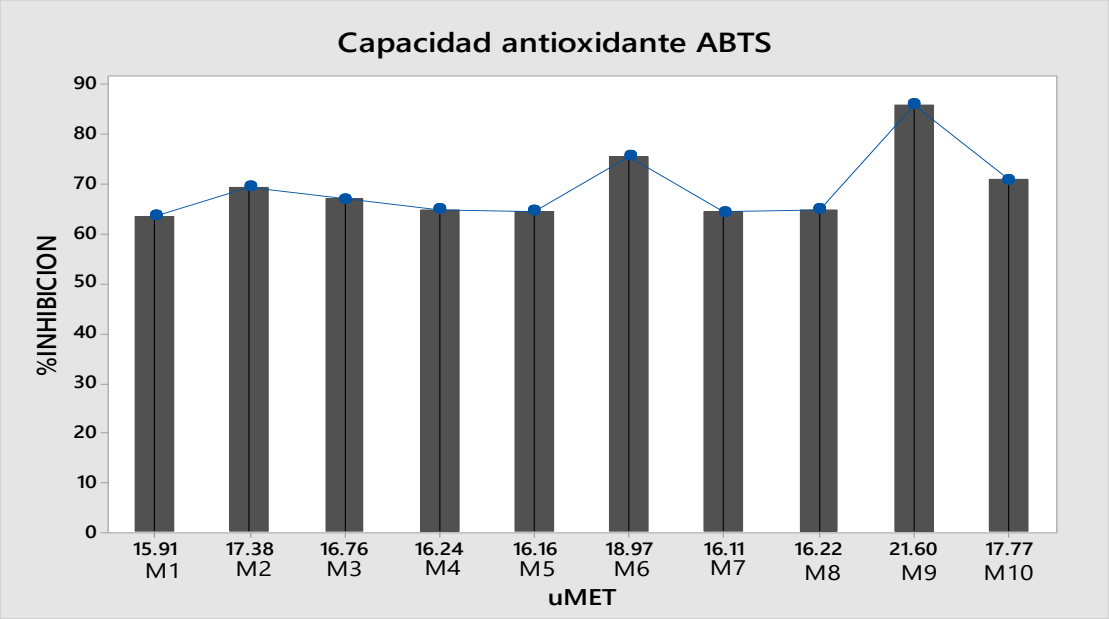
Comparación de características nutricionales de diferentes bebidas vegetales comerciales.

Análisis en base g/100g	Bebida de quinua germinada	Bebida de soya (Soy vida)	Bebida de soya (Laive)	Leche de almendras (Isola Bio)	Leche de almendras (Almendrina)	Leche de almendras + vainilla (Pacific Organic)	Leche de arroz (Nature´s heart)	Leche de coco (Nature´s heart)
Humedad	92.8	----	-----	-----	-----	----	----	---
Proteínas	1.93	7	4	1.6	1.6	1	1	0
Grasas	0.4	3.6	3	5.6	2.8	3	2.5	4.5
Cenizas	0.2	------	-----	-----	----	----	---	----
Carbohidratos	5.6	14.2	14	6.8	10.54	11	23	7
Energía total	**36.12 kcal**	**117 kcal**	**106 kcal**	**84 kcal**	**74 kcal**	**70 kcal**	**119 kcal**	**70 kcal**

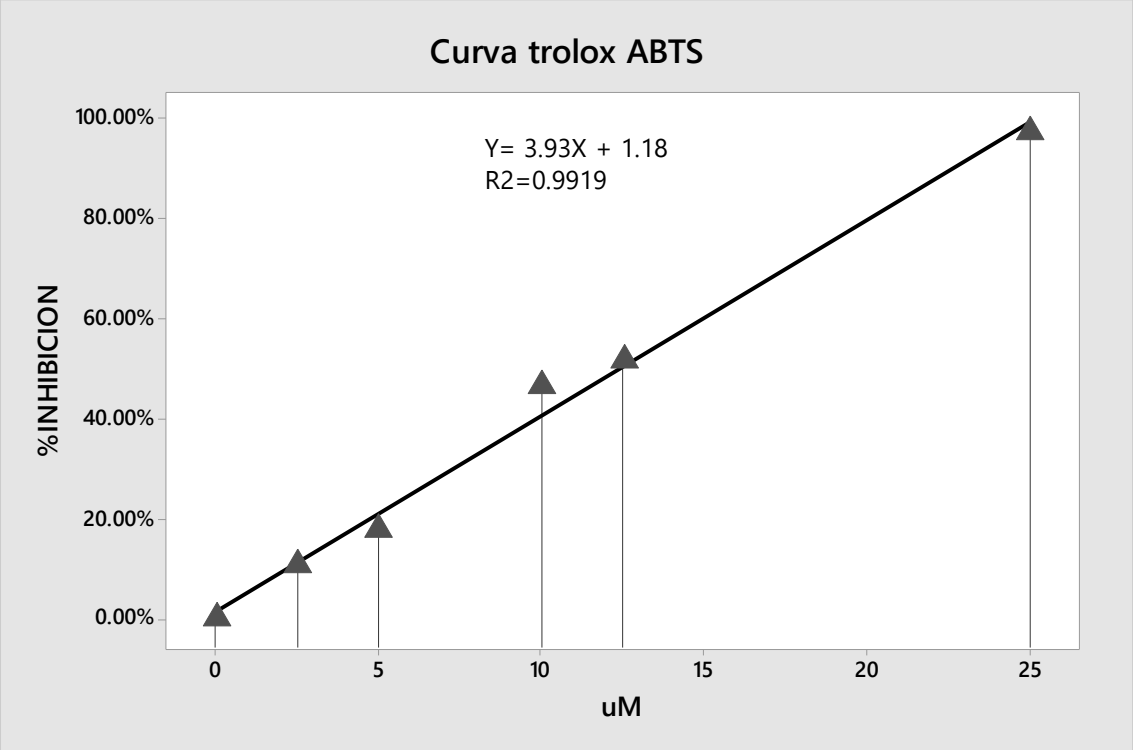
Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°7

Gráfica de porcentaje de inhibición en la bebida de quinua germinada

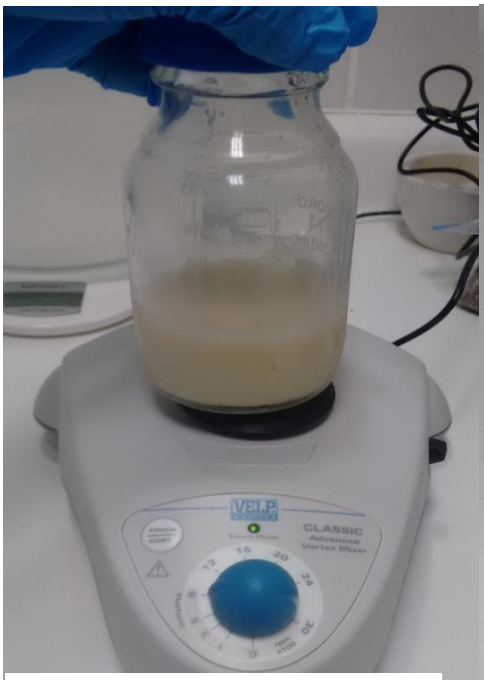


Curva de calibración con Trolox para determinar capacidad antioxidante ABTS



ANEXO N°8

ANÁLISIS MICROBIÓLOGICO DE LA BEBIDA



Homogenización de la muestra con con agua peptonada al 0.1%



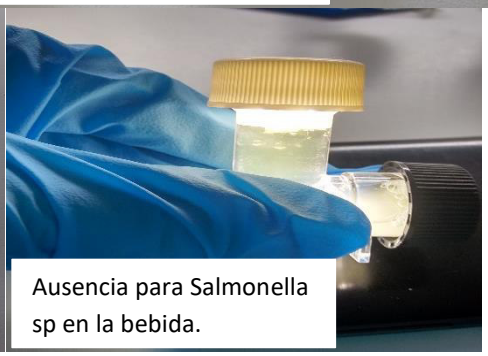
Placas Compact Dry TC, YM y EC.



1-2 Test ® para determinación de Salmonella sp



Resultados negativos para Aerobios mesófilos



Ausencia para Salmonella sp en la bebida.

ANEXO N°9
Evaluación sensorial de la bebida de quinua germinada.



Preparación de muestras para evaluación sensorial.



Evaluación de la bebida.



Jueces evaluadores de la bebida de quinua



Reactivos ABTS y Persulfato de potasio, para determinación de capacidad antioxidante.