



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

MAESTRÍA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

MODALIDAD DE TITULACIÓN PRESENCIAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magister
en Ciencia de los Alimentos

Tema: “EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE UN
SUPLEMENTO ALIMENTICIO DIRIGIDO A ADOLESCENTES ENTRE 12 A
18 AÑOS, A PARTIR DE HARINAS PRECOCIDAS DE PSEUDOCEREALES
ANDINOS: QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Y AMARANTO
(*Amaranthus caudatus*)”

Autor: Ing. Washington Xavier Carrera Borja

Director: Ing. Mayra Liliana Paredes Escobar, PhD.

Ambato – Ecuador

Enero - 2023



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

MAESTRÍA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

INFORMACIÓN GENERAL

TEMA: EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE UN SUPLEMENTO ALIMENTICIO DIRIGIDO A ADOLESCENTES ENTRE 12 A 18 AÑOS, A PARTIR DE HARINAS PRECOCIDAS DE PSEUDOCEREALES ANDINOS: QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Y AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)

AUTOR: Washington Xavier Carrera Borja
Ingeniero en Alimentos
carreraborjaxavier@gmail.com

DIRECTOR: Ing. Mayra Liliana Paredes Escobar PhD.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

- Producción agroalimentaria sostenible.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

**A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE
CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA**

El tribunal receptor del Trabajo de Titulación presidida por la Ing. Mirari Yosune Arancibia Soria PhD., e integrado por los señores: Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro PhD., Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar PhD., designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Informe de Investigación con el tema: Evaluación de la digestibilidad in vitro de un suplemento alimenticio dirigido a adolescentes entre 12 a 18 años, a partir de harinas precocidas de pseudocereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus*)", elaborado y presentado por el señor Ingeniero Washington Xavier Carrera Borja, para optar por el grado Académico de Magíster en Ciencia de los Alimentos; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Mirari Yosune Arancibia Soria PhD.
C. I. 1802142461
Presidenta del Tribunal

Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro PhD.
C. I. 1802738102
Miembro del tribunal 1

Ing. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar PhD.
C. I. 1802171353
Miembro del tribunal 2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Evaluación de la digestibilidad in vitro de un suplemento alimenticio dirigido a adolescentes entre 12 a 18 años, a partir de harinas precocidas de pseudocereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus*), le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Washington Xavier Carrera Borja, Autor bajo la Dirección de la Ingeniera. Mayra Liliana Paredes Escobar, PhD. Directora del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Washington Xavier Carrera Borja

C.I. 0502443625

AUTOR

Ing. Mayra Liliana Paredes Escobar PhD.

C.I. 0501873954

DIRECTOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el trabajo de titulación sirva como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigaciones, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines d difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento, dentro de las resoluciones de la Universidad.

Ing. Washington Xavier Carrera Borja
C.I. 0502443625
AUTOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

DEDICATORIA

A Dios por haberme brindado, salud, sabiduría y fortaleza, por estar siempre en cada pasó que doy y ayudarme a alcanzar los objetivos de mi vida.

A mis padres Laura y Nelson por ser siempre mi apoyo, fuerza y fortaleza en todo el proceso de mi vida estudiantil. Sin duda alguna que los dos son mi inspiración de perseverancia y sacrificio.

Gracias por la paciencia y el apoyo incondicional durante toda mi vida.

¡Gracias por forjar mi futuro, los amo!

En memoria de mamita Elina mi abuelita que siempre estará presente en mi corazón por cuidarme y protegerme desde el cielo.

Gracias a la vida por ponerme en mi camino a personas bondadosas, apasionadas por lo que hacen y por ser profesionales talentosos, en especial a mis amigos: Renato Pérez, Pilar Pazmiño, Gabriela Barragán, Paulina Rodríguez y Edwin Tapia.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme sabiduría para culminar mis estudios.

A mis padres por ser los pilares fundamentales de mi vida.

A mis maestros de cátedra de la Maestría que en el trayecto se convirtieron en grandes amigos: Santiago Cadena, Esteban Fuentes.

A la Universidad Estatal de Bolívar por prestarme sus instalaciones, equipos y reactivos para realizar la fase experimental.

A los Doctores: Mayra Paredes, Rubén Vilcacundo, Marcelo Vilcacundo por brindarme todas las facilidades para culminar mi proyecto de investigación.

A los Ingenieros: Roberto Morán y María Fernanda Quinteros por brindarme el conocimiento y accesibilidad de reactivos para realizar la fase experimental en los laboratorios de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

Un agradecimiento especial a mi amiga de toda la vida Lily Cerda quien me impulsó a seguir la Maestría.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

ÍNDICE GENERAL

INFORMACIÓN GENERAL	ii
A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA.....	iii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
CAPITULO II.....	5
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5
CAPITULO III	12
MARCO METODOLÓGICO	12
3.1. Ubicación	12
3.2. Equipos y Materiales	12
3.2.1. Materia prima	12
3.2.2. Recursos humanos.....	12
3.2.3. Materiales de laboratorio	12
3.2.4. Equipos empleados en la investigación.....	13
3.2.5. Reactivos empleados en la investigación	14
3.2.6. Metodología.....	15
3.3. Tipo de investigación	23
3.4. Prueba de Hipótesis	23
3.5. Población o muestra	24

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

3.6. Recolección de la información	24
3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico	24
CAPÍTULO IV.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Obtención de harina precocida de quinua y amaranto	25
4.2. Propiedades de pasta de los almidones	34
4.3. Caracterización de las proteínas de quinua y amaranto	35
4.4. Digestibilidad de almidón	38
4.5. Hidrólisis del almidón por α -amilasa	39
4.6. Cuantificación de almidón por el método enzimático	42
4.7. Cinética de digestión del almidón	43
4.8. Características proximales del suplemento	46
4.9. Necesidades de proteína en la dieta del adolescente	48
4.10. Análisis sensorial del suplemento	50
CAPÍTULO V.....	52
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	52
5.1. Conclusiones	52
5.2. Recomendaciones	53
5.3. Bibliografía.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Composición nutricional de la quinua y amaranto en comparación con los cereales trigo y arroz.....	8
Tabla 2. Cantidad de reactivos utilizados en digestibilidad de almidón in vitro	21
Tabla 3.Resultados de humedad de las harinas precocidas de quinua y amaranto.....	27
Tabla 4.Resultados de análisis de RVA de las harinas precocidas de quinua y amaranto.....	28
Tabla 5.Análisis de varianza para el parámetro de tiempo inicial de gelatinización.....	28
Tabla 6.Análisis de varianza para el parámetro del pico de viscosidad	29
Tabla 7.Análisis de varianza para el parámetro de viscosidad de caída.....	30
Tabla 8. Análisis de varianza para la viscosidad total.....	31

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Tabla 9. Concentración de maltosa diferentes tiempos.....	39
Tabla 10. Correlación de Pearson para las variables de absorbancia y concentración.....	40
Tabla 11. Cuantificación de almidón total	43
Tabla 12. Fracciones de carbohidratos generados durante la digestión in vitro del almidón del suplemento	44
Tabla 13. Fracciones de carbohidratos generados durante la digestión in vitro del almidón de maíz.....	45
Tabla 14. Análisis de varianza de las fracciones de carbohidratos	45
Tabla 15. Análisis proximal del suplemento	47
Tabla 16. Composición del premix g/kg de forma comercial	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de proceso para la obtención de harina precocida de quinua	25
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de harina precocida de amaranto.....	26
Figura 3. Intervalos de confianza de 95% de Tukey para tiempo inicial de gelatinización	29
Figura 4. Intervalos de confianza de 95% de Tukey para el pico de viscosidad	30
Figura 5. Intervalos de confianza de 95% de Tukey para el pico de viscosidad	31
Figura 6. Intervalos de confianza de 95% de Tukey para la viscosidad total	32
Figura 7. Curva de viscosidad de la harina de quinua precocida	32
Figura 8. Curva de viscosidad de la harina de quinua cruda.....	33
Figura 9. Curva de viscosidad del suplemento.....	34
Figura 10. Electroforesis SDS-PAGE del concentrado proteico. Estándar, A: Digestión gástrica 120 min; B: Digestión duodenal 120 min.	35
Figura 11. Análisis de electroforesis del CP de quinua: MW: estándar pesos moleculares, carril 1: digestión al tiempo (0), carril 2: digestión gástrica a 120 min, carril 3: digestión gastroduodenal a 60 min, carril 4: digestión gastroduodenal a 120 min, carril 5: blanco solo con enzimas digestivas.	36
Figura 12. Análisis de electroforesis del CP de amaranto: banda 1: estándar de pesos moleculares; banda 2: CP de amaranto; banda 3: digestión gástrica obtenida a pH 1.2; banda 4: digestión gástrica pH 2.0; banda 5: digestión	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

gástrica a pH 3.2; banda 6: digestión gástrica con pepsina a pH 2.0 y pancreatina a pH 7.0.....	36
Figura13.Gráficas de Prueba de Normalidad para Absorbancia y Concentración.....	40
Figura 14.Correlación entre absorbancia y concentración	41
Figura 15.Cuantificación de almidón total de la mezcla de harina de quinua y amaranto.....	42
Figura 16.Cinética de hidrólisis de almidón del suplemento y almidón de maíz	44
Figura 17.Intervalos de mg de maltosa/mg de almidón total.....	46
Figura 18.Análisis sensorial del suplemento alimenticio	50
Figura 19.Efectos principales.....	51



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

RESUMEN

Se obtuvo una mezcla efectiva de semillas ancestrales: quinua, amaranto, sachá inchi y chíá con un excelente perfil proteico y lipídico, además se demostró mediante los análisis en el RVA la obtención de una matriz homogénea con capacidad de retención de agua, formación y resistencia de gel, que incorpora ácidos grasos poliinsaturados y harinas precocidas. Mediante hidrólisis de la proteína en el suplemento se logró obtener un rendimiento del concentrado proteico del 72 por ciento a un pH de 4,0. Además, mediante la técnica de electroforesis se identificó una banda de inmunoproteína con un peso molecular de 30 KDa, se destaca la fracción de globulina 11S denominada chenopodina declarada como un alérgeno emergente resistente a la digestión gastroduodenal. Mediante el proceso de digestión del almidón del suplemento se pudo corroborar la efectividad de la matriz formulada, obteniendo el 85,39 por ciento de almidón lentamente hidrolizado a maltosas, alcanzando su máxima digestibilidad luego de una hora. Al realizar la caracterización del suplemento podemos concluir que si cumple con los requerimientos nutricionales para los adolescentes de acuerdo a la recomendación de ingesta diaria recomendada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Además, la incorporación de ácidos grasos esenciales en un microencapsulado al pulverizado de harinas precocidas permite que la matriz sea efectiva por su bioaccesibilidad, absorción y posterior transformación. El suplemento obtenido de semillas ancestrales consideradas como granos de oro presenta un perfil proteico adecuado para los adolescentes y un perfil lipídico balanceado. Para su aceptabilidad sensorial, se determinó que el mejor tratamiento escogido para los panelistas fue el sabor a fresa endulzado con sucralosa. El desarrollo de la investigación permitirá fortalecer la soberanía alimentaria, impulsando la producción de alimentos subdesarrollados, contribuyendo a la economía circular, reduciendo el consumo de agua y potenciando la actividad agrícola.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Palabras claves: digestibilidad in vitro, suplementos alimenticios, harinas precocidas, pseudocereales andinos, quinua, amaranto, inmunoproteína, chenopodina.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

ABSTRACT

An efficacious mixture made from ancestral seeds: quinoa, amaranth, sachachi and chia has optimal protein and lipid profile. In addition, it was demonstrated through the analyzes in the RVA the obtaining of a homogeneous matrix with water retention capacity, gel resistance and film formation, which incorporates polyunsaturated fatty acids and precooked flours. By hydrolysis the protein in the supplement, a protein concentrate yield of 72 percent was obtained at a pH of 4.0. In addition, by means of the electrophoresis technique an immunoprotein band with a molecular weight of 30 KDa was identified, highlighting the globulin fraction 11S called chenopodin, known as an emerging allergen resistant to gastroduodenal digestion. Through the digestion process of the starch in the supplement, it was possible to verify the efficacy of the formulated matrix, obtaining 85.39 percent of starch slowly hydrolyzed to maltoses, reaching its maximum digestibility after one hour. When carrying out the characterization of the supplement, we can conclude that it does meet the nutritional requirements for adolescents according to the recommended daily intake recommended by the Food and Agriculture Organization of the United Nations. In addition, the incorporation of essential fatty acids in a microencapsulation to the pulverized precooked flours allows the matrix to be effective due to its bioaccessibility, absorption and subsequent transformation. The supplement obtained from ancestral seeds considered as golden grains has a protein profile suitable for adolescents and a balanced lipid profile. For its sensory acceptability, it was determined that the best treatment chosen for the panelists was the strawberry flavor sweetened with sucralose. The development of the research will strengthen food sovereignty, promoting the production of underdeveloped foods, contributing to the circular economy, reducing water consumption and promoting agricultural activity.

Keywords: in vitro digestibility, food supplements, precooked flours, andean pseudocereal, quinoa, amaranth, immunoprotein, chenopodine.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Debido a la alta demanda de productos alimenticios que no contengan gluten, los pseudocereales (quinua, amaranto y trigo sarraceno) se han convertido en el sustituto ideal de los cereales tradicionales, debido a su composición equilibrada de aminoácidos, fuente esencial de antioxidantes y alto contenido en fibra dietética que provoca saciedad por la capacidad de retención de agua (Mudgil et al., 2019). Las investigaciones científicas han incrementado su accionar en la obtención de péptidos bioactivos derivados de proteínas alimentarias (Vilcacundo, 2017). Los péptidos bioactivos en el interior de las proteínas de los pseudocereales han demostrado beneficios para la salud; por ejemplo, la prevención del cáncer, la obesidad, la inflamación y enfermedades cardiovasculares (Cavazos & Gonzalez de Mejia, 2013). Investigaciones recientes evaluaron los péptidos bioactivos mediante pruebas in vitro de los pseudocereales quinua y amaranto, debido a que son patrones de referencia de proteínas insuperables para la dieta humana y que poseen una composición equilibrada de aminoácidos según los requerimientos de la FAO y la OMS (Vilcacundo, 2017) Los fragmentos de proteínas específicas se definen como péptidos, los cuales pueden presentar una función bioactiva con un impacto positivo efectivo en las condiciones y funciones de la salud humana. Los péptidos bioactivos se caracterizan por su influencia en la composición y la secuencia de aminoácidos; así mismo, en dependencia de estos dos factores, esta bioactividad se asocia a las funciones antimicrobianas, antioxidantes, antitrombóticas, opiáceas, de unión mineral, hipocolesterolémicas y antihipertensivas (Ngho & Gan, 2016).

Es preciso mencionar que la digestión gastrointestinal es un proceso fundamental para la salud de los seres vivos, mediante un conjunto de



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

reacciones se produce la degradación de los alimentos y la transformación de macromoléculas a moléculas más pequeñas, con el fin de facilitar la absorción para el organismo. Así mismo, durante la digestión humana se provoca simultáneamente una ruptura mecánica y luego una hidrólisis enzimática de glúcidos, proteínas y lípidos a través de enzimas presentes en la saliva, estómago y el intestino delgado (Guerra et al., 2012). Así pues, la degradación de los alimentos se produce principalmente en la cavidad bucal, en donde se mezcla la enzima amilasa contenida en la saliva que cataliza la hidrólisis del almidón en azúcares (Vilcacundo, 2017).

La digestión gastrointestinal *in vitro* simulando condiciones fisiológicas, se convierte en un instrumento muy útil para la evaluación y estudio de la estabilidad de los péptidos frente a las enzimas digestivas. No obstante, para conseguir resultados más efectivos se realiza la digestión gastrointestinal *in vivo* de alimentos, simulada en animales y en humanos, tomando en cuenta implicaciones éticas, costo y tiempo (Matsui et al., 2002).

Los alimentos contienen nutrientes y compuestos bioactivos que dependen de la capacidad de absorción en respuesta fisiológica de cada persona. Además, las interacciones físicas y químicas actúan de forma diferente en forma combinada que de forma individual (Thomas et al., 2018) Es decir, la biodisponibilidad de las matrices pueden modificarse por el origen, tipo de procesamiento, estructura individual o parte de un compuesto (Probst, 2018). La matriz alimentaria interactúa en el organismo de acuerdo con la cantidad de nutrientes absorbidos, la transformación bioquímica en el tracto gastrointestinal y la posterior liberación de compuestos benéficos (Aguilera, 2018). Así mismo, la cantidad de macronutrientes absorbidos en el epitelio del intestino delgado dependen de su contenido calórico. Sin embargo, existe gran cantidad de nutrientes que se dispersan en ciertos alimentos aun cuando la eficacia de la hidrólisis en el intestino sea más del 90% (Capuano et al., 2018).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Del mismo modo, existen tres factores específicos que regulan la digestión después del consumo: Barreras estructurales para la digestión de macronutrientes (matriz alimentaria), organización estructural de macronutrientes, interferencia de componentes dietéticos en procesos de digestión (Marconi et al., 2018).

Por tanto, los alimentos con potencial de prevención de enfermedades a través del consumo de compuestos bioactivos han despertado el interés de los consumidores que quieren cambiar su estilo de vida. Por otra parte, la industria alimentaria y farmacéutica promueve la innovación y desarrollo de superalimentos con capacidades nutraceuticas en beneficio a la salud del consumidor (Vella et al., 2013).

1.2. Justificación

Una de las principales causas de muerte a nivel mundial detalladas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es la malnutrición. Es así, que una alternativa importante que contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son las proteínas vegetales, debido a que pueden sustituir a las proteínas de origen animal como la caseína (Di Cairano et al., 2020), (García-Salcedo et al., 2017).

Actualmente, las tendencias de consumo priorizan productos de origen vegetal endémico y ancestral con propiedades nutritivas efectivas y compuestos bioactivos con potencial de reducir el riesgo de enfermedades (Albuquerque et al., 2020).

Así pues, para el aprovechamiento de los compuestos bioactivos dentro de una matriz alimentaria podemos beneficiarnos de las tecnologías emergentes de procesamiento, que se traduce en la coingestión con otros compuestos alimentarios mejorando así la biodisponibilidad y bioeficacia del suplemento alimenticio (Adesegun Kehinde et al., 2020).



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

El presente trabajo de investigación integró los conocimientos científicos adquiridos en estudios anteriores recientes para desarrollar una formulación que permita disponer de un suplemento a partir de pseudocereales andinos de alto valor nutricional accesible en Ecuador.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la digestibilidad gastrointestinal de un suplemento alimenticio a partir de pseudocereales andinos.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la digestibilidad de la proteína del suplemento.
- b. Determinar la digestibilidad del almidón del suplemento.
- c. Evaluar las características fisicoquímicas del suplemento.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

**CAPITULO II
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

En la actualidad, se ha descubierto las características funcionales de la obtención de péptidos bioactivos de matrices vegetales para promover la salud. Un número considerable de investigaciones se han enfocado en el desarrollo de suplementos alimenticios con efectos funcionales que incluyen actividades antioxidantes, antitumorales, antiinflamatorias, hipocolesterolémicas y antiproliferativas (Rizzello et al., 2016).

La calidad de las proteínas extraídas mediante técnicas de hidrólisis enzimática de pseudocereales se basa en el índice nutricional, valor biológico, composición de aminoácidos esenciales, valor de digestibilidad in vitro y eficiencia del aislamiento de las proteínas (Malik & Singh, 2021).

Mediante la digestibilidad de la proteína se puede estimar la calificación de aminoácidos, con el fin de simbolizar su calidad en la dieta humana en sus diferentes etapas de vida (Machado & Oliveira, 2019).

Así mismo, un aminoácido esencial se lo debe obtener mediante una dieta basada en un complemento alimenticio, ya que los humanos no pueden sintetizarlo en el organismo (Malik & Singh, 2021).

Por otro lado, debemos indicar que la digestibilidad in vitro de los pseudocereales es relativamente alta mayor al 70%, para considerar que las proteínas sean valiosas nutritivamente y obtener una ingesta adecuada de un complemento alimenticio (Chauhan & Kanwar, 2019).

La quinua y el amaranto contienen aminoácidos equivalentes a aquellos presentes en el huevo y en la caseína, de la misma forma contienen péptidos bioactivos que dependen de la capacidad de absorción en respuesta fisiológica de cada persona. Además, generan una reactividad inmunoquímica



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

de la gliadina para poder ser consumido por los celíacos (Martínez-Villaluenga et al., 2020).

Proteína

La proteína de los pseudocereales es considerada como uno de los macronutrientes más importantes en la ingesta de los seres humanos, porque contiene la mayor cantidad de aminoácidos esenciales (Janssen et al., 2016).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación eligió a la quinua como un pseudocereal importante para la seguridad alimentaria. Así también, la NASA ha considerado a la quinua como un alimento para los viajes espaciales ya que puede proveer una dieta equilibrada (Acosta et al., 2016).

Por otra parte, el amaranto es considerado como el alimento más nutritivo del mundo debido a su contenido alto en proteínas de calidad, calcio y vitamina C (Vilcacundo, 2017).

En efecto, el amaranto posee un balance de aminoácidos requerido para una adecuada nutrición humana. Según la (FAO, 2013), el diseño de un complemento nutricional en combinación de la harina de quinua y amaranto en proporciones similares alcanzan un patrón de referencia de proteínas en la dieta humana. Además, tener en cuenta el uso de los recursos no renovables para la producción de proteína de origen vegetal promueve la agroindustria nacional. La misma que se vuelve eficiente, pues para la producción de proteína de origen animal se requiere 100 veces más la cantidad de agua en relación a la producción de proteína de origen vegetal (Kumar et al., 2021).

Cabe considerar, que la calidad de la proteína es importante ya que proporciona la cantidad adecuada de aminoácidos esenciales, digestibilidad y posterior liberación de compuestos bioactivos (Mattila et al., 2018).



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Los compuestos bioactivos de las proteínas de los pseudocereales actúan en respuesta fisiológica de forma particular, es decir que pueden formar parte del sistema inmunológico para proteger al cuerpo contra diferentes enfermedades (Mir et al., 2018).

Así también, las proteínas de alta calidad favorecerán a mantener la salud ósea, reducción de colesterol y mejoramiento de la masa muscular (Kumar et al., 2021).

Almidón

Los almidones nativos de los pseudocereales se pueden emplear como estabilizadores en la industria alimentaria ya que presentan un tamaño pequeño del gránulo (Wolter et al., 2013)

En el mismo contexto, una de las curiosidades a enfatizar es que los almidones de quinua y amaranto poseen propiedades similares, es así que los dos pseudocereales contienen un patrón que exhiben los cereales y se denomina cristalinidad tipo A, determinante en las propiedades fisicoquímicas y funcionales (Jan et al., 2017).

Para predecir la respuesta metabólica del almidón en productos alimenticios el procedimiento adecuado es la digestión in vitro (Perez-Rea & Antezana-Gomez, 2018).

La quinua y el amaranto poseen efectos beneficiosos sobre la hiperglucemia y la reducción de ácidos grasos. Además, se ha demostrado en estudios realizados en celíacos que el consumo de quinua influyó en bajos niveles de ácidos grasos y triglicéridos con respecto a los pacientes que consumieron pan y pasta libre de gluten (Navia, 2016).

Existen muchas características importantes de los almidones de pseudocereales a destacar como, por ejemplo: la calidad de amilosa y amilopectina, la capacidad de gelatinización, gelificación y retrogradación. Así

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

también, una de las características más importantes es que son hipoalergénicos, lo cual es muy importante al momento de desarrollar un producto alimenticio destinado para humanos. Así también, debido a su funcionalidad y versatilidad las harinas de pseudocereales son empleadas para desarrollar suplementos alimenticios sin gluten y con un perfil nutricional mejorado en relación a la composición equilibrada de macronutrientes (Perez-Rea & Antezana-Gomez, 2018)

Características nutricionales de la quinua y amaranto

La composición de valores nutricionales de quinua y amaranto en comparación con otros alimentos importantes como el arroz y el trigo se muestran en la Tabla 1, en donde se puede observar la superioridad de la quinua y amaranto sobre los otros cereales en relación al contenido de proteínas, lípidos y cenizas (USDA, 2015)

Tabla 1. Composición nutricional de la quinua y amaranto en comparación con los cereales trigo y arroz

Nutriente	Quinua	Amaranto	Trigo	Arroz
Energía (kcal)	357-368	391	340	354
Proteína total ^a	13,1-16,7	13,0-19,0	11,3	6,8
Grasa total ^a	5,5-7,4	4,8-8,1	1,7	0,7
Carbohidratos ^a	59,9-74,7	71,8	63,7	79,7
Fibra ^a	7,0-11,7	3,5-5,0	12,2	0,6
Cenizas ^a	2,7-3,8	3,0-3,3	1,5	0,5
Minerales ^b				
Ca	27,5-148,7	187,0	35,0	22,0
Fe	1,4-16,7	10,0	5,0	1,4
Mg	26,0-502,0	288,0	103,0	NA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

P	140,0-530,0	455,0	393,0	119,0
K	696,7-1475,0	420,0	478,0	80,0
Na	11,0-31,0	32,0	2,0	31,0
Zn	2,8-4,8	1,0	3,7	0,6
Cu	1,0-9,5	4,0	0,4	0,1
Vitaminas ^b				
Ácido ascórbico (C)	4,0-16,4	1,25-2,9	ND	ND
α-tocoferol (E)	2,6-5,4	1,9	1,4	0,7
Tiamina (B ₁)	0,3-0,4		0,5	0,2
Riboflavina (B ₂)	0,3-0,4	0,2	0,1	0,1
Niacina (B ₃)	1,1-1,5	1,6-2,8	5,1	4,4
Piridoxina (B ₆)	0,5	0,5-0,6	0,3	0,3
Folato	0,2		0,1	0,1
Aminoácidos esenciales ^c				
Histidina	1,4-5,4	2,5	2,4	2,4
Isoleucina	0,8-7,4	3,7	4,3	4,3
Leucina	2,3-9,4	5,7	8,3	8,3
Lisina	2,4-7,8	8,0	3,6	3,6
Metionina	0,3-9,1	4,2	2,4	2,4
Cisteína	0,1-2,7	4,0	2,1	2,0
Fenilalanina + Tirosina	2,7-10,3	7,7	8,7	8,7
Treonina	2,1-8,9	3,6	3,6	3,6
Triptófano	0,6-1,9	1,5	1,2	1,2
Valina	0,8-6,1	4,3	6,1	6,1

^a g/100 g materia comestible

^b mg/100 g materia seca

^c g/100 g proteína

NA: No disponible

ND: No detectado

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Fuente: Tomado de ((Becker et al., 1981),(Abugoch James, 2009),(Vega-Gálvez et al., 2010),(Hübner & Arendt, 2013),(Venskutonis & Kraujalis, 2013),(Ogrodowska et al., 2014),(Carrillo et al., 2015),(Navruz & Sanlier, 2016),(Nowak et al., 2016),(Acosta et al., 2016).

Es importante considerar la cantidad y calidad adecuada de proteínas que fluctúan entre 13 y el 19% en promedio superando a los cereales más consumidos en el mundo como el arroz, maíz y cebada (Chirinos et al., 2018). Con respecto al contenido de lípidos de las semillas de quinua (5,5 a 7,4 g/100 g de materia comestible) es superior a las del trigo (1,7 g/100 g de materia comestible) y arroz (0,7 g/100 g de materia comestible) (Navruz & Sanlier, 2016). El principal ácido graso saturado en la quinua es el ácido palmítico en un 10% del total de ácidos grasos, mientras que los ácidos grasos insaturados representan el 88%; entre ellos están el ácido oleico, linoleico y alfa-linoleico presentes en las semillas y son similares al contenido de ácidos grasos de la soja (Carrasco-Castilla et al., 2012).

Por otro lado, el contenido de hidratos de carbono de la quinua es equivalente a los cereales arroz y trigo, (32% a 69%), siendo el almidón el principal. El contenido de fibra de la quinua es similar a la del trigo (Mattila et al., 2018).

Propiedades biológicas de la quinua y amaranto

La quinua y amaranto presentan grandes beneficios nutricionales, orientado a varios grupos de consumidores considerados de riesgo como los ancianos, niños, celíacos e intolerantes a la lactosa (Navruz & Sanlier, 2016). Los beneficios se relacionan con el contenido de proteínas, ácidos grasos, fibra, vitaminas y minerales. Así como también, la presencia de fitoquímicos como los fitoesteroles, fitoecdisteroides, saponinas y compuestos fenólicos que tendrán un efecto protector a nivel cardiovascular, gastrointestinal y metabólico (López et al., 2018).



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Suplemento alimenticio

El concepto de alimentos funcionales se define como productos alimenticios utilizados en dietas tradicionales que proporcionan efectos beneficios a la salud del consumidor. Además, se potencia sus actividades a través de alimentos ancestrales, endémicos que se desconocía sus propiedades (Harasym et al., 2020).

Actualmente, se han desarrollado productos funcionales libres de gluten enfocándose a un segmento de mercado vegetariano a base de alimentos ancestrales y considerados por la FAO como alternativa para combatir la malnutrición. Sin embargo, los principales productos reconocidos por los consumidores son los de panadería (pan, galletas, pasteles, muffins) snacks y bebidas (Martínez-Villaluenga et al., 2020).

Adición del encapsulado que contenía aceites saludables provenientes de semillas ancestrales (chía y sachá inchi)

La encapsulación de aceites de semillas ancestrales mediante secado por aspersión se introducirá en la matriz alimentaria de forma efectiva para garantizar su máxima absorción y digestibilidad sin alterar las características sensoriales (Feizollahi et al., 2017).



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

**CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Ubicación

La fase experimental se desarrolló en el laboratorio de alimentos funcionales del centro de investigación de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato y en el centro de investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

3.2. Equipos y Materiales

3.2.1. Materia prima

Para la investigación se utilizó quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) variedad Tunkahuan de la empresa La Pradera ubicada en la provincia de Cotopaxi y amaranto (*Amaranthus caudatus*) variedad Alegría adquirida en la empresa Mudgil ubicada en la provincia de Bolívar, encapsulado de chíá, y sachá inchi de la empresa Fakulti ubicada en la provincia de Cotopaxi, premix de vitaminas y minerales.

3.2.2. Recursos humanos

Autor: Ing. Washington Xavier Carrera Borja

Director del proyecto de investigación:

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar PhD

3.2.3. Materiales de laboratorio

Esferas de ebullición

Espátulas

Gradillas

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Magnetos

Micropipetas de (0 – 10 µl), (0 – 100 µl), (10-1000 µl)

Papel aluminio

Parafilm

Pinzas

Pipetas graduadas de 1, 5, 10 y 25 ml

Pisetas de plástico

Probetas graduadas de 10, 25, 50 y 100 ml

Puntas de 200 y 1000 µL

Tubos eppendorf de 1,5 y 2 ml

Tubos de vidrio de 15 ml con tapa rosca

Tubos falcon de 50 ml

Vasos de precipitación de 100, 500 y 1000 ml

3.2.4. Equipos empleados en la investigación

Agitador orbital (Thermo Scientific)

Agitador vertical (Fisher Scientific)

Agitador vórtex (VWR)

Balanza analítica (VWR-224AC)

Balanza infrarroja para humedad METTLER TOLEDO HX204

Centrifuga 5804 R (Eppendorf)

Congelador (Panasonic)

Deshidratador eléctrico industrial (CT-C-II)

Equipo de electroforesis SDS-PAGE (Bio Rad Mini-PROTEAN® Tetra System)

Espectrofotómetro (Thermo Scientific)

Fotodocumentador AnalytikJena GelTower y el software Visión Works versión 8.20

Liofilizador (Vir Tis SP Scientific)

Microcentrífuga (Labnet 5702)

pH- metro (Thermo Scientific)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Plancha de agitación (Fisher Scientific)

Pulverizador industrial (Zion)

Refrigerador (Indurama Modelo RI-470)

Termo agitador TR100-G

Viscosímetro RVA (Perten)

3.2.5. Reactivos empleados en la investigación

Ácido acético glacial (Merck)

Ácido clorhídrico 37% p/p (MERCK)

Acrilamida (BIO-RAD)

Azul de bromofenol (BIO-RAD)

Azul de coomassie (BIO-RAD)

Bicarbonato de sodio (Merck)

Bisacrilamida (BIO-RAD)

Cloruro de calcio (Merck)

Cloruro de sodio (Merck)

Cloruro de potasio (Merck)

DNS 3,5-dinitrosalicílico 98% (Merck)

Estándar de proteína de 10 a 250 KDa (BIO-RAD)

Enzima α -amilasa (SIGMA-ALDRICH 5 U/mg de sólido)

Enzima pepsina (SIGMA ALDRICH 3200 U/mg)

Enzima pancreática (SIGMA-ALDRICH 4500 U/mg)

Extracto de bilis (SIGMA-ALDRICH)

Fosfato monopotásico (Merck)

Fosfato monosódico (Merck)

Glicerina (BIO-RAD)

Glicerol (Invitrogen)

Glucosa grado analítico

Hidróxido de sodio (Merck)

Maltosa grado analítico (BDH REAGENT)

Mercaptoetanol (BIO-RAD)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Metanol (Merck)

Persulfato de amonio (BIO-RAD)

SDS (dodecil sulfato sódico) (BIO-RAD)

Temed Tetrametiletilenodiamina (BIO-RAD)

Tartrato de sodio y potasio (Merck)

Tris-HCl (BIO-RAD)

3.2.6. Metodología

3.2.6.1. Obtención de la mezcla de harina precocida de quinua y amaranto

Para obtener la harina precocida de los pseudocereales se realizó una cocción de la quinua a 75°C por 12 minutos y una cocción del amaranto a 75°C por 10 minutos, luego se procede a un secado por aire caliente en un deshidratador eléctrico industrial (CT-C-II) a 70°C por 8 horas para la quinua y 9 horas para el amaranto y finalmente se realiza la pulverización en un pulverizador industrial (Zion), el tamaño de partícula que se obtuvo fue de 150 µm.

3.2.6.2. Determinación de la humedad de las harinas precocidas de quinua y amaranto

Para cuantificar la humedad en las harinas se siguió el método de determinación gravimétrica de la AOAC (32.1.03).

3.2.6.3. Concentrado de proteína de harina de quinua y amaranto

El concentrado de proteína fue preparado de acuerdo al método descrito por (E. N. Martínez & Añón, 1996) con modificaciones. La mezcla de harinas precocidas de quinua y amaranto fue dispersada en agua a una proporción 1:10 p/v, para luego ajustar la suspensión a un pH de 8,0 con la adición de NaOH 2 M, luego se agitó por una hora en una plancha para luego centrifugar a 4500 rpm a 25°C por 30 minutos; se descartó el precipitado y se trabajó con el sobrenadante para luego ajustarlo a un pH de 3,0 con HCl 2 N.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

El cambio del pH de las proteínas se produce con la precipitación ácida durante 24 horas en reposo a una temperatura de 4 a 8°C, los precipitados fueron neutralizados con NaOH 0,1 M. Finalmente se congeló a -80°C en un ultracongelador marca Panasonic y luego se liofilizó bajo las condiciones estándar del equipo de la marca (Vir Tis SP SCIENTIFIC).

El rendimiento se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{P_f}{P_o} \times 100$$

Donde:

P_f: Peso final de la muestra liofilizada

P_o: Peso inicial de la mezcla de harina de quinua y amaranto

3.2.6.3. Cuantificación de proteína por el método DUMAS

Para cuantificar la proteína se siguió la metodología descrita por (Bellomonte et.al., 1987), para lo cual se pesó 50 mg de concentrado proteico y se le coloca en papel aluminio en los carretes del equipo (Vel Scientific-NDA Series), luego se escogió una curva estándar de calibración con ácidoetilendiaminotetracético (EDTA) para calibrar según el rango de concentración de proteína. Se adjunta en el ANEXO A, el certificado de análisis del Laboratorio de Análisis de Alimentos LACONAL, curva de calibración para determinar proteína y la curva de calibración con EDTA

3.2.6.4. Estudio de la digestibilidad gastrointestinal *in vitro* de las proteínas de la mezcla de quinua y amaranto

El procedimiento fue adaptado de (Minekus et al., 2014), en donde se simulará las condiciones fisiológicas de la digestión de los humanos. Previamente se preparó los simuladores de la fase oral, gástrica e intestinal.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Adjunto en el Anexo A8, la preparación de las soluciones de fluidos para digestión

Fluido salival simulado (SSF): Se mezcló 302 μL de KCl, 74 μL de KH_2PO_4 , 136 μL de NaHCO_3 y 10 μL de $\text{MgCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$, se aforó a 10 ml con agua destilada y se ajustó a un pH de 7,0.

Fluido gástrico simulado (SGF): Se mezcló 345 μL de KCl, 45 μL de KH_2PO_4 , 625 μL de NaHCO_3 , 590 μL de NaCl, 20 μL de $\text{MgCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$, se aforó a 25 ml con agua destilada y se ajustó a un pH de 3,0.

Fluido intestinal simulado (SFI): Se mezcló 340 μL de KCl, 40 μL de KH_2PO_4 , 2125 μL de NaHCO_3 , 480 μL de NaCl, 55 μL de $\text{MgCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$, se aforó a 25 ml con agua destilada y se ajustó a un pH de 7,0.

A continuación, se realizó la preparación de las fases de digestión gastrointestinal simulada:

Digestión gástrica del concentrado proteico a 120 minutos a pH 3,0

En un eppendorf de 2 ml se mezcló 0,5 mg de concentrado proteico de la mezcla de quinua y amaranto con 800 μL de pepsina porcina (250 U/mg), luego se añadió 15 μL de cloruro de calcio (55,49 mg disueltos en 5ml de agua destilada), luego se añadió 185 μL de fluido salival simulado (SSF). Por último, se colocó la mezcla en frascos de vidrio herméticos y se trasladó a un agitador orbital (Thermo Scientific) por 120 minutos a 200 rpm a una temperatura de 37°C, la mezcla se transportó al ultracongelador a -80°C por 48 horas y finalmente liofilizar.

Digestión duodenal del concentrado proteico a 120 minutos a pH 7,0

En un eppendorf de 2 ml se mezcló 0,5 mg de concentrado proteico de la mezcla de quinua y amaranto con 200 μL de pancreatina (100U/mg), se añadió 400 μL de Bilis (10 Mm), luego se añadió 120 μL de cloruro de calcio

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

(55,49 mg disueltos en 5 ml de agua destilada), luego se añadió 1280 μL de fluido intestinal simulado (SFI). Se colocó la mezcla en frascos herméticos para trasladarlo a un agitador orbital (Thermo Scientific) durante 120 minutos a 200 rpm a una temperatura de 37°C, la mezcla se transportó al ultracongelador a -80°C por 48 horas y finalmente liofilizar. Finalmente se preparó un blanco utilizando las enzimas de las digestiones sin el concentrado proteico de la quinua y amaranto. Los digeridos fueron analizados mediante electroforesis SDS-PAGE.

3.2.6.5. Electroforesis (SDS-PAGE)

Para el procedimiento se empleó el método descrito por (Laemmli, 1970) con modificaciones, aplicando la técnica de electroforesis en gel de poliacrilamida con dodecil sulfato de sodio (SDS PAGE). Las muestras fueron sometidas a un campo eléctrico de 200 V por 30 minutos en un buffer Tris-HCl y se usó el equipo Bio-Rad LifeScience, USA modelo Mini Protean II

3.2.6.6. Preparación de la muestra

Se pesaron 10 mg del concentrado proteico de quinua y amaranto a pH 3,0 en un tubo eppendorf de 1,5 mL, se añadió 1mL de agua destilada y se agitó en un vórtex VWR, de la dilución se tomó 200 μL y se añadió 200 μL de buffer de muestra. La muestra fue calentada en una microincubadora a 90°C por 5 minutos a 500 rpm.

3.2.6.7. Separación electroforética

El gel de separación se preparó al 12% de acrilamida, luego de la gelificación se procedió a formar un gel concentrador con el 4% de acrilamida. Se coloca el peine para que se formen los pocillos. Una vez formado el gel se introduce en la cámara electroforética y se coloca 10 μL de estándar y 10 μL de muestra. Finalmente, la cámara se llenó con una solución del buffer running.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

3.2.6.8. Cuantificación de almidón total mediante hidrólisis ácida

En un Erlenmeyer se suspendió los 5 gramos de la muestra de la mezcla de harina de quinua y amaranto en 50 mL de agua desmineralizada y 5 ml de ácido clorhídrico, luego se transfirió a un baño maría durante 10 minutos, se dejó enfriar y luego se colocó fenolftaleína y el hidróxido de sodio al 40% hasta que la solución se torne de color rosado, la solución fue transferida a un balón de aforo de 100 ml y aforar con agua desmineralizada.

En un balón de aforo de 25 ml se colocó el reactivo de Luff-Schoorl, se añadió 24 ml de agua desmineralizada y 1 ml de la solución 1, a continuación, se colocó un núcleo de ebullición y se dejó hervir la muestra durante 20 minutos, una vez que se enfrió la muestra se colocó 3 gramos de yoduro de potasio y se agregó 20 mL de ácido sulfúrico 3 M. Finalmente se tituló con tiosulfato de sodio 0.1 N.

Para calcular el porcentaje de azúcar se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Azúcares} = \frac{mg \times A \times 100}{a \times gmuestra \times 1000}$$

Siendo:

mg = glucosa, fructosa o azúcar invertido

A = aforo

a = alícuota tomada

g = gramos de muestra

$$\% \text{ Almidón} = \% \text{ azúcares} \times 0.925 \quad (\text{AOAC Official Method 920.83, 2000})$$

El laboratorio de la facultad no cuenta con el reactivo Luff-Schoorl requerido para el procedimiento, por lo que se lo realizó en el laboratorio de Multianalytica Cia. Ltda. Se adjunta en el Anexo A4, el resultado obtenido para la cuantificación de almidón mediante hidrólisis ácida



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

3.2.6.9. Cuantificación de almidón total mediante hidrólisis enzimática

Para determinar el almidón total se siguió la metodología descrita por (Goñi et al., 1997) con modificaciones. Se pesó 50 mg de la muestra y se añadió 6 ml de KOH 2M con agitación a temperatura ambiente por 30 minutos, luego se añadió 3 ml de buffer acetato de sodio 0,4 M a un pH de 4,75 y 60 µL de amilogucosidasa, la mezcla se calentó en una micro incubadora a 30°C por 45 minutos. Finalmente se midió el almidón como glucosa mediante el kit peridocromo glucosa (GOD-PAP). La conversión factorial de glucosa a almidón es de 0,9.

Se preparó una curva estándar de glucosa con una concentración de 2 mg/mL y se tomó alícuotas a concentraciones conocidas desde 0,02; 0,04; 0,06 y 0,08. Para la preparación se pesó 50 mg de glucosa y se aforó a 25 ml con agua destilada

La curva estándar mostró la correlación entre la glucosa y la respuesta de lectura del espectrofotómetro (Thermo Scientific) a 540 nm de absorbancia, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$a = m * c + b$$

Donde:

a = Absorbancia a 540 nm

m = Valor de la pendiente de la recta de calibración

b = Intercepto de la recta de calibración

c = Concentración del analito (mg/mL)

3.2.6.10. Digestión de almidón in vitro

El procedimiento que se siguió fue de (Holm et al., 1985) con modificaciones. Se pesó un gramo de la muestra de la mezcla de harina de quinua y amaranto en un matraz, se suspendió en 50 ml de tampón fosfato salino a pH 6,9 y se lo llevó a cocción durante 90 minutos. Se colocó en un baño maría y se



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

tomaron alícuotas de 0,2 ml en tiempo 0 para determinar posteriormente el contenido de maltosa antes de la hidrólisis y muestra 0 (0 m).

Se agregó 1,25 ml de la solución de enzima α amilasa en el matraz con la muestra y se incubó a 37°C por una hora.

Se tomaron alícuotas de 0,2 ml a los 5, 15, 30 y 60 minutos que se agregaron en tubos que contenían agua destilada, solución estándar de maltosa y reactivo 3,5 dinitrosalicílico detallados en la tabla 2.

Tabla 2. Cantidad de reactivos utilizados en digestibilidad de almidón in vitro

Muestra	Agua (ml)	Estándar de maltosa (ml)	DNS (ml)	Muestra (ml)
0 m	0.5	0.5	3.0	0
0 minutos	0.3	0.5	3.0	0.2
5 minutos	0.8	0	3.0	0.2
15 minutos	0.8	0	3.0	0.2
30 minutos	0.8	0	3.0	0.2
60 minutos	0.8	0	3.0	0.2
Blanco	0.8	0	3.0	0.2

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

Los tubos fueron trasladados a un baño maría por 5 minutos, se añadió 1 ml de tartrato de sodio y potasio y 10 ml de agua de agua destilada.

Las muestras se leyeron en el espectrofotómetro a 550 nm.

Para el cálculo del porcentaje de hidrólisis de almidón, se utilizaron las siguientes fórmulas:

Porcentaje de hidrólisis a tiempo 0



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

$$\% \text{ de Hidrólisis} = \frac{\text{mg de maltosa 0 min} - \text{mg de maltosa 0m}}{1.82} \times 0.95 \times 100$$

Porcentaje de hidrólisis entre 5 y 60 minutos

$$\% \text{ de hidrólisis} = \frac{\text{mg de maltosa} - (\text{mg de maltosa 0 min})}{1.78} \times 0.95 \times 100$$

Se realizó la calibración de la curva de maltosa, obteniéndose el siguiente resultado:

$$y = 0.3024x + 0.037$$

Donde:

Y = absorbancia

X = concentración de maltosa en mg/ml

3.2.6.11. Método del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS)

Para preparar 100 ml de solución DNS, se disolvió 1 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico al 98% en 40 ml de agua destilada a una temperatura de 40°C, se agregó 20 ml de NaOH 2M y luego se agregó tartrato de sodio, la solución se lo dejó enfriar y luego aforar a 100 ml con agua destilada (Holm et al., 1985).

3.2.6.12. Obtención del microencapsulado

Se empleó maltodextrina y goma arábica de la casa comercial QSI, como agentes encapsulantes en una relación 1:1, los 200 gramos de la mezcla se disolvió en 572 ml de agua, luego se homogenizó en un agitador vertical (Fisher Scientific) a 200 rpm por 10 minutos, posteriormente se agregó la mezcla de aceites, sachá inchi al 33% y chía al 67%, para producir un equilibrio de los omegas 3 y 6. La mezcla se colocó en un secador por aspersión con capacidad de evaporar el agua a 100 kg/h, se empleó una temperatura de entrada de 150°C y una temperatura de salida de 90°C (Jordán, 2017).



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

3.2.6.13. Análisis de RVA

El RVA es un viscosímetro que evalúa las propiedades viscosas de las harinas, almidones y alimentos en función de las variables de temperatura y velocidad utilizando protocolos de medición, mezclado, calentamiento y enfriamiento de la muestra, obteniendo las gráficas de viscosidad en tiempo real (Manzano, 2017).

3.3. Tipo de investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, obteniendo datos numéricos de la fase experimental que posteriormente fueron analizados.

Se empleó dos niveles:

Descriptivo:

Mediante datos y cálculos se determinó el grado de hidrólisis de la proteína y el almidón a partir de harinas precocidas de pseudocereales andinos, con el fin de garantizar la interacción de los nutrientes en el metabolismo del cuerpo humano.

Bibliográfico:

De acuerdo con investigaciones preliminares, se desarrolló un suplemento alimenticio con ingredientes funcionales y la finalidad es potenciar la tendencia de consumo de plantas endémicas y ancestrales para aprovechar sus nutrientes y compuestos bioactivos.

3.4. Prueba de Hipótesis

La hipótesis para defender fue: ¿Es posible desarrollar un suplemento alimenticio con alto valor proteico dirigido a adolescentes empleando pseudocereales andinos (quinua, amaranto) y un encapsulado de ácidos



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

grasos (chía y sachá inchi), evaluando la digestibilidad de la proteína y almidón?

Estableciendo que, si es posible formular un suplemento alimenticio a nivel de laboratorio a partir de pseudocereales andinos y microencapsulado de ácidos grasos, obteniendo un pulverizado digerible con alto valor nutritivo aceptable organolépticamente.

3.5. Población o muestra

Para la presente investigación se empleó quinua proveniente de la provincia de Cotopaxi y comercializada por la empresa La Pradera. También se empleó amaranto proveniente de la provincia de Bolívar y comercializada por la Asociación de productores de cereales Llagui. Para la fase experimental se trabajó con 5 kg de cada pseudocereal. Así mismo, se utilizó 500 gramos de aceite de chía y 500 gramos de aceite de sachá inchi.

3.6. Recolección de la información

Las técnicas que se emplearon en la digestibilidad in vitro del suplemento alimenticio dirigido a adolescentes están detalladamente descritas en la metodología 3.2.6 de la investigación.

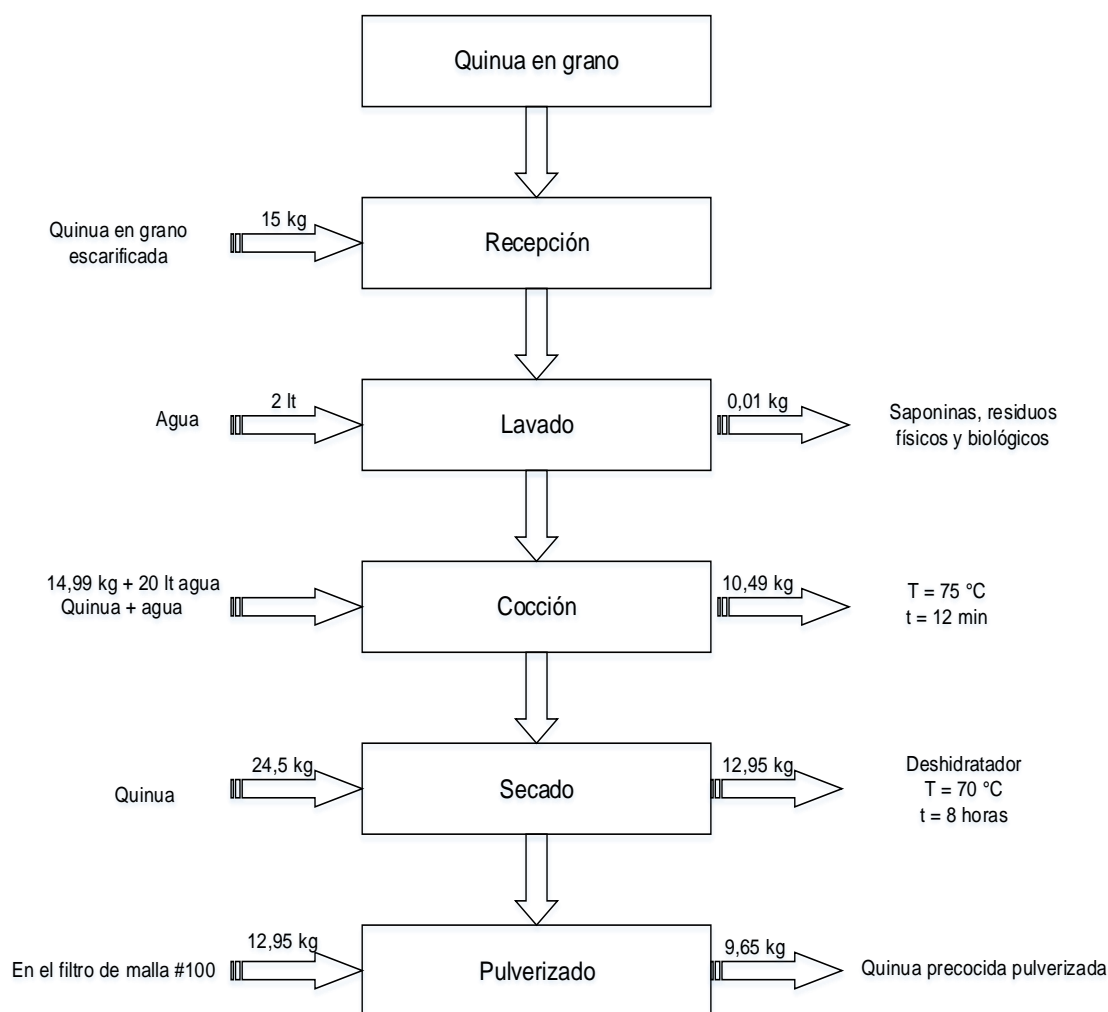
3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software SPSS y Minitab

**CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Obtención de harina precocida de quinua y amaranto

Figura 1. Diagrama de flujo de proceso para la obtención de harina precocida de quinua



Fuente: Elaboración propia

Recepción: Se empleó quinua escarificada de la variedad Tunkahuan, la cual se pesó y se determinó la cantidad de residuos o impurezas presentes.

Lavado: Para proceder con el proceso de desaponificación se utilizó agua a temperatura ambiente y se realizó 5 ciclos de retrolavado con agua.

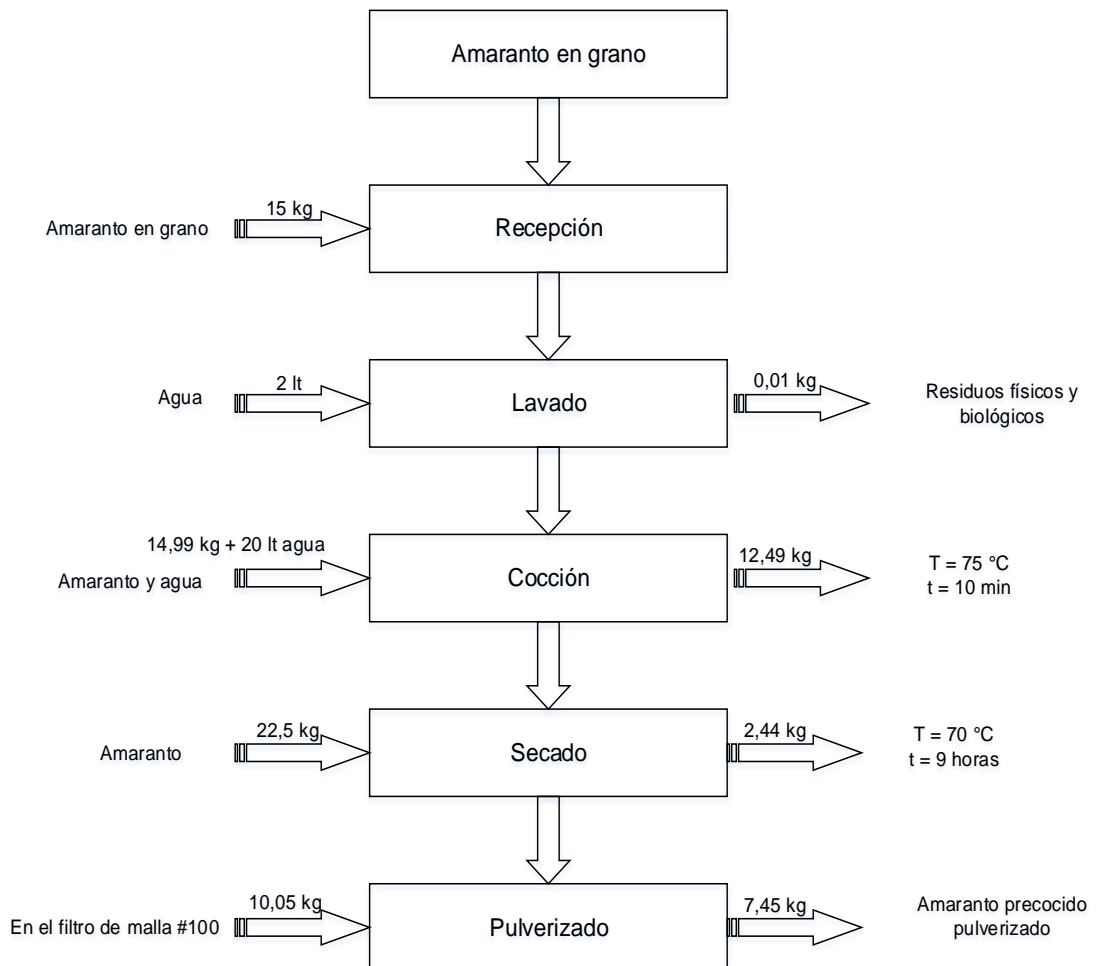
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Cocción: El proceso de cocción se lo realizó en una marmita con agitación continua, a una temperatura de 75 ° C durante 12 minutos.

Secado: El proceso de secado se lo realizó en un deshidratador a una temperatura de 70°C durante 8 horas, para ello se colocó el grano esparcido en una malla porosa con una cubierta de tela tipo teflón para evitar adherencia.

Pulverizado: Este proceso se lo realizó en un pulverizador y se empleó el filtro de malla número 100, para luego disponerlo en fundas de polietileno y pesarlo.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de harina precocida de amaranto



Fuente: Elaboración propia

Recepción: Se empleó materia prima de la variedad Alegría, luego se pesó y se retiró las impurezas y residuos físicos.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Lavado: Se utilizó agua potable a temperatura ambiente para eliminar residuos físicos característicos del grano.

Cocción: Para este proceso se empleó una marmita con agitación continua a una temperatura de 75°C por 10 minutos.

Secado: Se lo realizó en un deshidratador colocando el amaranto en mallas porosas cubiertas con teflón.

Pulverizado: Se lo realizó en un pulverizador con un filtro de malla número 100 mesh, luego se lo coloca en una funda de polietileno y se lo pesa.

Tabla 3. Resultados de humedad de las harinas precocidas de quinua y amaranto

Variable	N	Media	Desv. Est.	Varianza	Mínimo	Máximo
% Humedad Quinua	3	12,437	0,0153	0,00023	12,420	12,450
% Humedad Amaranto	3	13,327	0,123	0,0152	13,190	13,430

Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

En la tabla 3 se realizó el cálculo de estadísticos descriptivos en referencia al porcentaje de humedad de las harinas precocidas. Podemos observar que el estadístico relevante tomando en cuenta la desviación estándar es el de % de humedad de amaranto en un valor mayor con respecto al % de humedad de la quinua de acuerdo a las réplicas efectuadas en el laboratorio.

Mediante el método de cocción por marmita y posterior secado se obtuvo valores de humedad de acuerdo a la normativa (NTE INEN 3042, 2015) que indica un valor máximo de 13.5%. Además, se determinó la humedad del suplemento obteniendo un valor promedio de 12.9% a temperatura en marmita a 75° C y temperatura de secado por conducción a 70° C, los valores de humedad de la investigación coinciden con los valores descritos por (Bermúdez, 2017).

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Tabla 4. Resultados de análisis de RVA de las harinas precocidas de quinua y amaranto

	Variables	Unidad	Q₁	Q₂	Q₃	A₁	A₂	A₃
Propiedades de la pasta	Tiempo inicial gelatinización	Min	3,33	3,33	3,33	3	3,33	3,20
	Pico de viscosidad	Cp	1605	1653	1666	1577	1649	1614
	Viscosidad de caída	Cp	997	1104	1049	959	1022	1066
	Viscosidad final	Cp	1397	1428	1448	1286	1416	1390

Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

*Q₁, Q₂, Q₃ = Replicas de harina de quinua precocida

A₁, A₂, A₃ = Replicas de harina de amaranto precocida

Prueba: Análisis de Varianza

a) Tiempo inicial de gelatinización

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

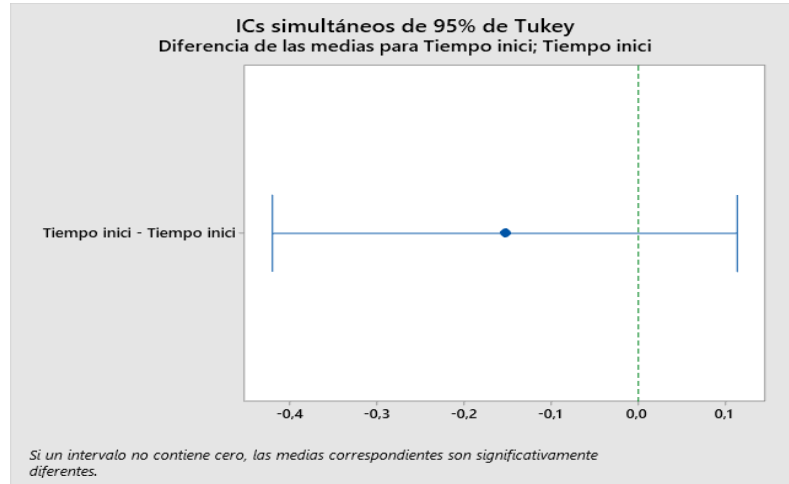
Tabla 5. Análisis de varianza para el parámetro del tiempo inicial de gelatinización

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0,03527	0,03527	2,55	0,185
Error	4	0,05527	0,01382		
Total	5	0,09053			

Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

El resultado no es estadísticamente significativo para rechazar la hipótesis nula, correspondiente al valor de p obtenido mayor al nivel de significancia. Podemos observar que, para el tiempo inicial de gelatinización el valor de las medias no es significativamente diferente para las muestras de harina de quinua y amaranto.

Figura 3. Intervalos de confianza de 95% de Tukey para tiempo inicial de gelatinización



Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

b) Pico de viscosidad

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Tabla 6. Análisis de varianza para el parámetro del pico de viscosidad

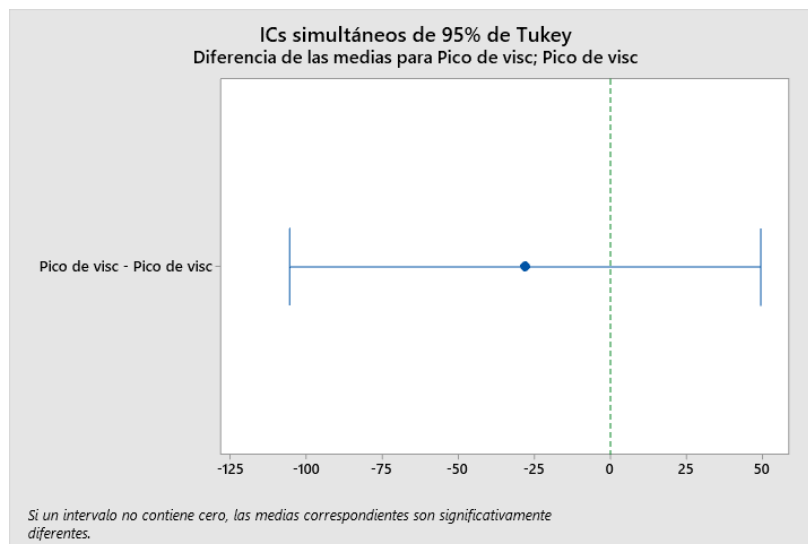
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	1176	1176	1,01	0,372
Error	4	4657	1164		
Total	5	5833			

Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

El resultado no es estadísticamente significativo para rechazar la hipótesis nula, correspondiente al valor de p obtenido mayor al nivel de significancia. Podemos observar que, para el pico de viscosidad el valor de las medias no es significativamente diferente para las muestras de harina de quinua y amaranto.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Figura 4. Intervalos de confianza de 95% de Tukey para el pico de viscosidad



Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

c) Viscosidad de caída

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

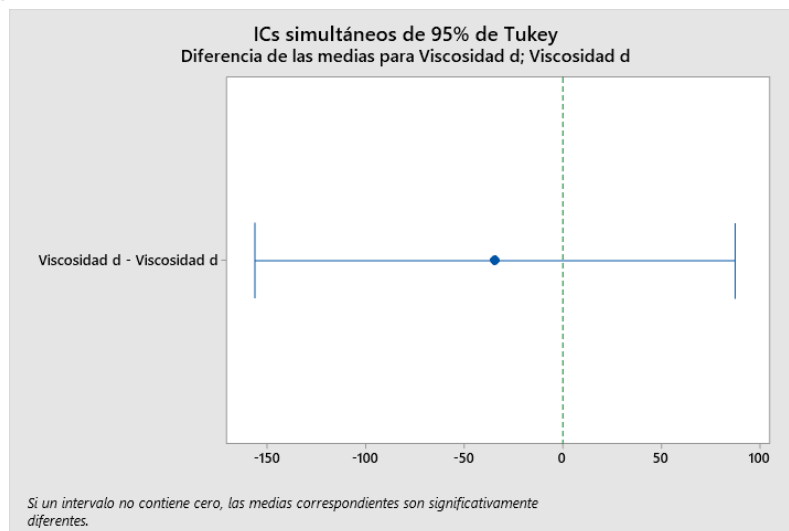
Tabla 7. Análisis de varianza para el parámetro de viscosidad de caída

Fuente	GL	SC Ajust.	MC	Valor F	Valor p
			Ajust.		
Factor	1	1768	1768	0,61	0,477
Error	4	11511	2878		
Total	5	13279			

Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

El resultado no es estadísticamente significativo para rechazar la hipótesis nula, correspondiente al valor de p obtenido mayor al nivel de significancia. Podemos observar que, para la viscosidad de caída el valor de las medias no es significativamente diferente para las muestras de harina de quinua y amaranto.

Figura 5. *Intervalos de confianza de 95% de Tukey para el pico de viscosidad*



Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

d) Viscosidad total

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Tabla 8. Análisis de varianza para la viscosidad total

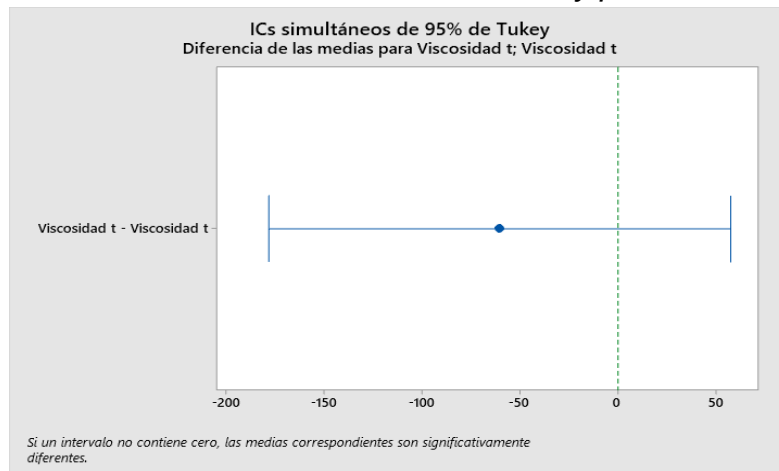
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	5460	5460	2,03	0,228
Error	4	10785	2696		
Total	5	16245			

Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

El resultado no es estadísticamente significativo para rechazar la hipótesis nula, correspondiente al valor de p obtenido mayor al nivel de significancia. Podemos observar que, para la viscosidad total el valor de las medias no es significativamente diferente para las muestras de harina de quinua y amaranto.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

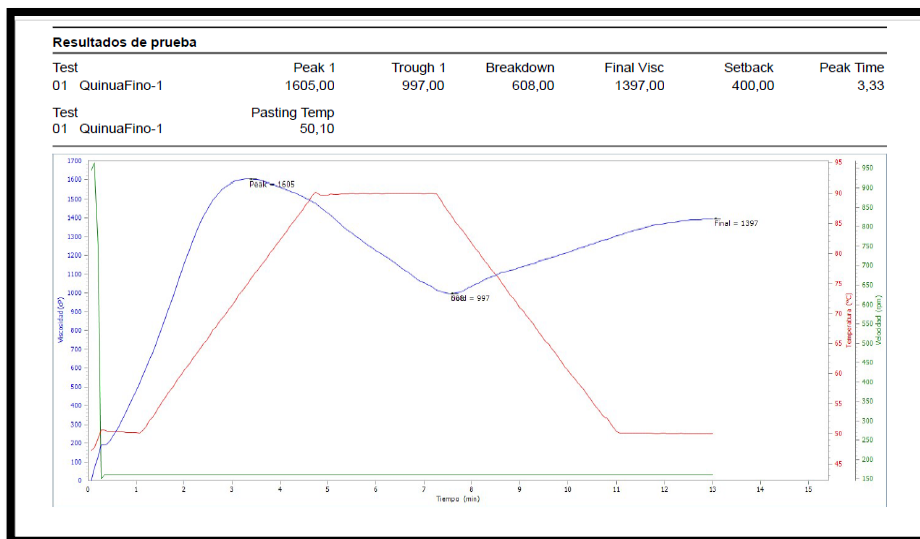
Figura 6. Intervalos de confianza de 95% de Tukey para la viscosidad total



Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

Para determinar las propiedades viscosas del almidón se empleó el analizador rápido de viscosidad (RVA), en donde se obtuvieron las curvas de viscosidad en tiempo real simulando los diferentes procesos para uso industrial.

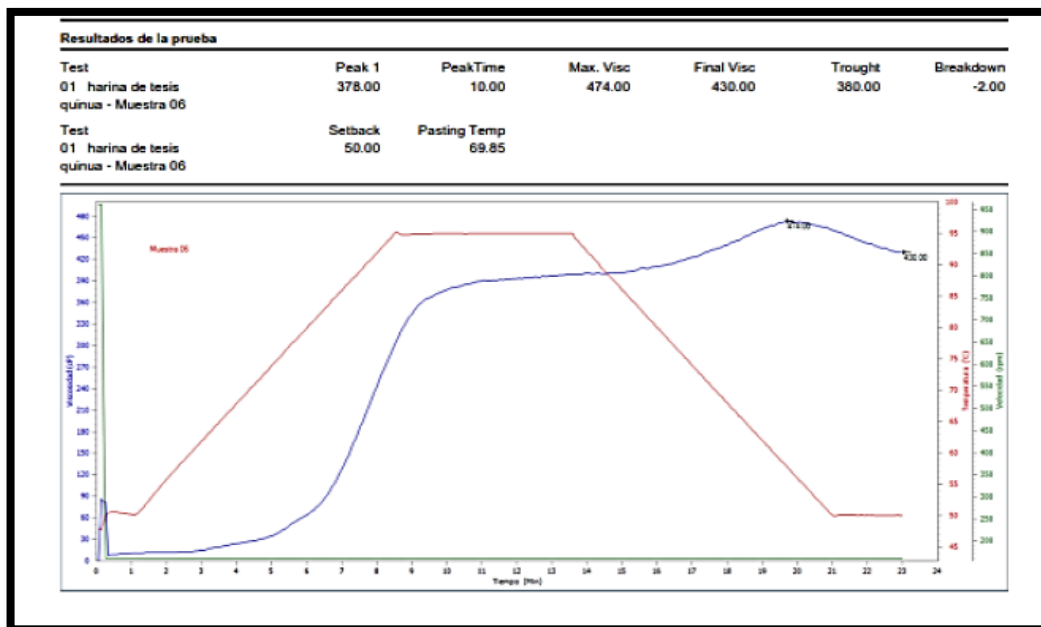
Figura 7. Curva de viscosidad de la harina de quinua precocida



Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Figura 8. *Curva de viscosidad de la harina de quinua cruda*



Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

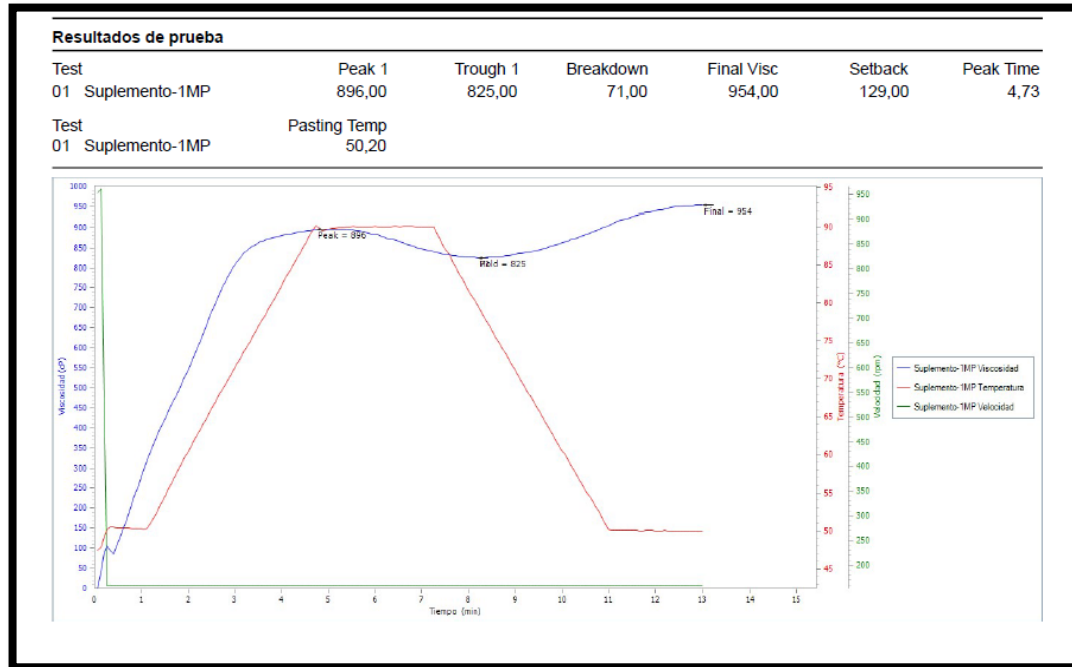
En las figuras 7 y 8 podemos observar que el índice de gelificación de harina precocida es significativamente mayor con respecto a la harina cruda. En efecto, las harinas precocidas poseen propiedades coloidales que se pueden emplear en la industria alimenticia mejorando así la capacidad de adherencia y absorción.

En la figura 9 se puede observar que la viscosidad final es mayor que la viscosidad pico, indicativo de resistencia a temperaturas superiores a 90°C. Así también, se observó que al enfriarse la muestra la viscosidad aumenta demostrando firmeza.

Los resultados alcanzados demuestran que poseen resistencia de gel, adhesión con ácidos grasos, capacidad de retención de agua y formación de película. Es importante señalar que la simulación realizada al almidón mediante el RVA corrobora la efectividad de compactación de las harinas con los ácidos grasos.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Figura 9. Curva de viscosidad del suplemento



Fuente: Laboratorio de investigación de alimentos funcionales – FCIAB (2021)

4.2. Propiedades de pasta de los almidones

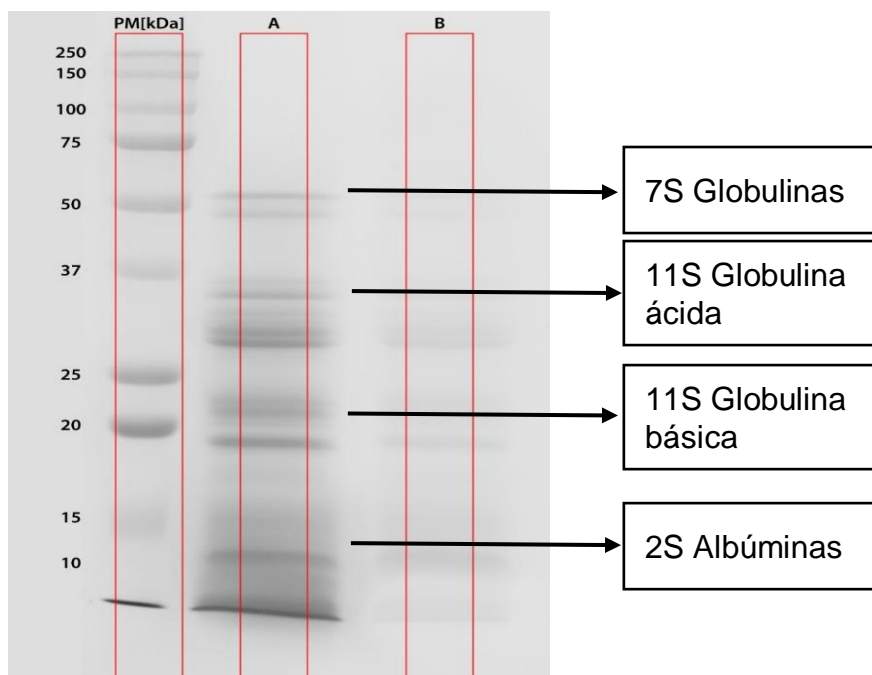
Los gránulos de almidón a temperaturas mayores a 70°C se dextrinan a polímeros lineales cortos formando una pasta con propiedades coloidales específicas como viscosidad, índice de gelificación y adherencia.

De acuerdo con los ensayos de hidrólisis enzimática de almidón nativo de los pseudocereales y el análisis del perfil de viscosidad en el RVA se puede determinar como una alternativa sustentable en la industria alimentaria ya que se puede emplear como material de encapsulación análogo a la maltodextrina debido a su capacidad de absorción de aceites y ácidos grasos (Olalla, 2019).

El perfil de viscosidad inicia a partir de los 2 minutos, alcanzando el máximo pico de viscosidad a los 3 minutos a una temperatura máxima de 94°C; el proceso de gelatinización inicia a los 50°C en un tiempo promedio similar para los dos pseudocereales.

4.3. Caracterización de las proteínas de quinua y amaranto

Figura 10. Electroforesis SDS-PAGE del concentrado proteico. Estándar, A: Digestión gástrica 120 min; B: Digestión duodenal 120 min.

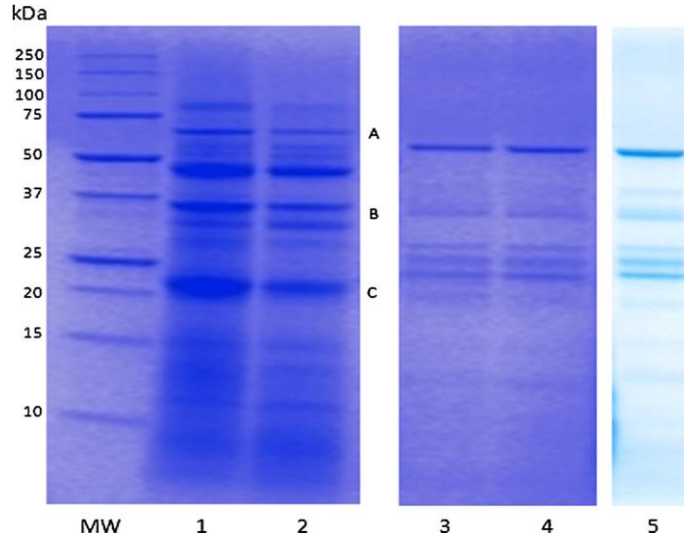


Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

Al realizar una comparación de resultados del análisis de electroforesis de las harinas crudas y precocidas de quinua y amaranto que se emplearon para la investigación se puede demostrar que el tratamiento térmico beneficia a las enzimas en la degradación de las proteínas, transcurridas los 120 minutos en la fase gastroduodenal. Sin embargo, observamos que las fracciones de globulinas 11S y albúminas 2S son resistentes a la acción de las enzimas pepsina y pancreatina. Así pues, como se observa en la figura 11 correspondiente al concentrado de proteína de quinua, las bandas de las fracciones mencionadas anteriormente son las que prevalecen en la fase gastroduodenal.

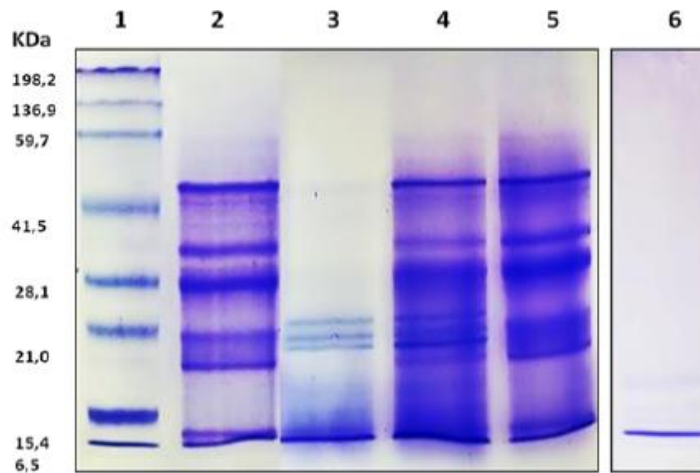
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Figura 11. Análisis de electroforesis del CP de quinua: MW: estándar pesos moleculares, carril 1: digestión al tiempo (0), carril 2: digestión gástrica a 120 min, carril 3: digestión gastroduodenal a 60 min, carril 4: digestión gastroduodenal a 120 min, carril 5: blanco solo con enzimas digestivas.



Fuente: (Vilcacundo, 2017)

Figura 12. Análisis de electroforesis del CP de amaranto: banda 1: estándar de pesos moleculares; banda 2: CP de amaranto; banda 3: digestión gástrica obtenida a pH 1.2; banda 4: digestión gástrica pH 2.0; banda 5: digestión gástrica a pH 3.2; banda 6: digestión gástrica con pepsina a pH 2.0 y pancreatina a pH 7.0.



Fuente: (Vilcacundo, 2017)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

En la actualidad, el aprovechamiento de los concentrados proteicos a partir de pseudocereales ha crecido notablemente debido a su aplicabilidad como materia prima para el desarrollo e innovación de productos con propiedades funcionales (Chauhan & Kanwar, 2019).

El rendimiento del concentrado de proteína de la mezcla de quinua y amaranto fue del 72% en un pH de precipitación de 4,0 obteniendo un resultado similar al establecido por (Malik & Singh, 2021) que señaló un valor del 79% de proteína de harina de quinua desengrasada. Mientras que (Rodríguez et al., 2020), obtuvieron un rendimiento de la proteína de harina de amaranto desengrasada extraída a un pH de precipitación de 4,0 en un valor del 74%.

Así pues, se debe mencionar que las investigaciones se han realizado en harinas crudas que no han sido mezcladas y por ello nuestro estudio se ha enfocado en la mezcla de harinas precocidas de los dos pseudocereales de mayor importancia nutricional.

El análisis de proteínas del hidrolizado de quinua y amaranto se lo realizó mediante electroforesis en gel de poliacrilamida con dodecil sulfato sódico, en donde se pudo observar que durante la fase gástrica la acción de la pepsina en una concentración de (250 U/mg) degradó parcialmente las proteínas de quinua y amaranto, además se identificó la existencia de bandas que corresponden a proteínas solubles de almacenamiento.

La fracción 11S son polipéptidos de peso molecular entre 16-70 KDa y se dividen en una fracción ácida (30 y 40 KDa) y una fracción básica (20 y 25 KDa). En la quinua, la globulina 11S se denomina chenopodina (Brinegar & Goundan, 1993) y por su parte en el amaranto la fracción de globulina se denomina amarantina (Gorinstein et al., 2002).



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

La fracción más abundante para el caso de la mezcla de los dos pseudocereales corresponde a la globulina 11S (Soriano-Santos & Escalona-Buendía, 2015).

Se puede observar en la figura 6 en el carril B la resistencia a la hidrólisis de las fracciones de globulina 11S, denominadas chenopodina y amarantina que se encuentran en la quinua y amaranto respectivamente, las bandas más intensas corresponden a las subunidades ácidas y básicas de las globulinas y la fracción 2S de las albúminas con alto contenido de cisteína (Nemni et al., 2021).

En conclusión, las proteínas resistentes a la pepsina y pancreatina en el proceso de digestión gastroduodenal son las globulinas 11S correspondiente a la subunidad ácida y las albúminas 2S que son resistentes a la digestión y estables a tratamientos térmicos. Así pues, la proteína de la quinua denominada chenopodina forma parte de los alérgenos emergentes (Brinegar & Goundan, 1993).

4.4. Digestibilidad de almidón

Las enzimas digestivas son las que permiten la liberación y posterior acceso del almidón. No obstante, el proceso térmico aplicado limitará la cantidad de almidón digerible debido al proceso de retrogradación que consiste en el calentamiento y posterior enfriamiento del almidón modificando la estructura de los polímeros de amilosa y amilopectina a un nivel cristalino reduciendo su digestibilidad (Brownlee et al., 2018).

La descomposición de la estructura de los alimentos ocurre durante la masticación, en donde la acción de la α -amilasa salival humana degradará el polímero a moléculas de almidón de cadena corta y se unirán a los aminoácidos cercanos con el fin de incrementar la actividad catalítica (C. Li et al., 2020).



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CENTRO DE POSGRADOS

Además, investigaciones preliminares sugirieron que la α -amilasa pancreática porcina posee la estructura y función similar a la humana, observando que la glucosa se libera con mayor frecuencia en los extremos reductores de cadena corta (Wolter et al., 2013).

4.5. Hidrólisis del almidón por α -amilasa

La importancia del procedimiento in vitro es que nos permite simular la actividad enzimática del almidón (Goñi, I, García, L, Mañas, E, Saura, 1997). Así mismo, la digestibilidad en harinas precocidas se incrementa debido a la gelatinización de las moléculas de amilopectina que facilita la hidrólisis enzimática (Di Cairano et al., 2020).

Para realizar los cálculos de hidrólisis de almidón se realizó la curva estándar de maltosa (ver Anexo A6).

A continuación, se presenta la tabla de interpretación de resultados de la concentración de fragmentos de almidón expresados como maltosa a diferentes tiempos mediante espectrofotometría.

Tabla 9. Concentración de maltosa a diferentes tiempos

Tiempo (min)	Absorbancia (550 nm)	Concentración (mg/mL)
0	0.618	7.404
0	0.629	7.514
5	0.673	7.954
15	0.734	8.564
30	0.762	8.844
60	0.789	9.114

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

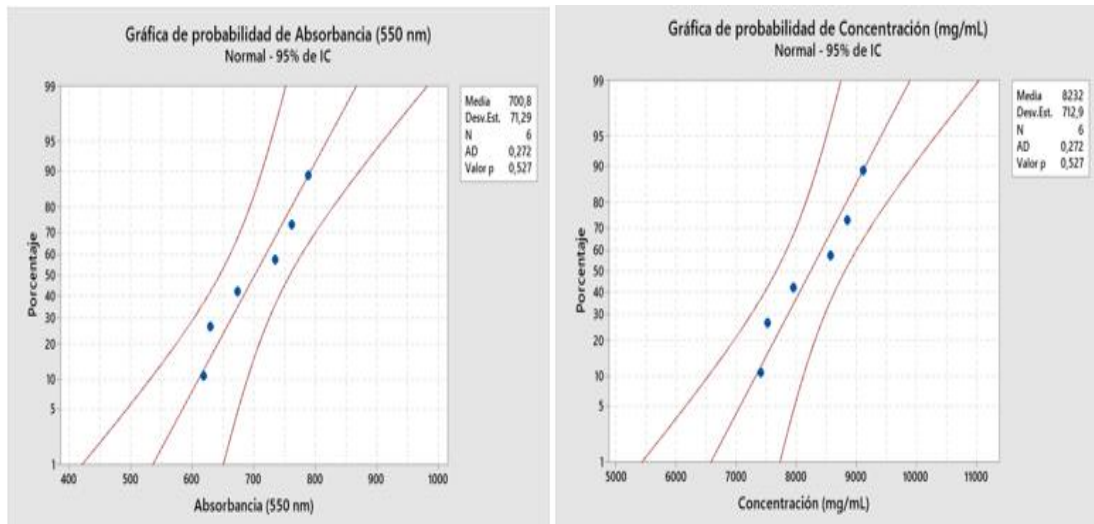
Prueba: Normalidad

Hipótesis nula Los datos siguen una distribución normal

Hipótesis alterna Los datos no siguen una distribución normal

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Figura 13. Gráficas de Prueba de Normalidad para Absorbancia y Concentración



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

En la figura 13 podemos observar que el valor de $p = 0,527$ es mayor a el nivel de significancia, aceptamos la hipótesis nula que nos indica una distribución normal de los datos de absorbancia con respecto a la concentración.

Prueba: Correlación paramétrica – Análisis de Coeficiente de Pearson

Respecto a los datos presentados en la Tabla 8, en cuanto a las categorías de absorbancia y concentración de fragmentos de almidón, podemos verificar en cuanto al resultado de coeficiente de correlación de Pearson para un conjunto de datos paramétricos que existe correlación positiva para estas dos variables.

Tabla 10. Correlación de Pearson para las variables de absorbancia y concentración

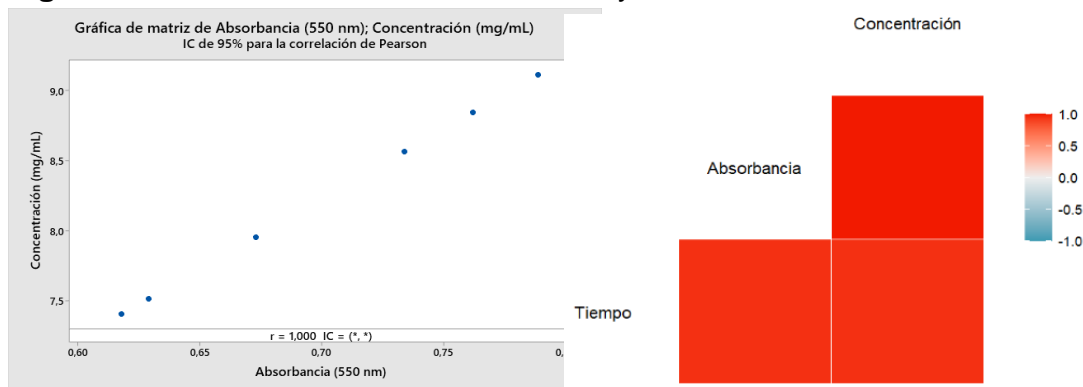
		Absorbancia	Concentración
Absorbancia	Correlación de Pearson	1	1,000**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	5	5
Concentración	Correlación de Pearson	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	5	5

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

De lo anteriormente expuesto podemos verificar en la siguiente gráfica la correlación de la absorbancia y concentración

Figura 14. Correlación entre absorbancia y concentración



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

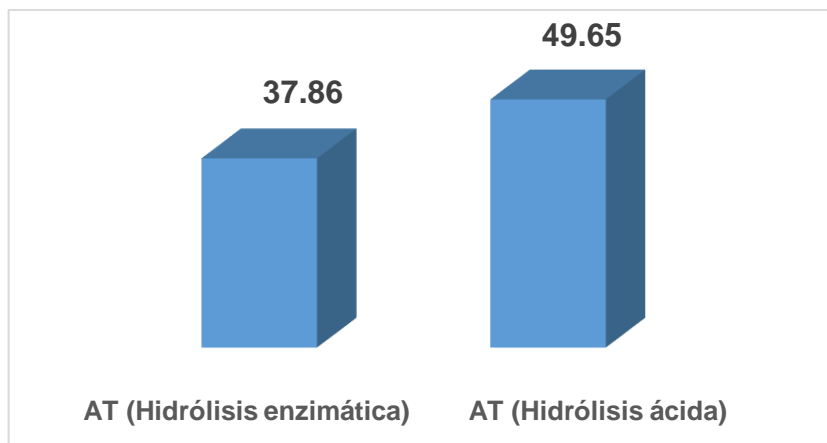
Se ha obtenido 5.74% de almidón rápidamente hidrolizado transcurridos 5 minutos y 85.39% en 60 minutos de almidón lentamente hidrolizado. (Tovar et al., 2005) reveló que en los 60 minutos de hidrólisis se genera la mayor cantidad de maltosas (azúcares reductores) hasta alcanzar su máxima digestibilidad.

Así pues, el porcentaje obtenido nos revela la absorción y transformación gastrointestinal del suplemento en 60 minutos transcurridos, demostrándonos que la matriz desarrollada es efectiva generando mayor disponibilidad. Sin embargo, dependerá del metabolismo de cada persona (McClements, 2015).

Mediante la hidrólisis enzimática del almidón realizada en la mezcla de harinas de pseudocereales andinos, podemos determinar que existe susceptibilidad, debido al tamaño del grano y a las características morfológicas de su estructura. (G. Li et al., 2016) reportó que, transcurridos 60 minutos obtuvieron valores entre 48% y 81% en la tasa de digestión de la quinua. Mientras que para el amaranto se obtuvo un valor de 91% transcurridos los 90 minutos, además menciona que la tasa de hidrólisis mejoró debido al tratamiento de cocción.

Los valores obtenidos en el presente trabajo de investigación mostraron valores parecidos.

Figura 15. *Cuantificación de almidón total de la mezcla de harina de quinua y amaranto*



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

De acuerdo con la figura 15 podemos indicar que la hidrólisis enzimática presenta bajo rendimiento debido a que es un método específico para hidrolizar las dextrinas de los extremos no reductores de la molécula y liberar progresivamente la glucosa.

Por otro lado, la hidrólisis ácida puede liberar glucosa de polisacáridos estructurales presentes junto con el almidón, lo cual representa un incremento en el porcentaje de cuantificación de almidón total.

4.6. Cuantificación de almidón por el método enzimático

La cuantificación del almidón total se realizó mediante la técnica de espectrofotometría de alta sensibilidad. Previamente se preparó una curva de calibración de glucosa (ver Anexo A5), se utilizó el kit de glucosa para obtener los estándares, el procedimiento se lo realizó por triplicado, se debe tener en cuenta los tiempos de ebullición y enfriamiento, debido a que las muestras muy coloridas interfieren en las correctas lecturas de absorbancia.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

A continuación, se describe en la tabla 6 la cuantificación de almidón

Tabla 11. Cuantificación de almidón total

Peso muestra (mg)	Dilución (1/20)	Absorbancia (540 nm)	Concentración glucosa (mg/mL)	% de almidón
50.2	4.8	1.78	0.41	37.52±0,06
50.3	4.74	1.83	0.42	38.50±0,52
50.1	4.71	1.81	0.41	38.23±0,09
50.2	4.83	1.87	0.43	39.42±0,27

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

El valor promedio de almidón total fue de 39,32%, lo cual es corroborado por (Di Cairano et al., 2020) quienes mencionan que el porcentaje de almidón total oscila entre los 26% y 84% y la variación depende de la fuente botánica, el tratamiento y la técnica empleada para el análisis. Así también, (Perez-Rea & Antezana-Gomez, 2018) reportaron que el contenido de almidón total en base seca de los granos de amaranto fue de 55 al 64% y de los granos de quinua de 64 al 67%.

En nuestra investigación el resultado fue menor, debido al tratamiento de cocción, ya que al momento de someterse a un enfriamiento y consecuente retrogradación se cristaliza la fracción de amilosa y amilopectina, lo que provocaría la reducción del contenido de almidón total disponible del suplemento (Huamanchumo, 2020).

Del mismo modo, (Goñi, I, García, L, Mañas, E, Saura, 1997) manifiestan que existe variabilidad en la susceptibilidad de alimentos con respecto a la acción de la enzima α amilasa en la hidrólisis. Así mismo, muchos factores pueden incidir en la cinética de hidrólisis del almidón: morfología, naturaleza, interacción lipoproteína, antinutrientes y procesamiento.

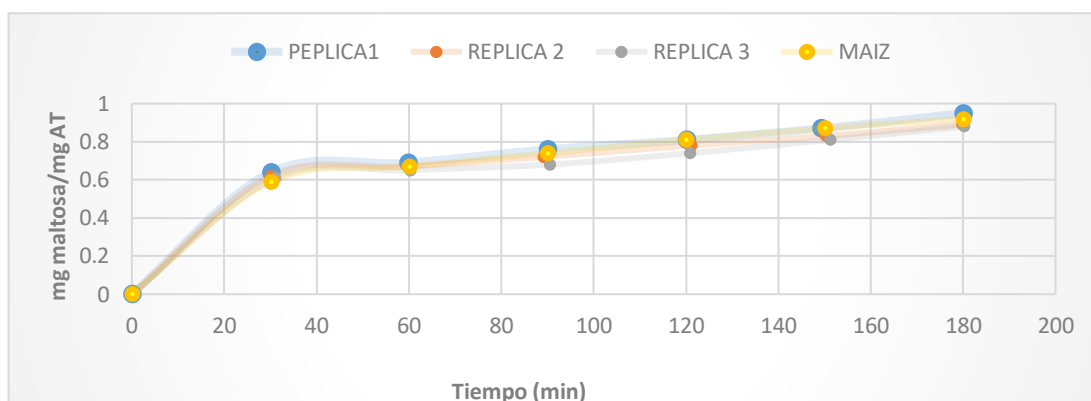
4.7. Cinética de digestión del almidón

En el proceso de digestibilidad del almidón del suplemento se realizó un proceso de cocción, este proceso favorecerá a las enzimas digestivas para que dispongan de las cadenas de almidón producidas en la gelatinización, de

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

esta manera la tasa de digestibilidad será mayor, obteniendo una respuesta más rápida y eficaz (G. Li et al., 2016).

Figura 16. Cinética de hidrólisis de almidón del suplemento y del almidón de maíz



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

*mg AT = miligramos de almidón total

En la figura 16 se puede apreciar que la hidrólisis de almidón de los pseudocereales existe una diferencia significativa en comparación a la hidrólisis del almidón de maíz, debido a la interacción de los almidones y la mezcla de aceites, creando un complejo lípido-almidón con una barrera para los cuerpos proteicos permitiendo mayor bioaccesibilidad por parte de las enzimas digestivas (Castillo, 2016).

Tabla 12. Fracciones de carbohidratos generados durante la digestión in vitro del almidón del suplemento

Réplica 1		Réplica 2		Réplica 3	
tiempo (min)	mg maltosa/mg AT	tiempo (min)	mg maltosa/mg AT	tiempo (min)	mg maltosa/mg AT
0	0	0	0	0	0
30.08	0.64	29.96	0.62	31.03	0.61
59.87	0.69	60.02	0.67	60.23	0.65
90.06	0.76	89.12	0.72	90.45	0.68
120.11	0.81	121.04	0.78	120.88	0.74
149.26	0.87	150.15	0.83	151.23	0.81
180.07	0.95	179.74	0.89	180.13	0.88

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Tabla 13. Fracciones de carbohidratos generados durante la digestión in vitro del almidón de maíz

Almidón Maíz	
tiempo (min)	mg maltosa/mg AT
0	0
30.11	0.59
60.05	0.67
90.00	0.74
120.04	0.81
150.08	0.87
180.00	0.92

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

Método de análisis de varianza

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Tabla 14. Análisis de varianza de las fracciones de carbohidratos

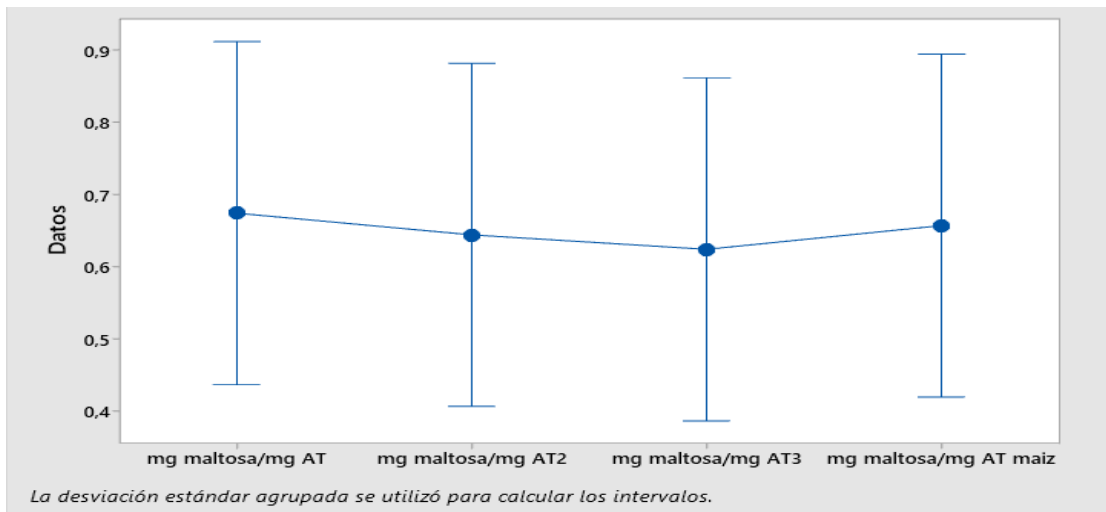
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0,00934	0,003114	0,03	0,991
Error	24	2,21966	0,092486		
Total	27	2,22900			

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

Los resultados de análisis ANOVA para los datos de fracciones de carbohidratos generados durante la digestión in vitro del almidón del suplemento en las tres replicas en comparación con la del almidón de maíz, se obtuvo un valor p mayor al nivel de significancia por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir no existe diferencias significativas entre las medias.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Figura 17. *Intervalos de mg de maltosa/mg de almidón total*



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

El almidón rápidamente hidrolizado a maltosa (ARHM) obtuvo un valor de 0.62mg de maltosa/mg almidón total en comparación con el valor de maíz que fue de 0.59 mg de maltosa/mg de almidón total y concuerda con lo descrito por (Srichuwong et al., 2017) quien menciona que las enzimas amilolíticas endógenas de los granos de los pseudocereales provocan la efectividad de hidrólisis.

Mientras que, el almidón lentamente hidrolizado a maltosa (ALHM) obtuvo un valor de 0.21 mg de maltosa/mg de almidón total en relación con el valor de 0.15 mg de maltosa/mg de almidón total correspondiente al maíz, la diferencia se debería a la interacción de factores como la estructura de almidón, enzimas endógenas, inhibidores de enzimas y fitoquímicos de los granos. Además, los factores que influyen en la tasa de digestibilidad de almidón es el tamaño de partícula del suplemento obtenido a través de la pulverización, tratamiento térmico y la adición del encapsulado de aceites de chía y sachá inchi.

4.8. Características proximales del suplemento

El análisis proximal del suplemento se lo realizó en el laboratorio de análisis de los alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (UTA).

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Se determinó el contenido de humedad, proteína, grasa y cenizas de acuerdo con la metodología AOAC. Los carbohidratos se determinaron por diferencia.

En la tabla 15 se detalla los métodos analíticos y los valores obtenidos.

Tabla 15. Análisis proximal del suplemento

Ensayo	Porcentaje (%)	Método
Humedad	10,23±0,11	AOAC Ed 19, 2012 925.10
Proteína	17,60±0,02	AOAC Ed 19, 2012 2001.11
Grasa	9,23±0,24	AOAC Ed 19, 2012 2003.06
Cenizas	2,43±0,36	AOAC Ed 19, 2012 923.03
Carbohidratos	60,51±0,08	*Calculada por diferencia

cada valor simboliza la media ± de la desviación estándar

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos FCIAB-UTA

*La cantidad de carbohidratos se calculó por diferencia mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Carbohidratos} = 100\% - (\%grasa + \%humedad + \%proteína + \% \text{ de cenizas})$$

Se observa que el contenido mayoritario es de carbohidratos con un 73,17%, seguido por un gran porcentaje de proteína correspondiente al 17,60%, y grasa con 9,23%; de acuerdo con los análisis proximales se demuestra que es un complemento nutricional con alta concentración de proteínas y aminoácidos esenciales obtenido a base de semillas ancestrales y destinado a complementar la ingesta diaria mediante la incorporación de nutrientes efectivos.

(Naranjo, 2012) reportó 12,24% de proteína, 63,78% de carbohidratos y 5,29% de grasa en un suplemento alimenticio de quinua y guayaba. De igual manera (Lema, 2020) reportó 15,20% de proteína, 7,13% de grasa y 46,79% de carbohidratos en un suplemento a base de harinas de tubérculos y granos andinos. En comparación con los valores obtenidos en nuestra investigación, podemos confirmar el alto contenido de proteína y carbohidratos.

En la presente investigación se realizó una formulación a base pseudocereales andinos (quinua, amaranto) y semillas ancestrales de sacha inchi y chía, aprovechando las propiedades nutritivas y compuestos bioactivos



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

que reducen el riesgo de enfermedades, creando un vínculo del consumo y el efecto pro-salud específico. Luego se realizó una cocción de los granos de quinua y amaranto, se pulverizó los granos cocidos para obtener las harinas con un tamaño de partícula que pasa a través del número de malla de 100 mesh.

Se realizó un encapsulado de chía y sachá inchi con el fin de que la matriz sea de fácil liberación, accesibilidad y digestibilidad.

Finalmente, se realizó la premezcla considerando los estudios realizados de acuerdo con una base de datos de información nutricional de granos y tubérculos andinos, digestibilidad y compuestos bioactivos demostrados en artículos científicos. Se fortificó la formulación mediante un premix de vitaminas y minerales con la siguiente composición:

En la Tabla 16, se adjunta la composición del premix de vitaminas y minerales de forma comercial

Tabla 16. Composición del premix g/kg de forma comercial

Forma comercial	Composición g/kg
Vitamina A acetato 325 mil UI/g	28,79
Vitamina E acetato 50%	140,35
Vitamina D3 100 mil UI/g	11,70
Vitamina C	526,32
Vitamina B6	11,70
Ácido fólico	1,17
Vitamina B12	0,58
Sulfato de Zinc	173,13

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos FCIAB-UTA

4.9. Necesidades de proteína en la dieta del adolescente

De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN1334-2, 2011), en donde se indica los nutrientes de declaración obligatoria y valor diario



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

recomendado para niños mayores de 4 años y adultos, se requiere 50 gramos de proteína en una dieta basada en 2000 kcal, entonces la mezcla de nuestra investigación compensa la falta de ingesta de proteína en la nutrición adecuada de adolescentes para la formación y renovación de los tejidos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) mantiene la recomendación de un gramo de proteína por kilogramo de peso para personas adultas.

Las personas adultas con un peso corporal estable poseen una dinámica para degradar y regenerar proteínas de forma continua manteniendo su composición (Lema, 2020). Por otro lado, los adolescentes en crecimiento requieren mayor cantidad de proteína. Del mismo modo, el suplemento alimenticio será dirigido a adolescentes en desarrollo con el fin de aumentar su masa corporal proteica. (A. Martínez & Zambrano, 2011).

Por otro lado, el porcentaje de grasa del suplemento es de 9,23% debido a la adición del microencapsulado obtenido mediante secado por aspersion, permitiendo la bioaccesibilidad, absorción y transformación (BAT) de ácidos grasos esenciales obtenidos a partir de aceites vegetales de chía y sacha inchi, con el fin de presentar un perfil lipídico balanceado de omegas 3, 6 y 9 (Jordán, 2017).

Los suplementos más reconocidos en el mercado como Ensure del laboratorio Abbott con una composición nutricional de 14,87% de proteína, 29,44% de grasa y 55,68% de carbohidratos, en comparación con la composición nutricional del suplemento obtenido en nuestra investigación demuestra la excelencia del perfil proteico y lipídico obtenido de los granos de oro y semillas ancestrales endémicas de nuestro país, considerados como alimentos del pasado para la gente del futuro.

Los resultados de nuestra investigación contribuyen al conocimiento de las bondades de los cultivos andinos subutilizados y se incentiva a los productores a fortalecer la soberanía alimentaria y el objetivo número 12 de

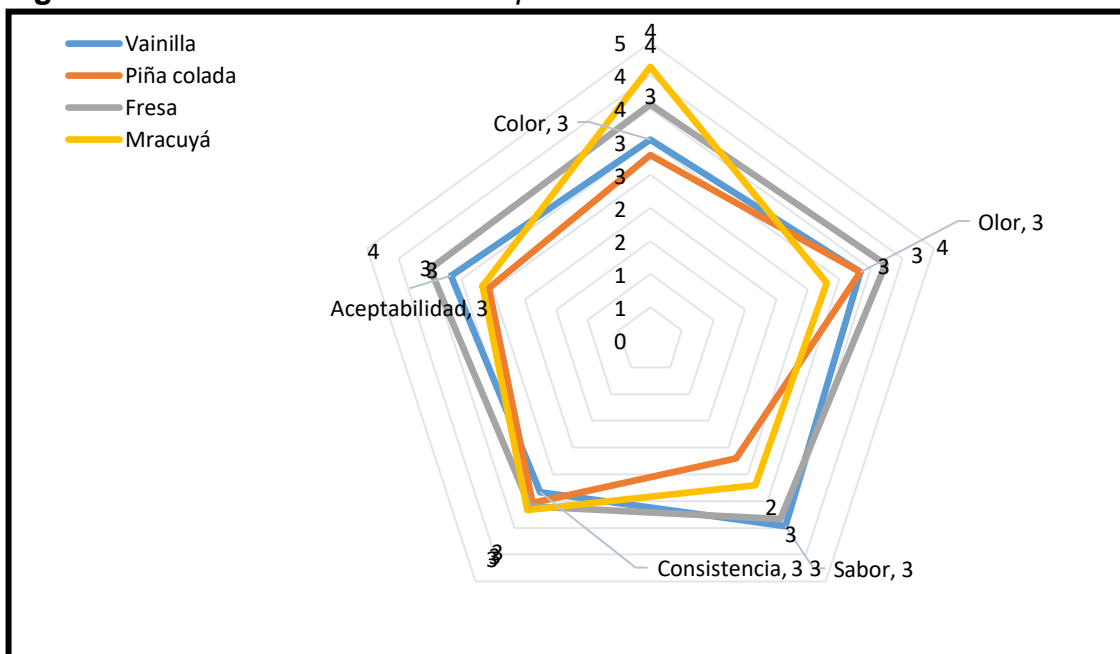
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

los ODS impactando sobre los hábitos de consumo y elecciones dietéticas (Lema, 2020).

4.10. Análisis sensorial del suplemento

En la matriz desarrollada en base a la harina precocida de pseudocereales andinos (quinua y amaranto) con la adición de un ingrediente funcional en polvo rico en omega-3, 6 y 9, se complementó con un premix de vitaminas y minerales, debido a la desnaturalización de algunos micronutrientes originales provocados por la temperatura del tratamiento previo. Además, se realizó pruebas sensoriales en donde se evaluaron los parámetros: color, sabor, olor, consistencia y aceptabilidad, se empleó edulcorantes como: sucralosa, acesulfame de potasio y aspartamo, además saborizantes artificiales como: maracuyá, fresa, vainilla y piña colada. Se pudo realizar pruebas internas con el edulcorante y el de mejor aceptabilidad para mezclas en polvo fue la sucralosa.

Figura 18. Análisis sensorial del suplemento alimenticio

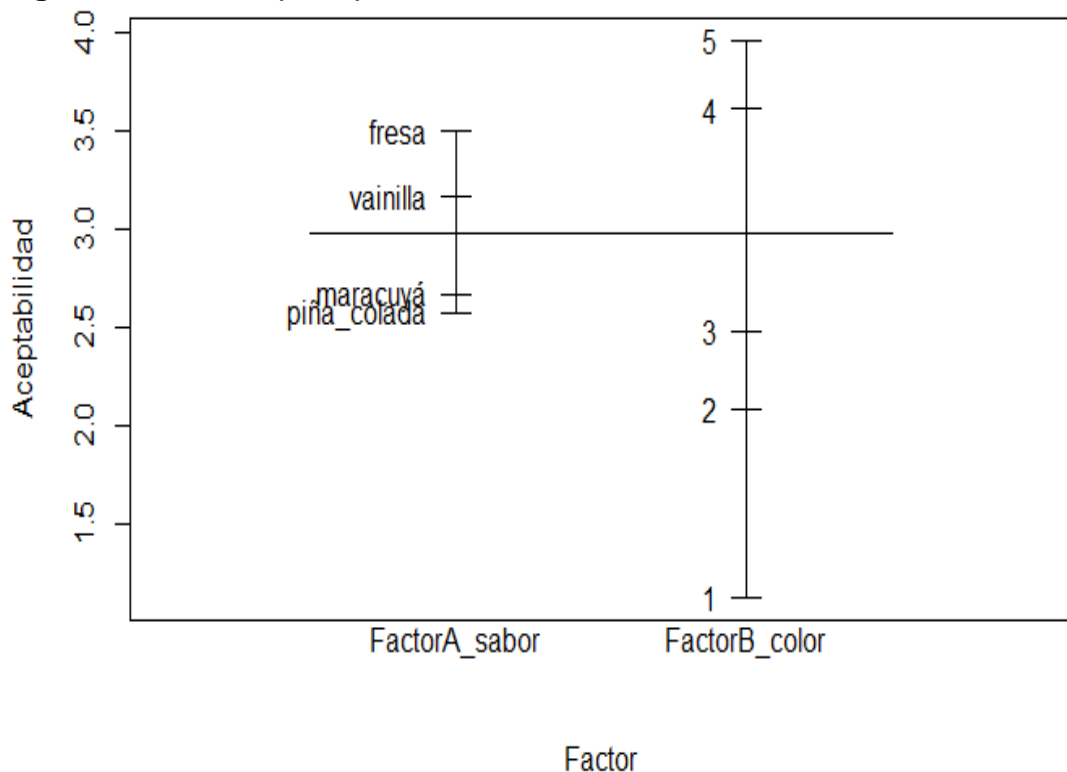


Fuente: Laboratorio de Tecnología de Cereales FCIAB-UTA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

En la figura 18 se puede observar que el mejor tratamiento es el de fresa de acuerdo a la calificación de los 4 parámetros, con respecto al sabor existe una aceptabilidad de los dos tratamientos fresa y vainilla, en el caso de la consistencia existe preferencia de los 4 tratamientos (Maracuyá, piña colada, fresa y vainilla) respectivamente, para los parámetros de olor y aceptabilidad la preferencia por parte de los participantes se inclina hacia el tratamiento de fresa, por último, para el parámetro color el tratamiento de maracuyá seguido por el de fresa son los más aceptables. En conclusión, podemos indicar que el tratamiento de mayor aceptabilidad por parte de los participantes en los 4 parámetros a calificar es el de fresa seguida por el de vainilla. Hay que mencionar que la población escogida para el análisis sensorial fueron 30 adolescentes de 18 a 25 años.

Figura 19. *Efectos principales*



En la figura 19 de efectos principales al considerar la interacción de factores sabor y color, la formulación de fresa y vainilla son las que poseen mayor aceptabilidad.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1. Conclusiones

- Se logró determinar el mayor rendimiento de proteína a un pH de precipitación de 4,0 en un 72%, durante la fase gástrica la acción de la pepsina degradó parcialmente las proteínas. Así también, se logró identificar una banda de inmunoproteína con un peso molecular de 30 KDa, además se evidenció la presencia determinante de las fracciones correspondientes a las globulinas 11S destacando la proteína de quinua denominada chenopodina que pertenece a los alérgenos emergentes.
- Se determinó que transcurrido una hora de hidrólisis del almidón con α amilasa, el 85,39% fue transformado a azúcares reductores, revelando una efectividad de la matriz formulada.
- Se determinó que la mezcla formulada con los pulverizados de harinas de pseudocereales posee una capacidad de absorción con ácidos grasos.
- Se determinó mediante la simulación de las propiedades coloidales por medio del RVA, que la mezcla es estable a altas temperaturas durante un tiempo prolongado sin pérdida de viscosidad, las características a destacar de la mezcla de las harinas es la capacidad de retención de agua después de la cocción.
- Se determinó las características físico químicas del suplemento, obteniendo 17,60% de proteína, 9,23% de grasa, 62,94% de hidratos de carbono, demostrando que si cumple con las características



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

nutricionales necesarias que requiere un adolescente con un excelente perfil proteico y lipídico obtenido mediante semillas ancestrales endémicas de Ecuador.

- Se determinó las características organolépticas en adición de un edulcorante artificial como la sucralosa y saborizante artificial de fresa, escogido como la mejor formulación por los panelistas.

5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios del perfil de aminoácidos del suplemento desarrollado.
- Realizar estudios de bioaccesibilidad del suplemento.
- Realizar estudios in vivo para escalar a nivel industrial.
- Realizar más estudios con el fin de fomentar el consumo de semillas ancestrales consideradas como alimentos del pasado para personas del futuro y contribuir a la soberanía alimentaria.

5.3. Bibliografía

- Abugoch James, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 58, Issue 09). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Acosta, C., Carpio, C., Vilcacundo, R., & Carrillo, W. (2016). Identification of proteins isolate from amaranth (*Amaranthus caudatus*) by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis with water and NaCl 0.1 M solvents. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(3), 4.
- Adesegun Kehinde, B., Majid, I., Hussain, S., & Nanda, V. (2020). Innovations and future trends in product development and packaging technologies. In *Functional and Preservative Properties of Phytochemicals*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818593-3.00013-0>
- Aguilera, J. M. (2018). The food matrix: implications in processing, nutrition and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3612–3629. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1502743>
- Albuquerque, T. G., Nunes, M. A., Bessada, S. M. F., Costa, H. S., & Oliveira, M. B. P. P. (2020). Biologically active and health promoting food components of nuts, oilseeds, fruits, vegetables, cereals, and legumes. In *Chemical Analysis of Food* (Second Edi). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813266-1.00014-0>
- AOAC Official Method 920.83, 1 (2000).
- Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, K., Stafford, A. E., Grosjean, O. K., Betschart, A. A., & Saunders, R. M. (1981). A Compositional Study of Amaranth Grain. *Journal of Food Science*, 46(4), 1175–1180. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03018.x>
- Bellomonte, G., Costantini, A., & Giammarioli, S. (1987). Comparison of modified automatic Dumas method and the traditional Kjeldahl method for nitrogen determination in infant food. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 70(2), 227–229. <https://doi.org/10.1093/jaoac/70.2.227>
- Bermúdez, D. (2017). Programa Ingeniería de Alimentos Evaluación tecnológica de la harina de quinua (*Quenopodium quinoa*) variedad piartal como espesante alimentario obtenida bajo diferentes condiciones de proceso Autor : Diego Bermúdez Naranjo Dirigido por : Ing . Jader Rod. *Universidad de La Salle Ciencia Unisalle Ingeniería*.
- Brinegar, C., & Goundan, S. (1993). Isolation and Characterization of

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

- Chenopodin, the 11S Seed Storage Protein of Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(2), 182–185.
<https://doi.org/10.1021/jf00026a006>
- Brownlee, I. A., Gill, S., Wilcox, M. D., Pearson, J. P., & Chater, P. I. (2018). Starch digestion in the upper gastrointestinal tract of humans. *Starch/Staerke*, 70(9–10), 1–9. <https://doi.org/10.1002/star.201700111>
- Capuano, E., Oliviero, T., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2018). Role of the food matrix and digestion on calculation of the actual energy content of food. *Nutrition Reviews*, 76(4), 274–289.
<https://doi.org/10.1093/NUTRIT/NUX072>
- Carrasco-Castilla, J., Hernández-Álvarez, A. J., Jiménez-Martínez, C., Gutiérrez-López, G. F., & Dávila-Ortiz, G. (2012). Use of Proteomics and Peptidomics Methods in Food Bioactive Peptide Science and Engineering. *Food Engineering Reviews*, 4(4), 224–243.
<https://doi.org/10.1007/s12393-012-9058-8>
- Carrillo, W. I., Vilcacundo, R., & Carpio, C. (2015). Compuestos Bioactivos Derivados De Amaranto Y Quinoa Bioactive Components Derived From Amaranth and Quinoa. *Actualización En Nutrición*, 16, 18–22.
http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_16/num_1/RSAN_16_1_18.pdf
- Castillo, G. (2016). *Estudio de los factores que afectan la digestibilidad in vitro del almidón en un alimento a base de almidón de papa, gluten y aceite*. 40.
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2016/fac352e/doc/fac352e.pdf>
- Cavazos, A., & Gonzalez de Mejia, E. (2013). Identification of Bioactive Peptides from Cereal Storage Proteins and Their Potential Role in Prevention of Chronic Diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 364–380. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12017>
- Chauhan, V., & Kanwar, S. S. (2019). Bioactive peptides: Synthesis, functions and biotechnological applications. In *Biotechnological Production of Bioactive Compounds*. Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64323-0.00004-7>
- Chirinos, R., Ochoa, K., Aguilar-Galvez, A., Carpentier, S., Pedreschi, R., & Campos, D. (2018). Obtaining of peptides with in vitro antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory activities from cañihua protein (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of Cereal Science*, 83, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.004>
- Di Cairano, M., Condelli, N., Caruso, M. C., Marti, A., Cela, N., & Galgano, F. (2020). Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours. *LWT*, 133, 7.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109860>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

- FAO, (2013). (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. In *Report of an FAO Expert Consultation*. <https://five.epicollect.net/>
- Feizollahi, E., Hadian, Z., & Honarvar, Z. (2017). Food Fortification with Omega-3 Fatty Acids; Microencapsulation as an Addition Method. *Current Nutrition & Food Science*, 14(2), 90–103. <https://doi.org/10.2174/1573401313666170728151350>
- García-Salcedo, Á. J., Torres-Vargas, O. L., & Ariza-Calderón, H. (2017). Physical-chemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranth (*Amaranthus caudatus* L.), and chia (*Salvia hispanica* L.) flours and seeds. *Acta Agronomica*, 67(2), 215–222. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.63666>
- Goñi, I, García, L, Mañas, E, Saura, F. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Food Chemistry*, 17(3), 427–437.
- Goñi, I., García, A., & Saura, F. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. 17(3), 427–437. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9)
- Gorinstein, S., Pawelzik, E., Delgado-Licon, E., Haruenkit, R., Weisz, M., & Trakhtenberg, S. (2002). Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(8), 886–891. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1120>
- Guerra, A., Etienne-Mesmin, L., Livrelli, V., Denis, S., Blanquet-Diot, S., & Alric, M. (2012). Relevance and challenges in modeling human gastric and small intestinal digestion. *Trends in Biotechnology*, 30(11), 591–600. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.08.001>
- Harasym, J., Kaim, U., Bogacz-Radomska, L., & Oledzki, R. (2020). Development of functional foods by traditional food processes. In *Sustainability of the Food System: Sovereignty, Waste, and Nutrients Bioavailability* (pp. 131–146). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818293-2.00007-0>
- Holm, J., Björck, I., Asp, N. G., Sjöberg, L. B., & Lundquist, I. (1985). Starch availability in vitro and in vivo after flaking, steam-cooking and popping of wheat. *Journal of Cereal Science*, 3(3), 193–206. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(85\)80013-8](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(85)80013-8)
- Huamanchumo, W. (2020). *Pseudocereales Andinos: Valor Nutritivo Y Aplicaciones Para Alimentos Libres De Gluten*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/151184/Huamanchumo - Pseudocereales andinos: valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de glu....pdf?sequence=1>
- Hübner, F., & Arendt, E. K. (2013). Germination of Cereal Grains as a Way to Improve the Nutritional Value: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(8), 853–861.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.562060>

- Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2017). Process standardization for isolation of quinoa starch and its characterization in comparison with other starches. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(4), 1919–1927. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9574-6>
- Janssen, F., Anneleen, P., Rombouts, I., Jansens, K. J. A., Deleu, L. J., & Delcour, J. A. (2016). Proteins of Amaranth (*Amaranthus* spp.), Buckwheat (*Fagopyrum* spp.), and Quinoa (*Chenopodium* spp.): A Food Science and Technology Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 39–58. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12240>
- Jordán, M. (2017). *Obtención de un ingrediente funcional en polvo rico en omega-3, 6 y 9 a partir de una mezcla de aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis) y aceite de girasol (Helianthus annuus)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Kumar, M., Tomar, M., Punia, S., Dhakane-Lad, J., Dhumal, S., Changan, S., Senapathy, M., Berwal, M. K., Sampathrajan, V., Sayed, A. A. S., Chandran, D., Pandiselvam, R., Rais, N., Mahato, D. K., Udikeri, S. S., Satankar, V., Anitha, T., Reetu, Radha, ... Kennedy, J. F. (2021). Plant-based proteins and their multifaceted industrial applications. *Food Science and Technology*, 154(October 2021), 15. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112620>
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature Publishing Group*, 228, 726–734. <http://www.mendeley.com/research/discreteness-conductance-chnge-n-bimolecular-lipid-membrane-presence-certin-antibiotics/>
- Lema, D. (2020). *Desarrollo de una premezcla a base de matrices alimentarias andinas como suplemento alimenticio*.
- Li, C., Yu, W., Wu, P., & Chen, X. D. (2020). Current in vitro digestion systems for understanding food digestion in human upper gastrointestinal tract. *Trends in Food Science and Technology*, 96(June 2019), 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.015>
- Li, G., Wang, S., & Zhu, F. (2016). Physicochemical properties of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers*, 137, 328–338. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.064>
- López, D. N., Galante, M., Raimundo, G., Spelzini, D., & Boeris, V. (2018). Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates. *Food Research International*, 116(August), 1–56. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.056>
- Machado, N., & Oliveira, L. (2019). Advances in Pseudocereals: Crop Cultivation, Food Application, and Consumer Perception. In *Reference*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

Series in Phytochemistry (pp. 1695–1713). https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_63

- Malik, A. M., & Singh, A. (2021). Pseudocereals proteins- A comprehensive review on its isolation, composition and quality evaluation techniques. *Food Chemistry Advances*, 1(November 2021), 14. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2021.100001>
- Manzano, A. G. (2017). *UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN*. UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN.
- Marconi, S., Durazzo, A., Camilli, E., Lisciani, S., Gabrielli, P., Aguzzi, A., Gambelli, L., Lucarini, M., & Marletta, L. (2018). Food Composition Databases: Considerations about complex food matrices. *Foods*, 7(1), 7. <https://doi.org/10.3390/foods7010002>
- Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., & Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137(February), 84. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- Martínez, A., & Zambrano, B. (2011). “ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO EN POLVO, A BASE DE HARINA DE CHOCHO (*Lupinusmutabilis* Sweet), QUINUA (*Chenopodiumquinoa* L.), AMARANTO (*Amaranthus*), Y DOS TIPOS DE EDULCORANTES (*Sacarosa* y *Glucosa*).” 161.
- Martínez, E. N., & Añón, M. C. (1996). Composition and Structural Characterization of Amaranth Protein Isolates. An Electrophoretic and Calorimetric Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(9), 2523–2530. <https://doi.org/10.1021/jf960169p>
- Matsui, T., Yuki Yoshi, A., Doi, S., Sugimoto, H., Yamada, H., & Matsumoto, K. (2002). Gastrointestinal enzyme production of bioactive peptides from royal jelly protein and their antihypertensive ability in SHR. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(2), 80–86. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(01\)00198-X](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(01)00198-X)
- Mattila, P., Mäkinen, S., Eurola, M., Jalava, T., Pihlava, J. M., Hellström, J., & Pihlanto, A. (2018). Nutritional Value of Commercial Protein-Rich Plant Products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73(2), 108–115. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0660-7>
- McClements, D. J. (2015). Enhancing nutraceutical bioavailability through food matrix design. *Current Opinion in Food Science*, 4, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2014.12.008>
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U.,

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

- Maclerzanka, A., MacKie, A., ... Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food-an international consensus. *Food and Function*, 5(6), 1113–1124.
<https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
- Mir, N. A., Riar, C. S., & Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 75, 170–180.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.016>
- Mudgil, P., Omar, L. S., Kamal, H., Kilari, B. P., & Maqsood, S. (2019). Multi-functional bioactive properties of intact and enzymatically hydrolysed quinoa and amaranth proteins. *Lwt*, 110(March), 207–213.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.084>
- Naranjo, R. (2012). Elaboración y Control de Calidad de un Suplemento Alimenticio en Polvo a Base de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Guayaba (*Psidium guajava*) Deshidratada. In *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*.
<http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/2587>
- Navia, N. (2016). "OBTENCIÓN DE DOS ADITIVOS NUTRICIONALES RICOS EN FRACCIONES PEPTÍDICAS A PARTIR DE QUINUA REAL (*CHENOPODIUM QUINOA WILLD*) POR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA". UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.
- Navruz, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). In *Journal of Cereal Science* (Vol. 69, pp. 371–376). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>
- Nemni, A., Stern, R., Billard-Larue, C., & Guiddir, T. (2021). Seed allergy: A literature review. *Revue Francaise d'Allergologie*, 61(3), 184–192.
<https://doi.org/10.1016/j.reval.2020.11.003>
- Ngoh, Y., & Gan, C. (2016). Enzyme-assisted extraction and identification of antioxidative and a -amylase inhibitory peptides from Pinto beans. *FOOD CHEMISTRY*, 190, 331–337.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.120>
- Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Food Chemistry*, 193, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- NTE INEN1334-2. (2011). Rotulado De Productos Alimenticios Para Consumo Humano. Parte 2. Rotulado Nutricional. Requisitos. In *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.
- Ogrodowska, D., Zadernowski, R., Czaplicki, S., Derewiaka, D., & Wronowska, B. (2014). Amaranth seeds and products - The source of bioactive compounds. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3), 165–170. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0095-z>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

- Olalla, W. (2019). Desarrollo tecnológico para la elaboración de snacks de maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y haba (*Vicia faba*)nixtamalizados. [Universidad Técnica de Ambato]. In *Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencia E Ingeniería En Alimentos Y Biotecnología Carrera Ingeniería En Alimentos*.
http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30179/1/AL_711.pdf
- Perez-Rea, D., & Antezana-Gomez, R. (2018). The Functionality of Pseudocereal Starches. In *Starch in Food: Structure, Function and Applications: Second Edition* (Vol. 570). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00012-3>
- Probst, Y. (2018). Food matrix: The influence of tools, training and policies on our nutrition practice. In *Nutrition and Dietetics* (Vol. 75, Issue 2).
<https://doi.org/10.1111/1747-0080.12417>
- Rizzello, C. G., Tagliazucchi, D., Babini, E., Sefora Rutella, G., Taneyo Saa, D. L., & Gianotti, A. (2016). Bioactive peptides from vegetable food matrices: Research trends and novel biotechnologies for synthesis and recovery. *Journal of Functional Foods*, 27, 549–569.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.09.023>
- Rodríguez, M., García Fillería, S. F., & Tironi, V. A. (2020). Simulated gastrointestinal digestion of amaranth flour and protein isolate: Comparison of methodologies and release of antioxidant peptides. *Food Research International*, 138, 109735.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109735>
- NTE INEN 3042, 7 (2015).
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3042.pdf
- Soriano-Santos, J., & Escalona-Buendía, H. (2015). Angiotensin I-Converting Enzyme inhibitory and antioxidant activities and surfactant properties of protein hydrolysates as obtained of *Amaranthus hypochondriacus* L. grain. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2073–2082.
<https://doi.org/10.1007/s13197-013-1223-4>
- Srichuwong, S., Curti, D., Austin, S., King, R., Lamothe, L., & Gloria-Hernandez, H. (2017). Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chemistry*, 233, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.019>
- Thomas, G., Kalla, A., B, R., & Kumar, A. (2018). Food matrix: A new tool to enhance nutritional quality of food. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(6), 1011–1014.
- Tovar, J., Fernández-Piedra, M., & Blanco-Metzler, A. (2005). Digestibilidad in vitro del almidón en preparaciones cocidas y molidas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia*, 30(12), 131–140.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

- USDA. (2015). *National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28 (2015) Documentation and User Guide* (Vol. 28, Issue 2015).
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(15), 2541–2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Vella, M. N., Stratton, L. M., Sheeshka, J., & Duncan, A. M. (2013). Exploration of Functional Food Consumption in Older Adults in Relation to Food Matrices, Bioactive Ingredients, and Health. *Journal of Nutrition in Gerontology and Geriatrics*, *32*(2), 122–144. <https://doi.org/10.1080/21551197.2013.781419>
- Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *12*(4), 381–412. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>
- Vilcacundo, R. (2017). Liberación de péptidos multifuncionales durante la digestión gastrointestinal simulada de proteínas de quinua (*Chenopodium quinua Willd*) y amaranto (*Amaranthus Caudatus*). *Asian J. Pharm. Clin. Res*, *9*, 332–334. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/683691#.X0glbiGdbMg.mendeley>
- Wolter, A., Hager, A. S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2013). In vitro starch digestibility and predicted glycaemic indexes of buckwheat, oat, quinoa, sorghum, teff and commercial gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, *58*(3), 431–436. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.09.003>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

ANEXOS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

A1. Cuantificación del concentrado proteico mediante el método DUMAS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

0000550

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 21- 111		R01-7.8 03				
Solicitud Nº: 21-111		Pág.:1 de 1				
Fecha recepción:	17 de noviembre de 2021	Fecha de ejecución de ensayos: 17 de noviembre de 2021				
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 0502443625					
Representante:	Washington Xavier Carrera Borja	TIF: 0995955402				
Dirección:	Calle Cienega y Av. Amazonas	Email: xaviercarreraborja@hotmail.com				
Ciudad:	Latacunga					
Descripción de las muestras:						
Producto:	Concentrado proteico de Mezcla de Qunúa y Amaranto	Peso / Volumen: 2g				
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: n/a				
Lote:	n/a	No de muestras: n/a				
F. Elb.:	n/a	F. Exp.: n/a				
Conservación:	Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: inmediato				
Cierres seguridad:	Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 17 de noviembre de 2021				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Concentrado proteico de Mezcla de Qunúa y Amaranto	11121266	CPQA	Proteína,	Método Dumas	%(Nx6,25)	38,9
Conds. Ambientales: 21.2°C; 55,6%HR						
Nota: Se adjunta 1 hoja de resultado del equipo						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 18 de noviembre de 2021						

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Solo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

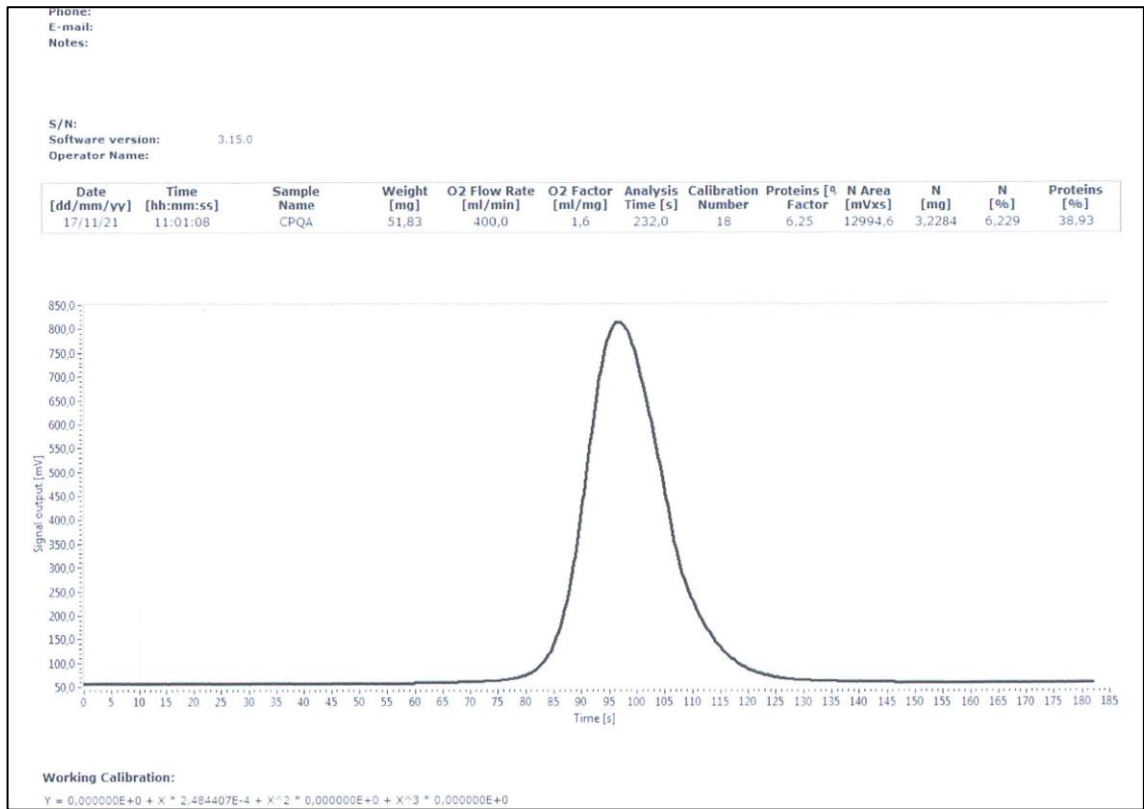


Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5517; 5518 <http://laconal.uta.edu.ec> laconal@uta.edu.ec

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos - LACONAL (2021)

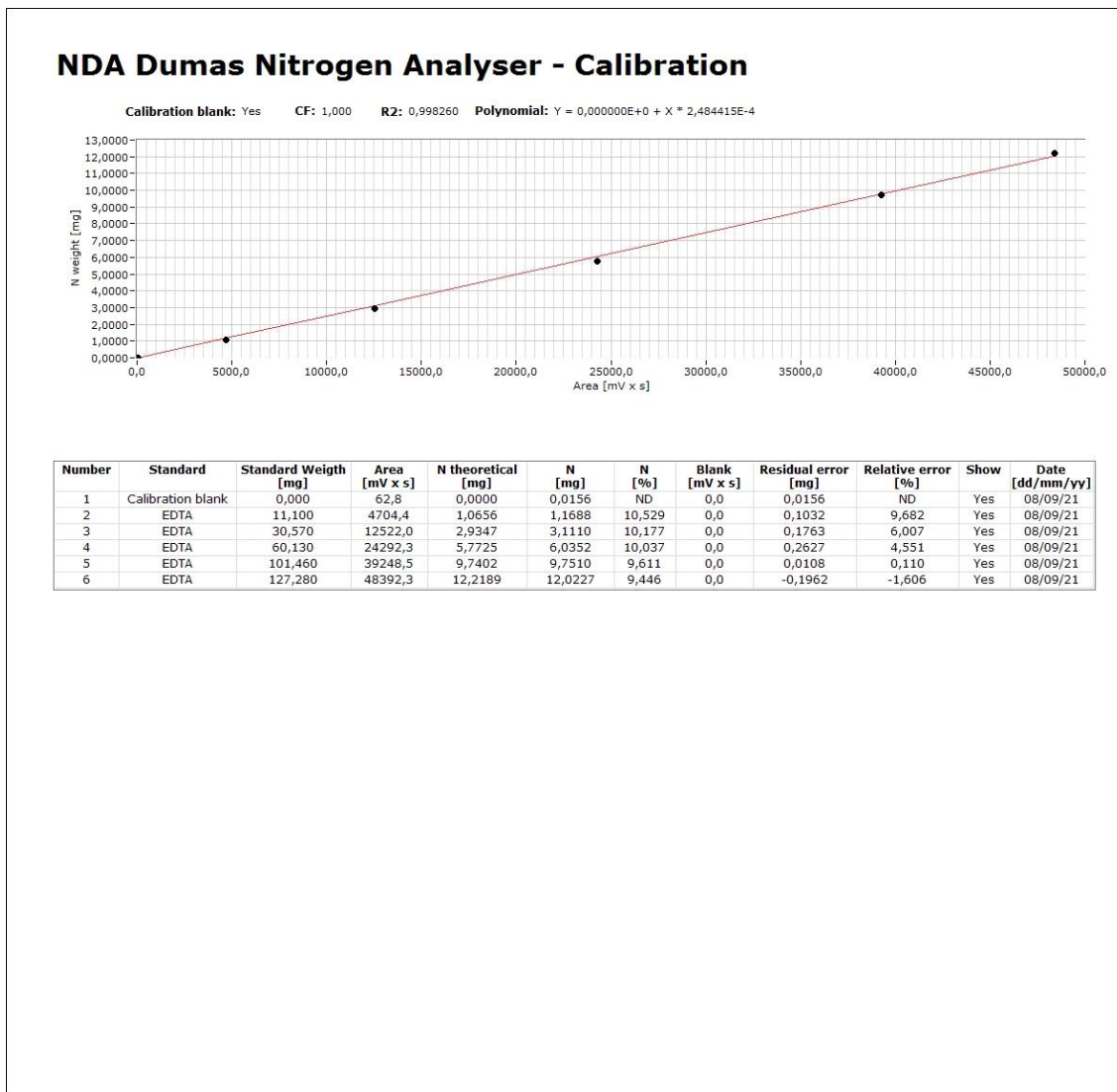
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

A2. Curva de calibración para determinación de proteína



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos - LACONAL (2021)


A3. Curva de calibración con EDTA



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos - LACONAL (2021)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

A4. Cuantificación de almidón mediante hidrólisis ácida



Multianalityca S.A.
La ciencia de Analítica y aseguramiento de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF.DIV-FQ.57671a

DATOS DEL CLIENTE

Clientes	CARRERA BORJA WASHINGTON XAVIER
Dirección	CALLE CIENEGA 1-20 Y AVENIDA AMAZONAS
Teléfono	32803491 995955402

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra de:	ALIMENTO		
Descripción	Harina precocida de quinua y amaranto		
Lote	—	Contenido Declarado:	100g
Fecha de Elaboración	2021-08-19	Fecha de Vencimiento:	2022-08-18
Fecha de Recepción	2021-11-10	Hora de Recepción	11:07:01
Fecha de Análisis	2021-11-15	Fecha de Emisión:	2021-11-15
Material de Envase	Envase de vidrio		
Toma de Muestra realizada por:	El cliente.		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		


CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico.	Olor:	Característico.
Estado:	Sólido.	Conservación:	Al Ambiente
Temperatura de la muestra:	AMBIENTE		


RESULTADOS FISICOQUÍMICO

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
ALMIDON CUANTITATIVO	49.65	%	MFQ-126	AOAC 520.83/ Volumetrica hidrolisis acida dirt

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.
Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.
El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio a partir de la fecha de ingreso será de 15 días para muestras perecibles y 1 mes calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para análisis microbiológicos 5 días laborables a partir de la fecha de análisis, posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.
Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.
El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.
El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).



Quim. Mercedes Parra
Jefe División Instrumental

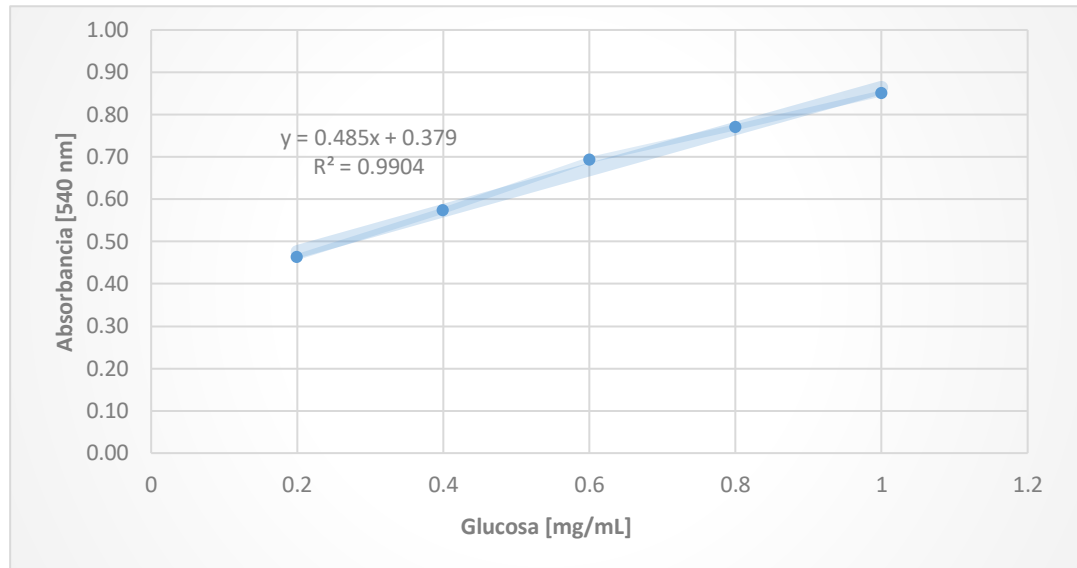


EDMUNDO CHIRIBOGA N47-154 Y JORGE ANIBAL PAEZ
La conspepon - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
Tel: (02) 226 7896, 226 9743, 244 4670 / email: informes@multianalityca.com

Desarrollado por RodcoSoft.com pág. 1/1 RFQ-7.8-01 / Edición RG: 08

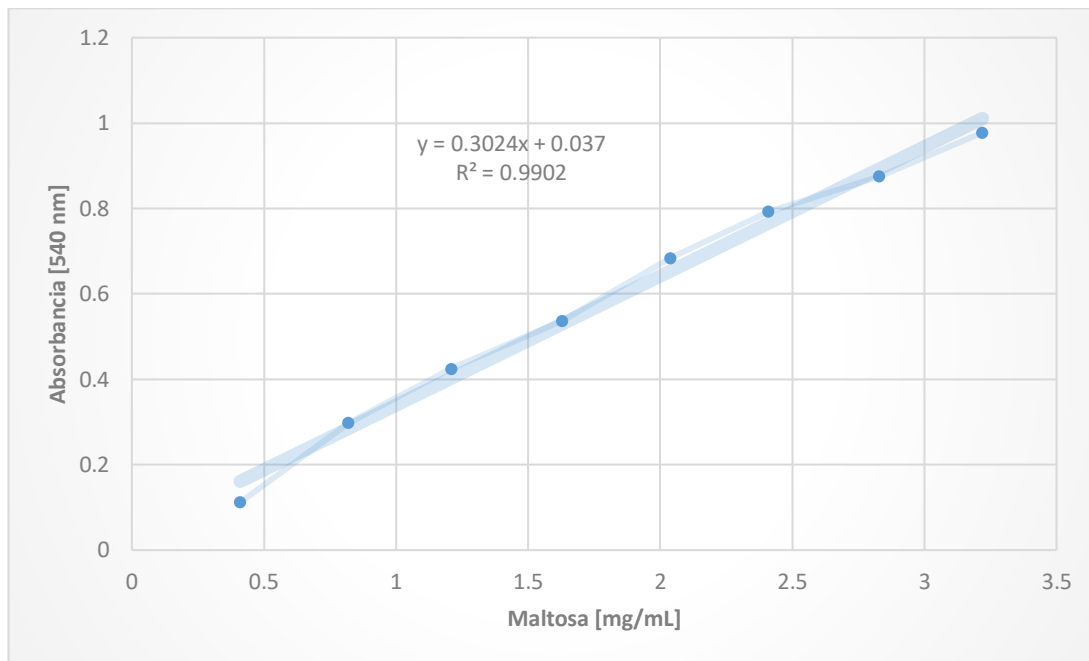
Fuente: Laboratorio Multianalityca (2021)

A5. Curva estándar de glucosa



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)

A6. Curva estándar de maltosa



Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS**

A7. Determinación de la humedad

El procedimiento se realizó por triplicado y consistió en pesar 5 gramos de muestra y colocar sobre el platillo de la termobalanza que previamente fue tarada, la muestra es calentada y se mide el peso de pérdida de agua por volatilización. Al final obtenemos el valor porcentual de la muestra.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

A8. Preparación de soluciones de fluidos de digestión simulados

Reactivo	Conc. stock		SSF		SGF		SIF	
			pH 7		pH 3		pH 7	
	(g/L ⁻¹)	(mol/L ⁻¹)	Volumen de stock (mL)	Conc. enSSF (mMol/L ⁻¹)	Volumen de stock (mL)	Conc. enSSF (mMol/L ⁻¹)	Volumen de stock (mL)	Conc. enSSF (mMol/L ⁻¹)
KCl	37,3	0,5	15,1	15,1	6,9	6,9	6,8	6,8
kH ₂ PO ₄	68	0,5	3,7	3,7	0,9	0,9	0,8	0,8
NaHCO ₃	84	1	6,8	13,6	12,5	25	42,5	85
NaCl	117	2	-----	-----	11,8	47,2	9,6	38,4
MgCl ₂ (H ₂ O) ₆	30,5	0,15	0,5	0,15	0,4	0,1	1,1	0,33
(NH ₄) ₂ CO ₃	48	0,5	0,06	0,06	0,5	0,5	-----	-----

Fuente: Laboratorio de Análisis de alimentos-UEB (2021)