



**Evaluación de la adición de germinados de Frijol mungo (*Vigna radiata*) al suero de leche para
obtener una bebida biofortificada con zinc**

Calvache Punguil, Estefanía Solange

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia Mgtr.

06 de septiembre de 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la adición de germinados de Frijol mungo (*Vigna radiata*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc**, fue realizado por la señorita: **Calvache Punguil, Estefanía Solange**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 06 de septiembre de 2023



Firmado electrónicamente por:
**MARTHA CECILIA
VARGAS ARBOLEDA**

Ing. Martha Cecilia Vargas Arboleda, Mgtr.

C. C.: 1802119634

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Plagiarism and AI Content Detection Report

Trabajo_Calvache_Estefanía.docx

Scan details

Scan time:
September 6th, 2023 at 13:56 UTC

Total Pages:
47

Total Words:
11541

Plagiarism Detection

	Types of plagiarism	Words
4.4%	Identical	1.6% 187
	Minor Changes	0.6% 65
	Paraphrased	1.4% 167
	Omitted Words	17.3% 1993

AI Content Detection

	Text coverage	Words
0%	AI text	0% 0
	Human text	100% 9548

[Learn more](#)



Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia, Mgtr.

C. C.: 1802119634



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Calvache Punguil, Estefanía Solange**, con cédula de ciudadanía No. 1751508910, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación de la adición de germinados de Frijol mungo (*Vigna radiata*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 06 de septiembre del 2023

Calvache Punguil, Estefanía Solange

C.C.: 1751508910



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Calvache Punguil, Estefanía Solange**, con cédula de ciudadanía No. 1751508910 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la adición de germinados de Frijol mungo (*Vigna radiata*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi **responsabilidad**.

Sangolquí, 06 de septiembre de 2023

Calvache Punguil, Estefanía Solange

C.C.: 1751508910

Dedicatoria

Este proyecto es dedicado a mis padres, hermanos y abuelitos por brindarme todo el apoyo que he necesitado.

A mis padres Fernando Calvache y Janneth Punguil, ya que sin ellos hace mucho que hubiera perdido el camino y gracias a ellos he llegado a cumplir las metas que me he propuesto y me han demostrado que todo es posible si se realiza las cosas con amor, esfuerzo y dedicación.

A mi hermano mayor Christian Calvache, quien también ha sido como un padre y siempre ha confiado en mí, me ha enseñado y mostrado cosas que no conocía a mi hermana menor Ayelen Calvache quien también ha sido un apoyo emocional muy grande.

A mi mami Tere y mi Papi Gilberto, quienes me cuidaron desde pequeña cuando mis padres se encontraban en el trabajo y quienes hasta ahora me han brindado un cariño inigualable.

A mi mami Judith y mi papi Jaime cuyo sueño siempre fue verme feliz y cumpliendo todo lo que me proponía y uno de sus sueños fue ver a todos sus nietos profesionales y sé que desde el cielo nos están viendo cumplir sus deseos.

Estefanía Solange Calvache Punguil

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por ser mi guía en este camino, y permitiéndome conocer personas que han contribuido con mi formación académica y personal. También agradezco enormemente a mi familia quienes me han apoyado económica, emocional y moralmente cuando más lo he necesitado, especialmente a mis padres que siempre han velado por mi felicidad y me han impulsado a lograr muchas metas que algunas veces me parecían imposibles, a mis hermanos por también siempre brindarme ese cariño incondicional y brindarme esos momentos de diversión cuando más abrumada me sentía.

A mis profesores, quienes durante toda mi carrera me han brindado su conocimiento y sus experiencias para forjar buenos profesionales, en especial a la Ingeniera Martha Vargas, el Ingeniero Pablo Landázuri e Ingeniero Gabriel Larrea, quienes me han permitido realizar mi proyecto de titulación guiándome hasta su finalización.

A la señora, Verónica Pachacama, quien nos brindó toda su ayuda en la planta de procesamiento siempre con una sonrisa y dispuesta a cualquier situación que se presentara.

A mis mejores amigos Daniel L., Doménica S. y Alexis C que sin ellos mi transcurso en la universidad no hubiera sido el mismo, gracias por todo el apoyo que me han brindado, las risas, por los consejos y las enseñanzas, pero sobre todo, gracias por siempre estar en los buenos y malos momentos incondicionalmente y no dejar que nunca me rinda, también a mis amigos Melanie J., Rommel T., Melanie M., Jerson A. Sebastian D, y Angelica T, que me han hecho sentir en familia y siempre haciéndome reír con sus ocurrencias.

Estefanía Solange Calvache Punguil

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	14
Resumen	15
Abstract.....	16
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	17
Antecedentes	17
Justificación.....	18
Objetivos	19
<i>Objetivo general</i>	19
<i>Objetivos específicos</i>	19
Hipótesis	20
<i>Hipótesis Nula</i>	20
<i>Hipótesis de Investigación</i>	20
CAPÍTULO II	21

REVISIÓN DE LITERATURA	21
Suero de leche	21
Definiciones generales	21
Tipos de sueros de leche	22
Composición fisicoquímica del suero.....	22
Composición microbiológica para el suero	23
Usos y valor nutricional del suero de leche	24
Usos del suero de leche	24
Valor nutricional.....	24
Importancia de la biofortificación en la industria alimentaria	24
Frijol Mungo (<i>Vigna radiata</i>)	24
Generalidades	25
Taxonomía.....	25
Descripción y Características	25
Proceso de germinación y cambios nutricionales asociados.....	27
Ácido Fítico.....	28
Función del ácido Fítico en las plantas.....	28
Efectos anti nutrimentales con respecto al Zn	28
Zinc.....	29
CAPÍTULO III	31
METODOLOGÍA.....	31
Ubicación y características del área de estudio.....	31
Primera Fase	31
Manejo de la semilla	31

Preparación de tratamientos	32
Liofilización.....	32
Diseño experimental	33
Análisis estadístico	33
Variables evaluar.....	34
Evaluación del porcentaje de germinación.....	34
Evaluación de longitud radicular.....	34
Peso fresco	34
Peso seco.....	34
Rendimiento biológico	35
Rendimiento Liofilizado	35
Determinación del ácido Fítico	35
Segunda Fase	36
Diseño experimental	36
Análisis estadístico	36
Preparación de la Bebida	37
Variables a Evaluar.....	38
Determinación del pH	38
Determinación de Sólidos Solubles Totales	38
Medición del sobrenadante	38
Cantidad de Zinc.....	39
Biodisponibilidad de Zinc	40
Características Organolépticas.....	40
CAPÍTULO IV	42

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
Primera Fase Variables agronómicas	42
Porcentaje de germinación	42
Longitud de la radícula	43
Rendimiento Biológico y Rendimiento liofilizado	44
Contenido de Ácido Fítico	44
Segunda Fase Variables Medidas en la Bebida	45
Contenido de zinc	45
Biodisponibilidad de Zinc	45
pH	47
Sólidos solubles totales	47
Sobrenadante de la bebida	49
Características Organolépticas.....	50
Apariencia	50
Aroma.....	51
Consistencia en boca.....	53
Sabor	54
Discusión	57
CAPÍTULO V	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
Conclusiones	61
Recomendaciones.....	62
Bibliografía	63

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Requisitos físico – químicos del suero de leche líquido</i>	23
Tabla 2 <i>Requisitos microbiológicos para el suero de leche líquido</i>	23
Tabla 3 <i>Composición química en 100g de F. mungo, F. blanco y Garbanzo</i>	26
Tabla 4 <i>Cantidades promedio de Zn diarias recomendadas por edades</i>	29
Tabla 5 <i>Descripción de los tratamientos en el presente estudio</i>	32
Tabla 6 <i>Ingredientes utilizados en la formulación de la bebida</i>	37
Tabla 7 <i>Media y desviación estándar del porcentaje de germinación y largo de radícula (cm) en germinados de Frijol mungo (Vigna radiata) sometidos a concentraciones de zinc</i>	42
Tabla 8 <i>Media y desviación estándar del rendimiento biológico y rendimiento liofilizado en germinados de Frijol mungo con diferentes concentraciones de zinc</i>	44
Tabla 9 <i>Ácido fítico, presente en los germinados de Frijol mungo sometido a diferentes concentraciones de zinc, medias y D.E. del contenido y disponibilidad de zinc en bebidas elaboradas a base de suero de leche y germinados de Vigna radiata</i>	46
Tabla 10 <i>pH y sólidos solubles totales de los tratamientos medidos en la bebida a través del tiempo</i>	47
Tabla 11 <i>Promedio del sobrenadante en la bebida realizada a base de suero de leche</i>	49
Tabla 12 <i>Media y D.E. de la apariencia promedio de las bebidas a base de suero de leche y germinados fortificados con zinc.</i>	50
Tabla 13 <i>Medias y D.E. del promedio de calificaciones en el aroma otorgadas por los catadores en las bebidas a base de suero</i>	51
Tabla 14 <i>Medias y D.E. del promedio de calificaciones en la consistencia en boca otorgadas por los catadores en las bebidas a base de suero</i>	53
Tabla 15 <i>Medias y D.E. del promedio de calificaciones en el sabor otorgadas por los catadores en las bebidas a base de suero</i>	54

Tabla 16 *Relación Ácido fítico y biodisponibilidad de zinc* 59

Tabla 17 *Nutrientes de declaración obligatoria y Valor Diario Recomendado (VDR)*..... 60

Índice de figuras

Figura 1 <i>Semillas de frijol mungo (Vigna radiata)</i>	26
Figura 2 <i>Desinfección de semillas</i>	31
Figura 3 <i>Disposición de tratamientos en el espacio para los brotes de Frijol mungo</i>	33
Figura 4 <i>Gráfica de comportamiento de la absorbancia con respecto al zinc.</i>	40
Figura 5 <i>Germinados de Vigna radiata a los seis días de aplicación de las diferentes dosis de zinc</i>	43
Figura 6 <i>Longitud de radícula en Frijol mungo (Vinga radiata)</i>	43
Figura 7 <i>Contenido de Zn en las bebidas realizadas a base de suero con germinados de Vigna radiata</i> ...	45
Figura 8 <i>Disponibilidad de zinc contenido en 72 ml de bebidas elaboradas con germinados de frijol mungo.</i>	46
Figura 9 <i>pH y solidos solubles totales de los tratamientos medidos en la bebida a través del tiempo.</i>	48
Figura 10 <i>Promedio de calificaciones de las características organolépticas obtenidas en la bebida a través del tiempo</i>	56

Resumen

En el presente estudio se evaluaron cinco dosis de zinc en germinados de frijol mungo (*Vigna radiata*) para la elaboración de una bebida a base de suero de leche. Las concentraciones de zinc evaluadas fueron (0, 25, 50, 75 y 100 μM). Las semillas germinadas fueron evaluadas a los cinco días, en el porcentaje de germinación, longitud radicular, rendimiento biológico, rendimiento liofilizado y contenido de ácido fítico. En cuanto a la germinación, largo de radícula, rendimiento biológico no presentaron diferencias significativas, sin embargo, en el rendimiento liofilizado los tratamientos T1 y T2 mostraron un rendimiento superior al resto de tratamientos, en el contenido de ácido fítico presente en los germinados, los tratamientos T0 y T2 obtuvieron valores menores. La bebida fue elaborada con 40 ml de suero de leche, 6 gr de azúcar, 2 gr de germinados liofilizados, 26.6 ml de pulpa de piña y 1 gota de esencia de vainilla, fue evaluada durante 21 días con los siguientes parámetros: pH, SST, contenido de zinc, sobrenadante y relación molar del ácido fítico y zinc (AF:Zn). El pH y SST se mantuvieron a lo largo del estudio con valores de 5.28 en el pH y 19 °Brix en SST. El tratamiento que menor relación AF:ZN obtuvo fue el tratamiento T2 (50 μM), el cual nos da una disponibilidad de zinc mayor al 50%. Las características organolépticas de la bebida fueron estimadas por un grupo de personas que evaluaron: olor, sabor, consistencia y apariencia en el día 0, 2, 7 y día 21 días.

Palabras clave: FORTIFICACIÓN, ZINC, BEBIDA DE SUERO DE LECHE, FRIJOL MUNGO, BIODISPONIBILIDAD

Abstract

In the present study, five doses of zinc were evaluated in mung bean (*Vigna radiata*) sprouts for the preparation of a whey-based beverage. The zinc concentrations evaluated were (0, 25, 50, 50, 75 and 100 μM). Germinated seeds were evaluated after five days for germination percentage, root length, biological yield, freeze-dried yield and phytic acid content. In terms of germination, radicle length and biological yield, there were no significant differences; however, in the freeze-dried yield, treatments T1 and T2 showed a higher yield than the rest of the treatments; in the phytic acid content present in the germinated seeds, treatments T0 and T2 obtained lower values. The beverage was prepared with 40 ml of whey, 6 g of sugar, 2 g of freeze-dried sprouts, 26.6 ml of pineapple pulp and 1 drop of vanilla essence, and was evaluated for 21 days with the following parameters: pH, TSS, zinc content, supernatant and molar ratio of phytic acid and zinc (PA:Zn). The pH and TSS were maintained throughout the study with values of 5.28 in pH and 19 °Brix in TSS. The treatment that obtained the lowest AF:ZN ratio was treatment T2 (50 μM), which gives us a zinc availability greater than 50%. The organoleptic characteristics of the beverage were estimated by a group of people who evaluated: odor, flavor, consistency and appearance at day 0, 2, 7 and day 21 days.

Keywords: FORTIFICATION, ZINC, BUTTERMILK DRINK, MUNG BEAN, BIOAVAILABILITY

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El frijol mungo (*Vigna radiata*) es una leguminosa cultivada por sus semillas comestibles y por su contenido de proteína digerible para los seres humanos en lugares donde adquirir comida de buena calidad es poco accesible. El frijol mungo puede ser consumido de algunas maneras: cocinados, enteros o en harinas. Es una leguminosa muy apetecida por sus germinados que son utilizados en la culinaria (Heuzé *et al.*, 2015).

En el Ecuador el frijol mungo no es muy popular, a pesar de que existen algunas provincias que lo cultivan, siendo la de mayor producción la provincia del Guayas. Las maneras de implementar esta leguminosa en la dieta diaria son variadas, una de ellas son la implementación de germinados en la alimentación (Ávila y Litardo, 2018), bebidas nutritivas, entre otros.

Los germinados conforme se desarrollan aumentan su riqueza nutricional, duplicando la cantidad de vitaminas, transforman la grasa en ácidos grasos y proteínas, las enzimas en azúcares más simples, aumentando su disponibilidad para las personas. Tienen un gran impacto en la salud, mejorando la digestión, aumentando la flora intestinal, estimulan el metabolismo e incrementan el tono muscular (Villén, 2012).

Las bebidas a base suero de leche tiene un gran contenido de lacto suero lo que eleva el valor nutricional de cualquier tipo de bebida, en la actualidad gran porcentaje de suero de leche se destina para elaboración de nuevos productos mediante técnicas de innovación alimentaria (Universidad Técnica Particular de Loja [UTPL], 2021).

Como este subproducto proveniente de la elaboración de quesos se puede elaborar un gran número de bebidas que pueden tener hasta el 90% de lactosuero en el cual se le pueden añadir

diferentes ingredientes como saborizantes, edulcorantes, colorantes naturales, zumos de frutas y germinados de alguna especie vegetal (Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI], *et al.*, 2017).

Justificación

El suero de leche es un subproducto que se obtiene por medio de la fabricación de quesos, este representa un gran contaminante para ríos, lagos o tomas de aguas que son cercanas a fábricas que elaboran productos lácteos que, en su mayoría, no tratan adecuadamente los residuos del proceso. El suero de leche actualmente está siendo considerado para la innovación en la industria alimentaria por su gran contenido nutricional, en el Ecuador, en el año 2019 en el acuerdo interministerial Nro. 177 prohíbe la comercialización de suero de leche líquido a cualquier empresa o persona, sin embargo este puede ser comercializado solo para la elaboración de sueros de leche en polvo, concentrados de proteínas entre otros pulverizados mediante Acuerdo Interministerial Nro. 177 (Ministerio de Producción Comercio Exterior, Inversiones y pesca [MPCEIP], Ministerio de Agricultura Ganadería [MAG] y Ministerio de Salud Pública [MSP], 2019).

Los pequeños productores de queso poseen un acceso muy limitado a la tecnología, no pueden aprovechar y procesar por completo el suero de leche, por lo cual este efluente es desperdiciado, arrojado a fuentes de aguas cercanas a las plantas de procesamiento, lo que le convierte en un gran foco de contaminación, la mayoría de productores desconocen los beneficios que brinda el suero de leche, que al tener un alto valor nutricional puede ser implementado en las dietas alimenticias como suplemento proteico.

En Ecuador la desnutrición crónica infantil es una de las mayores problemáticas de la salud pública. Según los datos oficiales entre niños y niñas menores a cinco años de edad poseen desnutrición crónica infantil, lo que corresponde al 23.1%, esta cifra es mucho más elevada en las comunidades rurales, teniendo un porcentaje del 28.7% lo que lo convierte en el segundo país en América Latina y el

Caribe con mayor desnutrición crónica infantil, después de Guatemala (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2022).

La desnutrición no solo es provocada por la falta de ingesta de alimentos, sino también por el poco valor nutricional que estos poseen, uno de los minerales más ausentes en la alimentación diaria es el zinc, el cual es un micronutriente esencial que juega un papel importante en el crecimiento, desarrollo y funcionamiento del organismo, siendo la deficiencia de zinc mucho más común en áreas rurales y poblaciones vulnerables del Ecuador (Romero *et al.*, 2020).

Por ello en este proyecto se pretende realizar una bebida biofortificada con zinc a base de suero de leche con germinados de Frijol mungo (*Vigna radiata*) como una alternativa saludable y económica que podrá ser accesible en zonas donde el acceso a comidas completamente saludables es completamente limitado, también ofreciendo un beneficio ambiental al dar un uso adecuado al suero de leche y evitando contaminar el ecosistema.

Objetivos

Objetivo general

Establecer el efecto de la adición de germinado biofortificado de frijol mungo (*Vigna radiata*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc.

Objetivos específicos

Obtener el germinado de frijol mungo (*Vigna radiata*) biofortificado mediante impregnación de zinc ($0 \mu M$, $25 \mu M$, $50 \mu M$, $75 \mu M$ y $100 \mu M$) en la semilla para su aplicación tecnológica.

Liofilizar y pulverizar los germinados para elaborar la bebida biofortificada.

Determinar la vida útil del producto mediante pruebas de estantería y evaluación organoléptica.

Determinar la cantidad de zinc residual en el producto terminado (equipo de absorción atómica)

Hipótesis

Hipótesis Nula

El suero de leche enriquecido con germinados biofortificados de frijol mungo (*Vigna radiata*) con 0 μM , 25 μM , 50 μM , 75 μM y 100 μM de zinc no aumenta la cantidad de zinc residual, tiempo de vida útil ni la aceptación del producto final.

Hipótesis de Investigación

El suero de leche enriquecido con germinados biofortificados de frijol mungo (*Vigna radiata*) con 0 μM , 25 μM , 50 μM , 75 μM y 100 μM de zinc aumenta al menos una de las variables a evaluar en el producto final.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Suero de leche

El uso del suero de leche tiene alrededor de 7000 años de historia. En un comienzo se utilizaba el lactosuero como tratamiento para infecciones, cicatrización de heridas, enfermedades estomacales, es decir fue utilizado como un medicamento, fue implementado para la elaboración de mantecas de suero y sopas. Sin embargo, en la actualidad es considerado como uno de los mayores contaminantes de la industria láctea por su difícil y costosa eliminación, convirtiéndose en un problema para el ecosistema (Guzmán, 2022), no obstante, otras fuentes aseguran que el suero de lecho no tenía ningún tipo de uso para la alimentación de ser humano, siendo un líquido que era desperdiciado, con el que únicamente se alimentaba a los cerdos o se tiraba a la basura (Asas *et al.*, 2021).

Por ello en la actualidad y gracias a la innovación en la industria alimentaria se ha podido dar una correcta valorización del suero de leche, incorporándolo como una fuente alimenticia por su gran cantidad de nutrientes que posee (Asas *et al.*, 2021).

El lactosuero hoy en día también es mayormente implementado en la alimentación infantil, como suplemento para deportistas, en la fabricación de bebidas fermentadas y no fermentadas, en productos cárnicos, sopas y salsas, barras nutritivas de cereales(Guzmán, 2022).

Definiciones generales

Según Food and Agriculture Organization [FAO] y World health organization [WHO], (2011)“por suero se entiende la parte líquida de la leche que queda después de separar la leche cuajada en la fabricación del queso”.

De acuerdo al Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], (2011) el suero de leche es el producto lácteo líquido obtenido durante la preparación del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche pasteurizada o productos

derivados de la leche pasteurizada. La coagulación se produce, principalmente, por acidificación química o bacteriana.

Según (Cruz *et al.*, 2022) el lactosuero es el producto generado por la industria láctea especialmente la que se especializa en la elaboración de quesos, donde se concentra la mayor parte de los compuestos de la leche, como sus proteínas, grasas, carbohidratos.

Tipos de sueros de leche

Suero dulce: proviene de la acción enzimática por efecto de la coagulación de la leche, con enzimas coagulantes presentes en el cuajo, las proteínas se producen por medio de una hidrólisis específica cuyo pH es muy cercano al de la leche, tiene una baja concentración de calcio. Es el más utilizado en la industria alimenticia y tiene una composición química muy estable (Murillo, 2015).

Suero ácido: este tipo de suero es obtenido por medio de precipitación ácida, ocasionando mayor concentración de proteínas, presenta un pH aproximado de 4.5, este pH se produce cuando la caseína alcanza su punto isoeléctrico, el cual provoca la anulación de las cargas eléctricas que son las encargadas de mantener separadas las moléculas de la caseína por efecto de la repulsión que generan e impiden la floculación. Sus propiedades minerales superan el 80% (Murillo, 2015).

Composición fisicoquímica del suero

La composición química del suero, (Tabla 1) está reguladas y establecidas por las normas (INEN, 2011) el cual establece los valores permitidos para pH, porcentaje de lactosa, proteína láctea, grasa láctea, ceniza, y acidez titulable.

Tabla 1*Requisitos físico – químicos del suero de leche líquido*

Requisitos	Suero de leche dulce		Suero de leche ácido		Método de ensayo
	Min	Max	Min	Max	
Lactosa % (m/m)	-	5.0	-	4.3	AOAC 984.15
Proteína láctea, % (m/m)	0.8	-	0.8	-	NTE INEN 16
Grasa láctea, % (m/m)	-	0.3	-	0.3	NTE INEN 12
Ceniza, % (m/m)		0.7	-	0.7	NTE INEN 14
Acidez titulable, % (calculada como ácido láctico)		0.16	0.35	-	NTE INEN 13
pH	6.8	6.4	5.5	4.8	AOAC 973.41

Nota. El contenido de proteína láctea es igual a 6.38 por el % nitrógeno total determinado. Recuperado de (INEN, 2011).

Composición microbiológica para el suero

La composición microbiológica del lactosuero (Tabla 2) al igual que la composición fisicoquímica está establecida por las normas INEN, la composición microbiológica nos brinda información sobre la inocuidad y deterioro de los alimentos.

Tabla 2*Requisitos microbiológicos para el suero de leche líquido*

Requisito	n	M	M	c	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aeróbicos mesófilos ufc/g	5	30 000	10 000	1	NTE INEN 1529-5
Recuento de <i>Escherichia coli</i> ufc/g	5	<10	-	0	NTE INEN 1529-8
<i>Staphylococcus aureus</i> ufc/g	5	<100	100	1	NTE INEN 1529 – 14
<i>Salmonella</i> /25g	5	Ausencia	-	0	NTE INEN 1529- 15
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> /25g	5	Ausencia	-		ISO 11290 -1

Nota. Recuperado de (INEN, 2011)

Usos y valor nutricional del suero de leche

Usos del suero de leche

El suero de leche es empleado en diferentes ámbitos uno de ellos es la aplicación en deportes, ya que muchos deportistas implementan proteína en sus dietas que proviene del suero de leche. Con el objetivo de favorecer el metabolismo asociado al crecimiento muscular, la presentación del suero que es empleado en este tipo de dietas por lo general se lo comercializa en polvo soluble, el cual es implementado en diferentes tipos de batidos (Cocha, 2011). Otro de los usos del suero de leche es su implementación en bebidas como jugos, refrescos, bebidas achocolatadas, postres, confitería como emulsificante, productos cárnicos, hidrolizados de proteína, fuente de lactosa (Poveda, 2013).

Valor nutricional

El lactosuero posee un gran valor nutricional ya que está compuesto por proteína, grasa, lactosa, caseína, cenizas y sólidos totales, posee una gran cantidad de minerales como: potasio, calcio, sodio, fósforo, magnesio, también vitamina B y ácido ascórbico (Cujigualpa, 2022).

Importancia de la biofortificación en la industria alimentaria

En la industria alimentaria la innovación es algo primordial por ello la biofortificación es uno de los temas que más importancia tiene dentro de la industria ya que su propósito es elevar la concentración de minerales que pueden estar ausentes o en niveles muy bajos en el grano de la planta, de esta manera pueden ser incorporados estos minerales en la nutrición y por lo tanto resolver problemas de déficit de minerales. También es considerada una opción sostenible frente a la aplicación de fertilizantes que incorporan micronutrientes debido a su gran impacto ambiental (Olmedo, 2020).

Frijol Mungo (*Vigna radiata*)

El frijol mungo se encuentra dentro de las leguminosas, perteneciente a una de las más grandes familias de las angiospermas (Bankole *et al.*, 2023), proviene del continente asiático donde se centra la mayor producción y consumo de este alimento, en el Ecuador esta leguminosa es también conocida bajo

el nombre de Frijol Paciencia (Ávila y Litardo, 2018). Esta leguminosa tiene un papel fundamental en la nutrición, y puede ser consumida de diferentes maneras, implementadas en las dietas alimenticias como un producto fresco o seco o también mediante la implementación mediante la elaboración de harinas a base de esta leguminosa (Vizgarra *et al.*, 2014).

Generalidades

Esta leguminosa es de origen tropical, capaz de crecer en temperaturas que van desde los 18 °C hasta los 33 °C, su origen se centra en Asia (Páez y Rodríguez, 2020) su país de origen se registra en Irán, donde se encuentra en forma salvaje una subespecie *sublobata*, lo cual fue la precursora para la domesticación de *Vigna radiata* y su posterior masificación (Ávila y Litardo, 2018). El rendimiento a nivel mundial de esta leguminosa se aproxima a 0.4 t.ha⁻¹ de semillas pudiendo llegar a una producción de 2.5 t.ha⁻¹ (Vizgarra *et al.*, 2014).

Taxonomía

Vizgarra *et al.* (2014) menciona que frijol mungo se encuentra dentro de la familia *Fabaceae*, subfamilia *Faboideae*, género *Vigna*, Especie *radiata*.

Descripción y Características

Es una planta anual, de porte alto, erecto o semierecto, posee hojas alternadas y trifoliadas, sus inflorescencias son racimos axilares de flores color amarillo, su fruto es una vaina delgada, pubescente, cada vaina posee semillas con una coloración verde brillante u opaca de forma cilíndrica delgadas, su ciclo dura entre 45 hasta 100 días (Vizgarra *et al.*, 2014).

Figura 1

Semillas de frijol mungo (Vigna radiata)



Nota. Autoría propia.

Es una fuente de proteína con 24 a 28%, carbohidratos 59 – 65 % en base seca, posee una cantidad importante de minerales, 72, 89 mg de calcio, 2.83 mg de zinc, 5.04 mg de hierro 32.92 mg de sodio, 1145,88 mg en potasio, fósforo 315.30 mg y magnesio 132. 69 mg por cada 100 g de producto fresco, además proporciona 3400 kJ de energía.kg de grano⁻¹ (Bankole *et al.*, 2023).

Frijol mungo en su valor nutricional (Tabla 3) presenta mayor beneficio en cuanto a otras leguminosas como el garbanzo, arveja y frijol blanco (Vergara, 2006).

Tabla 3

Composición química en 100g de F. mungo, F. blanco y Garbanzo

	F. Mungo	F. Blanco	Garbanzo
Agua (g)	10.7	10.9	10.7
Calorías	340	339	360
Proteína (g)	24.2	22.3	20.5

	F. Mungo	F. Blanco	Garbanzo
Grasa (g)	1.3	1.6	4.8
Carbohidratos (g)	60.2	61.2	60.9
Calcio (mg)	118	144	150
Fósforo (mg)	340	425	331
Hierro (mg)	7.7	7.8	6.9
Sodio (mg)	5.9	18.9	26
Potasio (mg)	1027	1195	796
Vitamina A (U.I.)	79	-	51
Tiamina (mg)	0.38	0.65	0.31
Riboflavina (mg)	0.21	0.22	0.15
Niacina (mg)	2.6	2.4	2
Ácido Ascórbico (mg)	-	-	-

Nota. Recuperado de (Vergara, 2006)

Proceso de germinación y cambios nutricionales asociados

La germinación es un proceso biológico presente en todas las plantas y este tiene la capacidad de cambiar la presencia y disponibilidad de los nutrientes presentes en la semilla de manera latente (Loaiza, 2023).

Las semillas de frijol mungo germinan en un tiempo aproximado de 3 a 4 días, y aumentan drásticamente su valor nutricional, en este proceso se encuentran nutrientes como vitamina A, B, C, E y K, también poseen calcio, hierro, magnesio potasio y fósforo y no poseen colesterol (Ramos y Villanueva, 1998), aumentan su contenido de carotenos, durante el proceso de germinación las albúminas que están almacenadas en el grano seco se desdoblán en aminoácidos, lo que facilita su asimilación y digestibilidad, en comparación con las semillas crudas, los brotes tiernos aún tienen un valor orgánico superior (Costa, 2021). Esta leguminosa al ser altamente digestible induce menos flatulencias y es bien tolerado por los niños por su bajo contenido de ácido fítico (72% del contenido del fósforo total) (Bankole *et al.*, 2023).

Ácido Fítico

El ácido fítico es la principal manera de almacenamiento de fósforo en las semillas o granos de leguminosas, sin embargo de esta manera el fósforo presente en los granos no está disponible ni asimilable para el consumo humano debido a su deficiente actividad de fosfatasas endógenas, las cuales son las encargadas de liberar los grupos fosfatos, este compuesto posee una baja actividad nutricional, ya que es capaz de formar complejos insolubles con otros minerales provocando que estos se vuelvan completamente no asimilables para la persona (Martínez *et al.*, 2002).

El AF posee una fuerte atracción con cationes de Fe, Zn, Ca y Mg, volviéndose completamente insoluble lo que provoca que estos minerales no sean asimilados al momento de ser consumido mediante algún alimento y provocando una deficiencia en estos minerales (Loaiza, 2023).

En las leguminosas el ácido fítico se encuentra presente en el cotiledón y ejes embrionarios y el fósforo es el principal compuesto de las leguminosas presentes en un 80% (Martínez *et al.*, 2002).

Función del ácido Fítico en las plantas

La principal función del ácido fítico en las plantas es la acumulación de fósforo. El fosforo juega un papel importante en distintos procesos metabólicos, como lo es la generación de energía, la principal forma de almacenamiento del fósforo en las semillas es mediante los fitatos los cuales se acumulan en el periodo de maduración, además algunos metabolitos como el mioinositol y el inositol monofosfato intervienen en los procesos de germinación y crecimiento de la planta (Rodríguez *et al.*, 2018).

Efectos anti nutrimentales con respecto al Zn

Las propiedades quelantes del ácido fítico reducen la disponibilidad mineral y reducen la cantidad de enzimas proteolíticas y amilolíticas. Diversos estudios han demostrado que la presencia de ácido fítico en altas cantidades en las dietas de alimentación humana reduce la absorción de Zn dando lugar a una deficiencia de este mineral (Martínez *et al.*, 2002).

Zinc

El zinc es un catión divalente, con un sin número de funciones en el humano. La absorción de este elemento se realiza en el intestino delgado, es considerado un nutriente esencial con un papel específico en más de 300 enzimas que intervienen en diferentes reacciones bioquímicas esenciales en el cuerpo humano (López *et al.*, 2010).

Es un elemento que se encuentra presente en el ser humano y que necesita para poder mantener un buen funcionamiento fisiológico, es indispensable en el embarazo, la infancia, y adolescencia para poder desarrollarse, crecer y aumentar el sistema inmunitario (National Institutes of Health [NIH], 2022).

Interviene en procesos de cicatrización de heridas y funcionamiento de sentidos como el gusto y desarrollo neurológico (NIH, 2022).

La cantidad de este nutriente varía dependiendo de la edad y etapas en las que el ser humano se encuentre (Tabla 4), y de puede ser obtenido a través de algunos alimentos y es almacenado en el musculo esquelético (NIH, 2022).

Tabla 4

Cantidades promedio de Zn diarias recomendadas por edades

Etapa de vida	Cantidad recomendada
Del nacimiento hasta los 6 meses	2 mg
Bebés de 7 a 12 meses	3 mg
Niños de 1 a 3 años	3 mg
Niños de 4 a 8 años	5 mg
Niños de 9 a 13 años	8 mg
Adolescentes varones de 14 a 18 años	11 mg
Niñas adolescentes de 14 a 18	9 mg

Etapa de vida	Cantidad recomendada
Hombres adultos	11 mg
Mujeres adultas	8 mg
Adolescentes embarazadas	12 mg
Adultas embarazadas	11 mg
Adolescente que amamanta	13 mg
Mujeres que amamantan	12 mg

Nota. Recuperado de (NIH, 2022)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Ubicación y características del área de estudio

La investigación se realizó en el laboratorio de fisiología vegetal y principios activos y en la planta de procesamiento de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, ubicado en la Hacienda El Prado, en la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, con una temperatura de 21 °C y una humedad de 52%.

Primera Fase

Manejo de la semilla

Para la presente investigación se utilizó un total de 1000 gr de frijol mungo. Las semillas fueron clasificadas, excluyendo todas aquellas que presentaban anomalías en cuanto a su testa, color e incluso si presentaban algún tipo de daños físico o magulladuras, ocasionado por insectos, en el momento de la cosecha y su posterior secado.

El proceso de desinfección se llevó a cabo con una concentración del 0.8% de hipoclorito de sodio durante 7 minutos con agitación constante, luego se escurrió el volumen de agua con la concentración de hipoclorito de sodio, se enjuagó con agua destilada y estéril durante 7 minutos en intervalos de 3, 1, 3 minutos con recambios de agua (Figura 2).

Figura 2

Desinfección de semillas



Nota. Autoría propia

Preparación de tratamientos

Se pesó 200 gr de semilla seca para cada tratamiento, las semillas fueron impregnadas con diferentes dosis de sulfato de zinc ($ZnSO_4$) con un peso molecular de 287.54 mg, para esto se prepararon soluciones en agua destilada a diferentes concentraciones de 0, 25, 50, 75 y 100 μM , (Tabla 5).

Tabla 5

Descripción de los tratamientos en el presente estudio

Tratamiento	Dosis Zn (μM)
T0	0
T1	25
T2	50
T3	75
T4	100

Nota. Autoría propia.

Las semillas se remojaron en las diferentes soluciones durante 24 horas, después se escurrieron y se almacenaron en frascos de vidrio de 200 ml, previamente autoclavados, la siembra de las semillas impregnadas con sulfato de se realizó en la cámara de flujo laminar, de manera aleatoria, para ser llevados a una incubadora durante 5 días a una temperatura de 22 °C para su germinación.

Las semillas fueron regadas con agua destilada y esterilizada cada día para inducir la germinación.

Liofilización

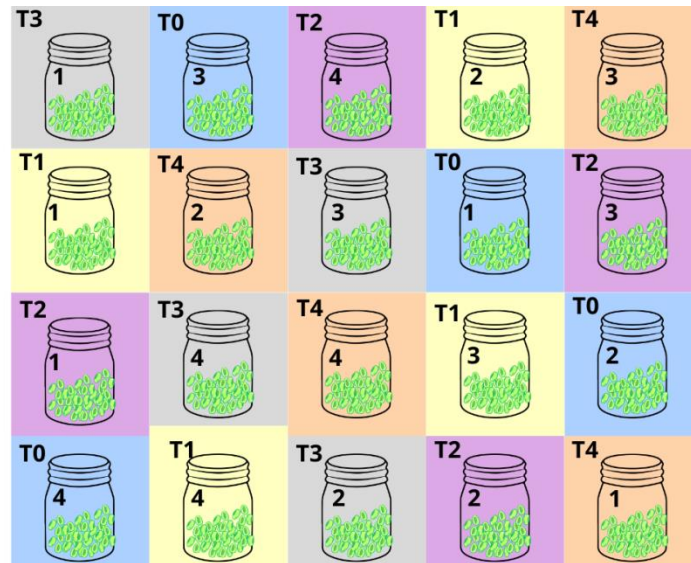
El proceso de liofilización se lo realizó en el laboratorio de Conservación y posrecolección, lugar donde se procedió a deshidratar los germinados obtenidos anteriormente, durante 12 horas a -25 °C y -20 pulg Hg, y procesarlos de manera que podamos obtener una materia prima que nos permita incorporarla a la bebida, resguardando su calidad nutritiva.

Diseño experimental

Los tratamientos fueron diseñados en un experimento completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones. La unidad experimental es un frasco de vidrio de 200 ml que contiene cada uno de los tratamientos, cada tratamiento con cuatro repeticiones, dando un total de 20 unidades experimentales (Figura 3).

Figura 3

Disposición de tratamientos en el espacio para los brotes de Frijol mungo



Nota. T₀ (0μM), T₁ (25μM), T₂ (50μM), T₃ (75μM), T₄ (100μM). Autoría propia

Análisis estadístico

Las diferentes variables en la primera fase fueron evaluadas mediante estadística descriptiva y comparada mediante un análisis de varianza utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = media general

Z_i = efecto de la i – ésima concentración de Zn

$\varepsilon_{ij} = \text{Error experimental}$

Para la comparación entre tratamientos se utilizó una prueba paramétrica no exacta “Duncan” al 5%. Todos los análisis fueron realizados mediante el programa InfoStat.

VARIABLES EVALUAR

En los brotes de frijol mungo obtenidos, se evaluó porcentaje de germinación, longitud radicular, rendimiento biológico, rendimiento liofilizado y determinación de ácido fítico.

Evaluación del porcentaje de germinación

La germinación fue evaluada al sexto día, escogiendo 100 brotes completamente al azar en cada repetición. Utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas}} \times 100$$

Evaluación de longitud radicular

Para la medición del largo de la radícula se tomaron cuatro brotes completamente al azar de cada repetición, se pudo determinar su longitud mediante la implementación de papel milimetrado, tomando en cuenta el largo radicular desde el hipocótilo hasta el final de la radícula.

Peso fresco

Las semillas de frijol mungo fueron sometidas a las diferentes soluciones con las concentraciones de Zn, para su posterior incubación estimulando la germinación, luego de seis días se procedió a pesar el producto obtenido de cada tratamiento.

Peso seco

Para poder estimar el peso seco primero se envaso los brotes de frijol mungo previamente pesadas en bolsas tipo Ziploc y fueron colocadas en un liofilizador, durante tres días a una temperatura de - 40 °C y una presión de 0.01mbar.

Rendimiento biológico

El rendimiento biológico fue estimado tomando en cuenta el peso fresco total de la semilla de *Vigna radiata* con respecto al peso de la semilla utilizada para cada tratamiento., utilizando la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento biológico} = \left(\frac{F_w}{M} \right) \times 100$$

Donde:

F_w = *Peso fresco total de la semilla*

M = *Peso de las semillas utilizadas en cada tratamiento*

Rendimiento Liofilizado

El rendimiento biológico fue estimado tomando en cuenta el peso liofilizado total de la semilla de Frijol mungo con respecto al peso de las semillas germinadas (peso fresco) para cada tratamiento., utilizando la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento liofilizado} = \left(\frac{F_w}{M} \right) \times 100$$

Donde:

F_w = *Peso liofilizado total de la semilla*

M = *Peso de las semillas germinadas en cada tratamiento*

Determinación del ácido Fítico

El ácido fítico fue determinado en el laboratorio de Química y Suelos de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I. Para la determinación se extrajo 2 gramos del procesado liofilizado anteriormente de cada tratamiento ($0 \mu M$, $25 \mu M$, $50 \mu M$, $75 \mu M$ y $100 \mu M$) y se mezcló con 50 ml de HCl al 2% en matraces de 125 ml, se llevaron las muestras al laboratorio de Agrobiotecnología, las muestras fueron colocadas en una incubadora a 21.7 °C con una agitación orbital a 125 rpm durante 3 horas, transcurrido ese tiempo se procedió a filtrar las muestras con papel Whatman número 1, el filtrado obtenido se

mezcló con 2.5 ml de agua destilada. Se procedió a realizar la titulación con FeCl al 1.95 mg.ml⁻¹, agitando suavemente hasta obtener una coloración amarillenta. La concentración de ácido fítico en las muestras se determinó utilizando las siguientes fórmulas propuestas por (Abulude, 2004).

$$\text{Fitato de fosforo} \left(\frac{mg}{100g} \right) = \text{Valor de la titulación} \times 1.95$$

$$\text{Fitato} \left(\frac{mg}{100g} \right) = \text{Fitato de fosforo} \times 3.55$$

Segunda Fase

Diseño experimental

Los tratamientos fueron diseñados en un experimento completamente al azar (DCA) con dos repeticiones. La unidad experimental es un frasco de vidrio de 105 ml que contiene cada uno de los tratamientos, cada tratamiento con dos repeticiones, dando un total de 8 unidades experimentales.

Análisis estadístico

Las diferentes variables en la segunda fase fueron evaluadas mediante estadística descriptiva y comparada mediante un análisis de varianza utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = media general

Z_i = efecto de la i – ésima concentración de Zn

ε_{ij} = Error experimental

Para la comparación entre tratamientos se utilizó una prueba paramétrica no exacta “Duncan” y una prueba no paramétrica “Kruskal Wallis” ambas pruebas con un nivel de significancia del 5%. Todos los análisis fueron realizados mediante el programa InfoStat.

Preparación de la Bebida

La segunda fase se realizó en la Planta de Procesamiento de Alimentos y Laboratorio de Conservación – Posrecolección de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, donde se realizó la elaboración de las bebidas.

Para la obtención de la bebida se utilizó suero de leche obtenido de la elaboración de queso. El suero obtenido se pasteurizó a una temperatura de 63 °C por 30 minutos con el fin de asegurar la inocuidad de la bebida, posteriormente se filtró y se dispensó en los diferentes envases de vidrio de 105 ml con tapas twist-off, se añadió pulpa de piña (FRUTASI), azúcar, harina liofilizada de los diferentes tratamientos y esencia de vainilla, (Tabla 6).

Una vez realizada la bebida se llevó los frascos correctamente sellados a baño maría durante 20 minutos para poder obtener una esterilización del producto y del envase, provocando de esta manera un sellado hermético (sellado al vacío) con el fin de precautelar que su consumo sea seguro.

Tabla 6

Ingredientes utilizados en la formulación de la bebida

Ingredientes	Cantidad	Porcentaje
Suero de Leche	40 ml	53.03
Pulpa de Piña (FRUTASI)	26.67 ml	36.53
Azúcar blanca	6 gr	2.6
Harina liofilizada	2 gr	7.8
Esencia de Vainilla	1 gota (~ 30 μ l)	0.04

Nota. La bebida fue elaborada en base a pruebas realizadas previamente y a la aceptabilidad de las bebidas realizadas en una fase pre – cata.

Variables a Evaluar

Se evaluaron dos tipos de variables, cuantitativas y cualitativas, las variables cuantitativas evaluadas fueron, pH, grados Brix, separación, y concentración de zinc, mientras que en las variables cualitativas se estimó la apariencia, aroma, consistencia en boca, y sabor. Las variables fueron evaluadas al día 0, a las 48 horas, 7 días y 21 días de su elaboración, en esta segunda etapa de experimentación la unidad experimental cambia a un frasco de 105 ml con bebida con un total de 20 unidades experimentales. Las unidades experimentales fueron almacenadas a una temperatura promedio de 13,96 °C para sus diferentes evaluaciones en el tiempo.

Determinación del pH

El pH se evaluó en el laboratorio de Conservación y Posrecolección ubicado en la Hacienda el Prado, se determinó mediante la implementación de un pH metro, el cual está compuesto por electrodos y mide la actividad ion hidrógeno que indica el grado de acidez o alcalinidad de la bebida, para esto se tomó la muestra y se sumergió el electrodo en la bebida, se esperó aproximadamente 15 segundos hasta que se estabilice el pH metro y obtener el dato de la actividad ion hidrógeno.

Determinación de Sólidos Solubles Totales

La determinación de sólidos solubles totales se realizó en el laboratorio de Conservación y Posrecolección, se utilizó un Brixómetro, cuyo principio se basa en medir la refracción de la luz, para ello se tomó una muestra de la bebida y se introdujo en el Brixómetro hasta que se obtenga el dato de la cantidad de azúcares presentes en la bebida.

Medición del sobrenadante

Las bebidas se mantuvieron en reposo hasta el día de su evaluación lo que permitió la medición del sobrenadante, implementando un escalímetro, evitando movimientos que alteren el sobrenadante de la bebida.

Cantidad de Zinc

Para poder estimar la cantidad de zinc presente en las bebidas, se consideraron 10 muestras de las mismas, las cuales fueron deshidratadas colocándolas en bandejas de aluminio en una estufa durante 24 horas. Posteriormente a su deshidratación el producto obtenido fue triturado mediante un mortero y un pistilo hasta obtener un pulverizado.

De este pulverizado se pesó 3 gr y se sometieron a calcinación en una mufla a 600 ° C durante 4 horas, luego se añadió 10 ml de agua destilada y 2 ml de HCl 0.2 molar, a cada muestra, se llevó a punto de ebullición en una estufa y se filtró utilizando papel filtro whatman número 1 en balones con agua destilada hasta aforar a 50 ml, el proceso de filtrado se realizó dos veces con el fin de eliminar impurezas.

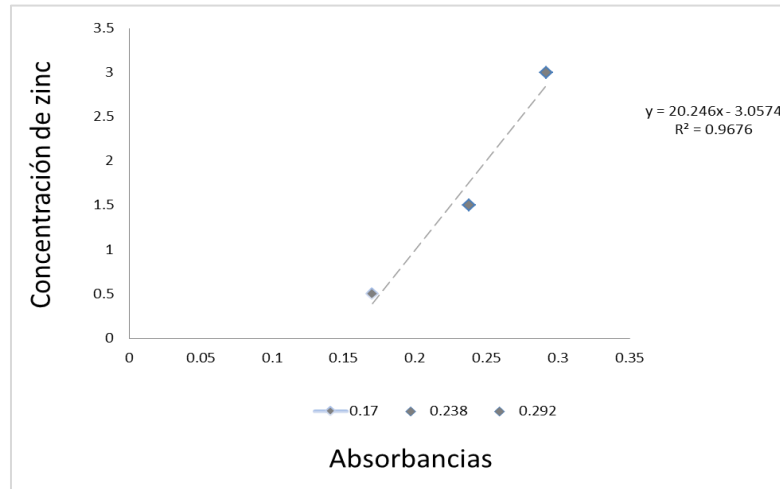
En la medición de la cantidad zinc se implementó el Kit de prueba para zinc HI3854 de HANNA Instruments®, que utiliza un análisis colorimétrico para determinar la concentración de zinc presente en soluciones en un rango de 0 a 30 mg.L⁻¹ (ppm), la reacción colorimétrica se realiza por la implementación del reactivo zincona que genera una solución de color que va desde marrón – verde hasta un azul en una solución buffer con pH alcalino. Luego se le añade cianuro para formar complejos con el zinc y otros metales pesados. Posteriormente se le coloca un cyclohexanona a la solución para liberar específicamente el zinc del complejo formado anteriormente y que solo este reaccione con la zincona y obtener la cantidad de zinc en la muestra.

Para poder obtener un resultado más real de las cantidades de zinc presentes en las muestras se utilizó el kit descrito anteriormente con tres soluciones conocidas de zinc (0.5, 1.5 y 3 mg.L⁻¹), una vez obtenidas las soluciones con las concentraciones de zinc conocidas se registraron sus absorbancias en el espectrofotómetro con una calibración de 580 nm, con los datos obtenidos se pudo realizar una curva de comportamiento de absorbancia vs zinc (Figura 4). Con la ecuación de la curva se calcularon los valores de zinc de cada muestra.

$$Zn \left(\frac{mg}{l} \right) = 20.246 \times (U. Abs) - 3.0574$$

Figura 4

Gráfica de comportamiento de la absorbancia con respecto al zinc



Nota. El coeficiente ($R^2 = 0.96$) indica un ajuste óptimo del modelo lineal a la variable de concentración de zinc.

Biodisponibilidad de Zinc

Para estimar la biodisponibilidad de zinc, se utiliza una relación entre la cantidad molar de ácido fítico y zinc, mediante la siguiente ecuación.

$$AF: Zn = \frac{mmol AF}{mmol Zn}$$

Características Organolépticas

Para evaluar las características organolépticas y aproximar el tiempo de vida útil de las bebidas se convocó a un grupo de 5 catadores voluntarios, los cuales reunían características aptas para realizar el proceso de cata, uno de los requerimientos importantes para este proceso es la tolerancia a la lactosa, y no poseer alergias a alguno de los ingredientes utilizados en la elaboración de la bebida. El grupo consistía en 2 hombres y 3 mujeres entre 22 y 25 años de edad. Las evaluaciones sensoriales se realizaron en el aula estudiantil del área de la planta de Procesamiento de Alimentos, se envió un formulario de Google Forms a cada uno de los miembros del grupo, la encuesta consistía en cuatro

subdivisiones: apariencia, aroma, consistencia y sabor. A cada catador también se le entregó un vaso de agua con el fin de neutralizar los sabores entre cada bebida, las bebidas fueron entregadas en vasos de $\frac{1}{3}$ oz sin identificar de que tratamiento era cada uno, ni su distribución, con el fin de evitar predisposiciones en los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera Fase Variables agronómicas

Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación presentó diferencias entre tratamientos, teniendo un mayor valor T3 (75 μM), mientras que el tratamiento con menor porcentaje de germinación fue T4 (100 μM) (Tabla 7), (Figura 5).

Tabla 7

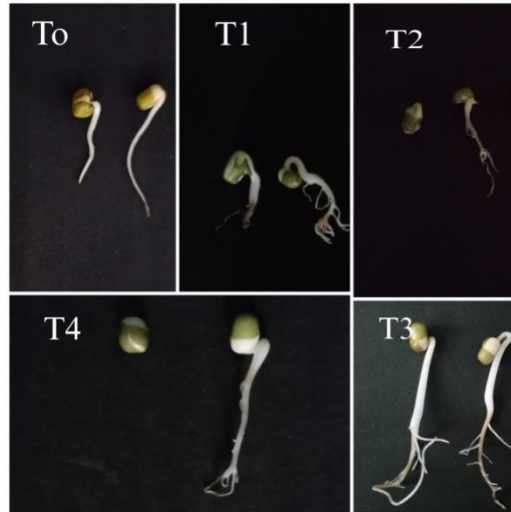
*Media y desviación estándar del porcentaje de germinación y largo de radícula (cm) en germinados de Frijol mungo (*Vigna radiata*) sometidos a concentraciones de zinc*

Tratamiento	Germinación (%)	Longitud de la radícula
$T_0: 0 \mu M$	$87.25 \pm 1.71 ab$	$4.95 \pm 0.91 b$
$T_1: 25 \mu M$	$89.50 \pm 1.29 bc$	$4.95 \pm 0.91 b$
$T_2: 50 \mu M$	$91.00 \pm 1.83 c$	$6.88 \pm 1.11 c$
$T_3: 75 \mu M$	$91.75 \pm 1.50 c$	$7.67 \pm 1.01 c$
$T_4: 100 \mu M$	$86.50 \pm 2.38 a$	$3.33 \pm 0.68 a$

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), mediante una comparación de medias Duncan. Autoría propia.

Figura 5

Germinados de Vigna radiata a los seis días de aplicación de las diferentes dosis de zinc



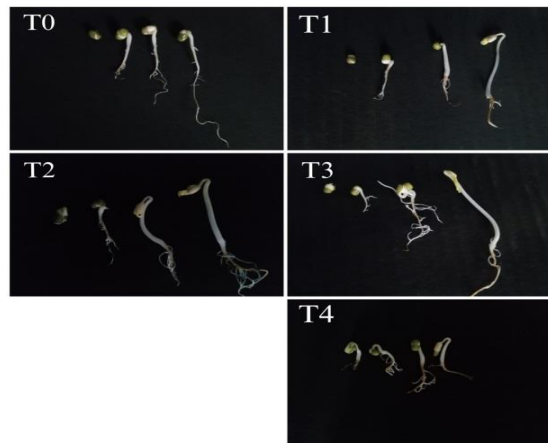
Nota. T₀ (0μM), T₁ (25μM), T₂ (50μM), T₃ (75μM), T₄ (100μM). Autoría propia

Longitud de la radícula

La longitud de los brotes de frijol mungo presentó diferencias significativas entre las diferentes dosis de aplicación del zinc ($F_{4,15}6.61; p = 0.0028$). El tratamiento T₃ (75 μM) presentó una longitud de la radícula mayor al resto de tratamientos, con una media de 7.67 cm. (Figura 6), (Tabla 7).

Figura 6

Longitud de radícula en Frijol mungo (Vinga radiata)



Nota. T₀ (0μM), T₁ (25μM), T₂ (50μM), T₃ (75μM), T₄ (100μM). Autoría propia

Rendimiento Biológico y Rendimiento liofilizado

En el rendimiento biológico no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($F_{4,15}2.71; p = 0.070$) mientras que el rendimiento liofilizado con respecto al peso de los germinados, si presentó diferencias entre los tratamientos ($F_{4,15}22.54; p < 0.0001$), los tratamientos que presentaron diferencias significativas corresponde a los tratamientos T1 y T2 ($F_{4,15}21.64; p = 0.0003$), sin embargo el tratamiento T0 obtuvo mejor rendimiento en ambos casos, rendimiento biológico y rendimiento liofilizado (Tabla 8).

Tabla 8

Media y desviación estándar del rendimiento biológico y rendimiento liofilizado en germinados de Frijol mungo con diferentes concentraciones de zinc

Tratamiento	Rendimiento biológico (%)	Rendimiento liofilizado (%)
$T_0: 0 \mu M$	$228.50 \pm 4.43 b$	$45.93 \pm 1.42 c$
$T_1: 25 \mu M$	$213 \pm 5.77 a$	$28.66 \pm 1.64 a$
$T_2: 50 \mu M$	$218.62 \pm 6.26 ab$	$37.31 \pm 4.60 b$
$T_3: 75 \mu M$	$225.00 \pm 12.91 ab$	$35.04 \pm 2.32 b$
$T_4: 100 \mu M$	$225 \pm 4.76 ab$	$34.92 \pm 1.79 b$

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), mediante una comparación de medias Duncan. Autoría propia

Contenido de Ácido Fítico

Los valores obtenidos sobre el ácido fítico muestran que los tratamientos con menor concentración de ácido fítico fueron T0 y T4, con valores menores a $3 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ (Tabla 9).

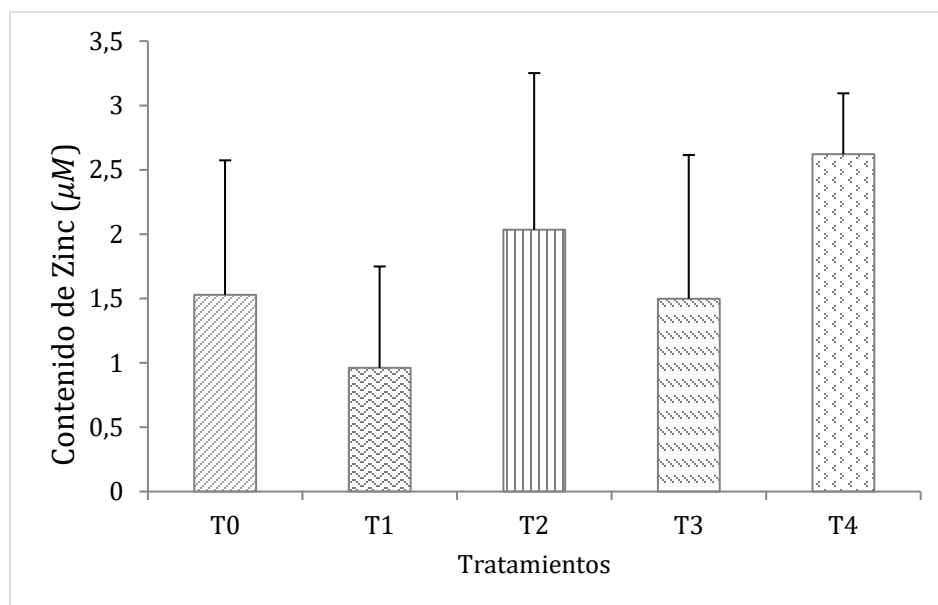
Segunda Fase Variables Medidas en la Bebida

Contenido de zinc

Los resultados obtenidos no muestran diferencias significativas ($H = 4.23; p = 0.3728$) entre los contenidos de zinc en las bebidas elaboradas a base de suero de leche y germinados de frijol mungo (Tabla 9), (Figura 7), sin embargo, el tratamiento que posee mayor cantidad de zinc es el tratamiento T4 $100 \mu M$.

Figura 7

Contenido de Zn en las bebidas realizadas a base de suero con germinados de Vigna radiata



Nota. T₀ ($0 \mu M$), T₁ ($25 \mu M$), T₂ ($50 \mu M$), T₃ ($75 \mu M$), T₄ ($100 \mu M$). Autoría propia.

Biodisponibilidad de Zinc

La disponibilidad de zinc presente en las bebidas no muestra diferencias significativas ($H = 2.07; p = 0.7224$) entre los tratamientos utilizados de los germinados de Vigna radiata (Tabla 9). Sin embargo los tratamientos que presentan menor relación AF:Zn son los tratamientos testigo y $50 \mu M$ (Figura 8).

Tabla 9

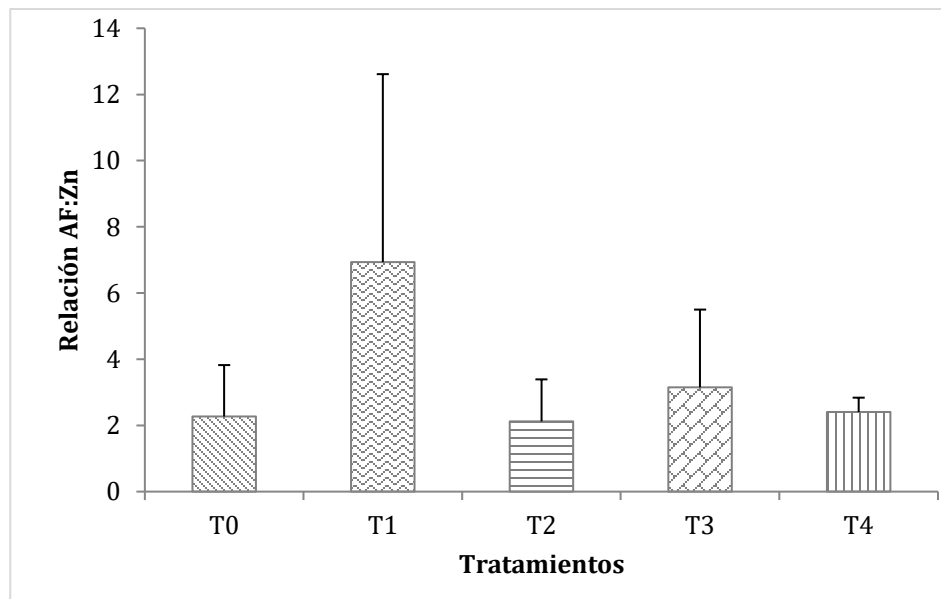
Ácido fítico, presente en los germinados de Frijol mungo sometido a diferentes concentraciones de zinc, medias y D.E. del contenido y disponibilidad de zinc en bebidas elaboradas a base de suero de leche y germinados de *Vigna radiata*

Tratamientos	Ácido Fítico mg. 100g-1	Contenido de Zinc (mg.L-1)	Relación AF:Zn
$T_0: 0 \mu M$	2.08	1.53 ± 1.05	2.27 ± 1.55
$T_1: 25 \mu M$	3.46	0.96 ± 0.79	6.93 ± 5.68
$T_2: 50 \mu M$	2.77	2.03 ± 1.22	2.12 ± 1.27
$T_3: 75 \mu M$	2.66	1.50 ± 1.12	3.15 ± 2.35
$T_4: 100 \mu M$	4.85	2.62 ± 0.47	2.41 ± 0.43

Nota. Autoría propia

Figura 8

Disponibilidad de zinc contenido en 72 ml de bebidas elaboradas con germinados de frijol mungo.



Nota. T_0 ($0\mu M$), T_1 ($25\mu M$), T_2 ($50\mu M$), T_3 ($75\mu M$), T_4 ($100\mu M$). Autoría propia.

pH

El pH obtenido de las diferentes muestras a través del tiempo muestran una ligera tendencia a disminuir en el segundo día, y posteriormente vuelven a subir. (Tabla 10), (Figura 9).

Tabla 10

pH y sólidos solubles totales de los tratamientos medidos en la bebida a través del tiempo

Tratamientos	pH	SST
$T_0: 0 \mu M$	5.34 ± 0.37	19.13 ± 1.26
$T_1: 25 \mu M$	5.28 ± 0.36	19.88 ± 0.40
$T_2: 50 \mu M$	5.27 ± 0.27	19.05 ± 1.43
$T_3: 75 \mu M$	5.24 ± 0.26	19.30 ± 1.10
$T_4: 100 \mu M$	5.28 ± 0.36	20.13 ± 1.01

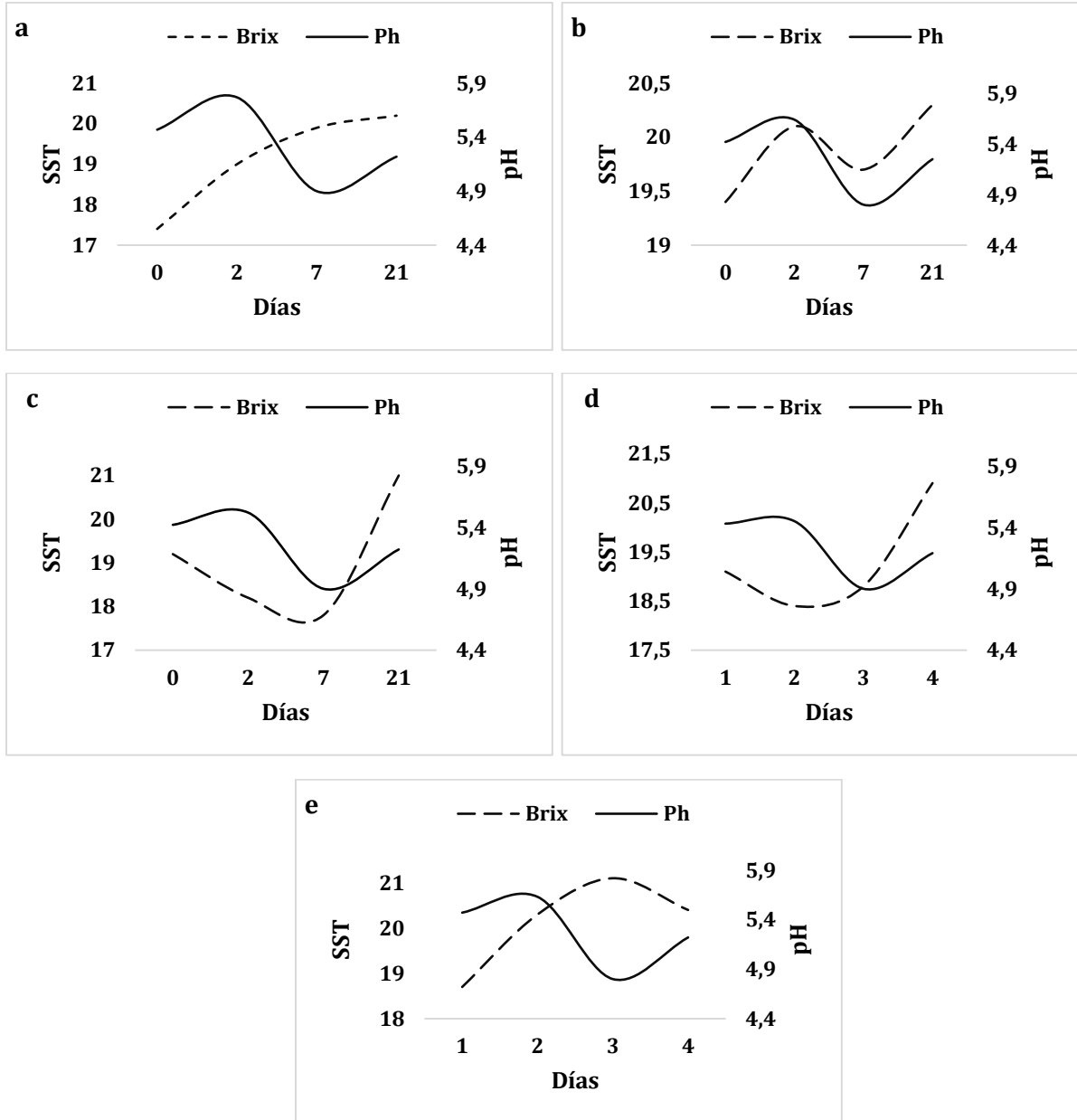
Nota. Autoría propia

Sólidos solubles totales

Entre los tratamientos la cantidad de sólidos totales se puede observar que en los tratamientos T1 y T4 posee una media mayor a 19.50 °Brix. (Tabla 10), Las bebidas tienden a estabilizarse a partir del día 15 como se puede observar en la gráfica (Figura 9).

Figura 9

pH y solidos solubles totales de los tratamientos medidos en la bebida a través del tiempo



Nota. a. T_0 ($0 \mu M$), b. T_1 ($25 \mu M$), c. T_2 ($50 \mu M$), d. T_3 ($75 \mu M$), e. T_4 ($100 \mu M$). Autoría propia

Sobrenadante de la bebida

Después de la elaboración de las bebidas, se puede observar que conforme pasa el tiempo el sobrenadante tiende a aumentar hasta llegar a una estabilización aproximadamente a los 7 días, (Tabla 11).

Tabla 11

Promedio del sobrenadante en la bebida realizada a base de suero de leche

Tratamiento	Tiempo (Días)	Promedio del sobrenadante (cm)
T0	0 – 2	0.8
	2 – 7	0.1
	7 – 21	0
	Total	0.90
T1	0 – 2	0.7
	2 – 7	0.05
	7 – 21	0
	Total	0.75
T2	0 – 2	0.75
	2 – 7	0.15
	7 – 21	0
	Total	0.90
T3	0 – 2	0.85
	2 – 7	0.05
	7 – 21	0
	Total	0.90
T4	0 – 2	0.7
	2 – 7	0.12
	7 – 21	0
	Total	0.82

Nota. Autoría propia

Características Organolépticas

Apariencia

Los datos obtenidos pudieron determinar que existen diferencias entre los tratamientos ($F = 6.32; p = 0.0002$) (Tabla 12). El tratamiento T2 muestra una ligera tendencia negativa hasta el día 7 de evaluación, teniendo un aumento en el día 21, el resto de los tratamientos tienen una tendencia similar en su apariencia, teniendo una estabilidad en el día 21 (Figura 10).

Tabla 12

Media y D.E. de la apariencia promedio de las bebidas a base de suero de leche y germinados fortificados con zinc

Tratamiento	Tiempo (Días)	Media \pm D.E.	
$T_0: 0 \mu M$	0	5.00 ± 1.00	
	2	6.80 ± 0.84	bc
	7	5.60 ± 1.52	
	21	5.80 ± 1.64	
$T_1: 25 \mu M$	0	3.80 ± 2.77	
	2	6.00 ± 0.71	
	7	6.40 ± 2.07	
	21	5.00 ± 2.12	
$T_2: 50 \mu M$	0	8.20 ± 1.30	bc
	2	5.60 ± 1.52	
	7	4.00 ± 0.71	
	21	6.00 ± 1.58	
$T_3: 75 \mu M$	0	4.00 ± 1.58	a

Tratamiento	Tiempo (Días)	Media \pm D.E.
$T_4: 100 \mu M$	2	5.00 \pm 1.58
	7	3.20 \pm 1.79
	21	4.40 \pm 1.52
	0	7.00 \pm 1.41
	2	6.60 \pm 2.07
	7	7.60 \pm 2.07
	21	6.60 \pm 2.30

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Autoría propia

Aroma

El aroma presenta diferencias entre los tratamientos ($F_{4,95} = 10.59; p < 0.0001$) (Tabla 13). Los tratamientos T2 y T3 muestran una tendencia negativa en los primeros días de cata, teniendo un crecimiento importante en el séptimo día, por otro lado, los tratamientos T0 y T4, mantienen sus tendencias iguales, mientras que el tratamiento T0 mostró un crecimiento casi exponencial desde el primer día hasta el séptimo día, todos los tratamientos tuvieron una disminución en el último día de evaluación (Figura 10).

Tabla 13

Medias y D.E. del promedio de calificaciones en el aroma otorgadas por los catadores en las bebidas a base de suero

Tratamiento	Tiempo (Días)	Media \pm D.E.
$T_0: 0 \mu M$	0	5.80 \pm 2.59
	2	6.80 \pm 1.30

Tratamiento	Tiempo (Días)	Media \pm D.E.	
$T_1: 25 \mu M$	7	7.00 \pm 2.24	a
	21	5.20 \pm 0.84	
	0	2.20 \pm 0.84	
	2	4.20 \pm 1.30	
	7	7.20 \pm 1.92	
	21	5.00 \pm 2.12	
$T_2: 50 \mu M$	0	8.20 \pm 1.64	b
	2	5.60 \pm 2.30	
	7	8.00 \pm 2.00	
	21	6.80 \pm 1.10	
	0	4.00 \pm 1.58	
	2	5.00 \pm 1.58	
$T_3: 75 \mu M$	7	3.20 \pm 1.79	a
	21	4.40 \pm 1.52	
	0	7.40 \pm 2.41	
	48 H	7.00 \pm 1.41	
$T_4: 100 \mu M$	7 D	6.60 \pm 0.89	b
	21 D	7.60 \pm 1.95	

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Autoría propia.

Consistencia en boca

En cuanto a la consistencia los datos obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en las bebidas ($F_{4,95} = 1.41; p = 0.2353$) (Tabla 14). Los tratamientos T1 y T2 muestran una inclinación negativa, opuesto al tratamiento T0 que muestra una inclinación positiva hasta el séptimo día y luego muestra una ligera inclinación negativa en el día 21, (Figura 10).

Tabla 14

Medias y D.E. del promedio de calificaciones en la consistencia en boca otorgadas por los catadores en las bebidas a base de suero

Tratamiento	Tiempo (Días)	Media \pm D.E.
$T_0: 0 \mu M$	0	5.20 ± 1.92
	2	5.40 ± 1.52
	7	6.60 ± 2.41
	21	6.00 ± 2.24
$T_1: 25 \mu M$	0	2.00 ± 1.00
	2	6.68 ± 2.59
	7	6.20 ± 1.30
	21	4.40 ± 2.88
$T_2: 50 \mu M$	0	7.20 ± 2.17
	2	6.60 ± 1.67
	7	5.60 ± 3.36
	21	5.60 ± 2.07
$T_3: 75 \mu M$	0	6.80 ± 1.92

Tratamiento	Tiempo (Días)	Media \pm D.E.
$T_4: 100 \mu M$	2	5.40 \pm 2.88
	7	6.60 \pm 1.67
	21	7.20 \pm 1.64
	0	5.80 \pm 4.09
	2	6.80 \pm 2.59
	7	6.00 \pm 2.00
	21	5.40 \pm 2.70

Nota. Autoría propia.

Sabor

En cuanto al sabor si existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en las bebidas realizadas a base de suero de leche ($F_{4,95} = 8.72; p < 0.0001$). (Tabla 15). El tratamiento T2 muestra una inclinación negativa al igual que el tratamiento T1 con la diferencia que este lo muestra a partir del segundo día de evaluación, el resto de los tratamientos muestran una inclinación similar entre los tratamientos, (Figura 10).

Tabla 15

Medias y D.E. del promedio de calificaciones en el sabor otorgadas por los catadores en las bebidas a base de suero

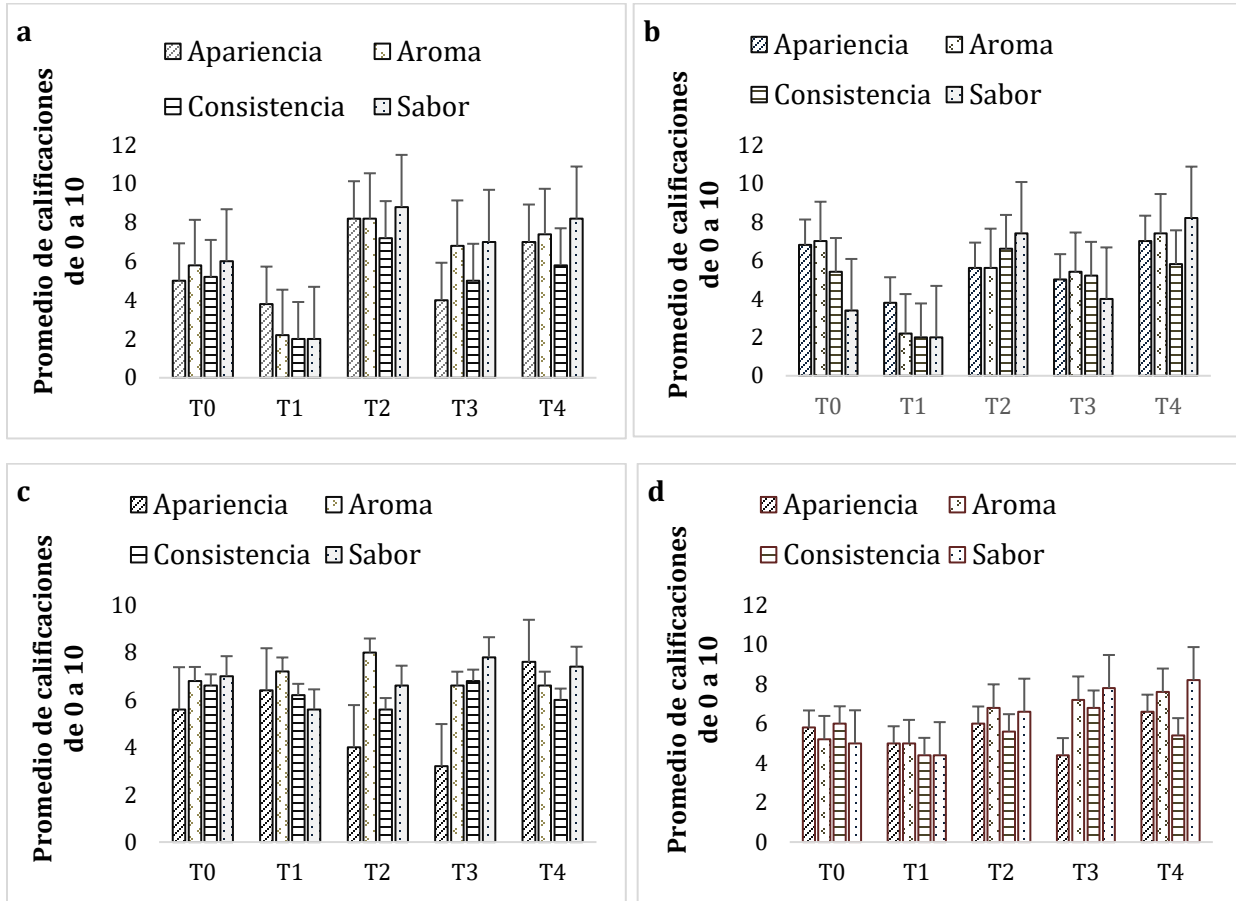
Tratamiento	Tiempo (Días)	Media \pm D.E.
$T_0: 0 \mu M$	0	6.00 \pm 1.58
	2	3.40 \pm 2.19 ab
	7	7.00 \pm 2.12

Tratamiento	Tiempo (Días)	Media \pm D.E.	
$T_1: 25 \mu M$	21	5.00 \pm 1.00	a
	0	2.00 \pm 1.22	
	2	6.60 \pm 1.52	
	7	5.60 \pm 2.30	
	21	4.40 \pm 1.14	
$T_2: 50 \mu M$	0	8.80 \pm 0.84	cd
	2	7.40 \pm 1.52	
	7	6.60 \pm 1.67	
	21	6.60 \pm 1.67	
	0	7.00 \pm 1.00	
$T_3: 75 \mu M$	2	5.58 \pm 1.30	bc
	7	4.00 \pm 1.00	
	21	7.80 \pm 1.30	
	0	8.20 \pm 1.92	
	2	6.60 \pm 1.52	
$T_4: 100 \mu M$	7	7.40 \pm 1.14	d
	21	8.20 \pm 1.64	

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 10

Promedio de calificaciones de las características organolépticas obtenidas en la bebida a través del tiempo



Nota. a. promedio de calificaciones en el primer día de elaboración, b. promedio de calificaciones en el día dos, c. promedio de calificaciones en el día siete, d. promedio de calificaciones en el día veinte y uno. Autoría propia.

Discusión

En el presente estudio las variables analizadas como la germinación y longitud de radícula presentaron diferencias significativas, siendo el tratamiento de $75\mu M$ de zinc, el que presentó mejor rendimiento en estas variables evaluadas en las semillas, de igual manera Loiza (2023) en su estudio presentó diferencias en el porcentaje de germinación y largo de radícula, sin embargo en el estudio realizado el tratamiento que presentó un mayor porcentaje de germinación y un mayor largo de radícula fue el tratamiento de $225\mu g. ml^{-1}$ de zinc, de igual manera Salvatierra (2022) en su estudio realizado en alfalfa mostró una longitud promedio de radícula superior con el tratamiento de $40\mu g. ml^{-1}$. Sin embargo, en un estudio realizado por Wei *et al.* (2012) en arroz sostiene que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$) en el porcentaje de germinación de este cereal con tratamientos que sean inferiores a $150mg Zn. L^{-1}$, esta diferencia puede deberse a que tanto la alfalfa y frijol mungo son leguminosas, mientras que el arroz es una gramínea.

En cuanto al rendimiento biológico no presentó diferencias entre los tratamientos, pero cabe mencionar que todos los tratamientos aumentaron su rendimiento hasta el 240% sobre su peso inicial, lo que concuerda con López (2020) en su estudio realizado en arveja, en el cual obtuvo un rendimiento biológico promedio de 211.99%. Sin embargo, este rendimiento se vio reducido hasta un 53.91% en el proceso de liofilización, de igual manera Ávila y Litardo (2018) reporta una pérdida del 13% del rendimiento en granos de frijol mungo previamente tostado y molido, esta diferencia entre pérdidas se puede deber al proceso de secado que se manejó en estos diferentes estudios.

Para las variables físicas medidas en la segunda fase de investigación, las cuales se realizaron en las bebidas, el pH mostró un promedio de 5.28, Gavilanes *et al.* (2018) en su estudio obtiene pH de 4.68 en la elaboración de una bebida a base de lactosuero y harina de camote y sostiene que conforme se aumenta el porcentaje de suero en la bebida el pH puede decaer debido al mayor contenido de lactosa lo que genera más ácido láctico durante la fermentación disminuyendo el pH de la bebida, de igual

manera este estudio manifiesta una media de 13.53 °Brix en su bebida, Gomes y La Torre (2022) en su evaluación de una bebida realizada a base de lacto suero con sabor a piña reporta un valor de 17 °Brix, los cuales se acercan a los datos obtenidos en la presente investigación, cabe mencionar que en la elaboración de la bebida, esta fue sometida a un proceso de pasteurización por lo cual el descenso del pH y aumento de los °Brix se debe más por actividad enzimática, ya que posee aproximadamente un 70% de almidón, como lo menciona Ávila y Litardo (2018) en su estudio. Perez (2011) indica que al someter a los granos a calor el almidón se desdobra aumentando el ataque enzimático α -amilasa e incrementando su valor nutritivo. Esta actividad enzimática puede ser beneficiada por las concentraciones de zinc en la bebida, debido a que este mineral transforma los almidones en azúcares y aumentan sus °Brix.

El sobrenadante en las bebidas aumentó conforme pasaba el tiempo, al séptimo día el sobrenadante comenzó a estabilizarse, sin embargo, Islam *et al.* (2021) indica que la mayor separación se registró a partir de los 49 a 56 días, lo que demuestra que para tener valores más exactos en cuanto a su separación es necesario que la bebida sea evaluada durante más tiempo.

El contenido de zinc presente en las bebidas no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, contrario al estudio realizado por Loaiza (2023) quien sí presentó diferencias significativas entre los tratamientos, los cuales fueron aplicados y evaluados en los germinados de frijol mungo, en cuanto a la relación ácido fítico y zinc no presentaron diferencias, siendo el tratamiento T2 con 2.12mM el que presentó menor relación AF:Zn, indicando una biodisponibilidad mayor al 50% de acuerdo al estudio realizado en yogures por Borelli *et al.* (2007), (Tabla 16).

Tabla 16*Relación Ácido fítico y biodisponibilidad de zinc*

Relación Molar AF:Zn	Biodisponibilidad de Zn
> 30	10 %
15 – 30	15 %
5 – 15	30 %
< 5	> 50 %

Nota. Recuperado de (Borelli *et al.*, 2007)

En cuanto a la aceptación de la bebida esta difirió entre los miembros evaluadores, esto se debe a las preferencias personales de cada uno, sin embargo, en general el sabor no tuvo una alta aceptabilidad, ya que mucho de los catadores manifestaron un sabor fuerte de germinados, los cuales no son tan apetecibles para la población por su sabor amargo de igual manera en cuanto a su olor.

Según la normativa técnica ecuatoriana 1334-2:20011 (INEN, 2011) “Rotulado de Productos Alimenticios para Consumo Humano. Parte 2 Rotulado Nutricional. Requisitos” establece que un producto es biofortificado, este debe contener por lo menos el 10% del valor diario recomendado del mineral, vitamina o nutriente añadido, excluyendo el porcentaje que presenta naturalmente. En la presente investigación se obtuvo un valor de 2.03 mg.L⁻¹ zinc en las bebidas, convirtiéndolo a un volumen de una bebida comercial de 240 ml el valor de zinc es de 0.4872 mg.L⁻¹, el cual no cumple el mínimo del 10%, (Tabla 17).

Tabla 17

Nutrientes de declaración obligatoria y Valor Diario Recomendado (VDR)

Nutrientes de declaración voluntaria	Valor Diario de Referencia
Vitamina A	80 UI
Vitamina B6	2.0 mg
Vitamina B12	1 µg
Vitamina C	660 mg
Calcio	800 mg
Fósforo	1.00 mg
Hierro	14 mg
Potasio	3.500 mg
Zinc	15 mg

Nota. Recuperado de (INEN, 2011). Autoría propia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En la aplicación de (ZnSO₄) en las semillas de frijol mungo (*Vigna radiata*), aumento el porcentaje de germinación y longitud de la radícula en el tratamiento T3 compuesto por 75µM de zinc. El rendimiento biológico de los germinados de frijol mungo superó el 200% contrario al rendimiento liofilizado que tuvo una pérdida del 53% de su peso con respecto a las semillas germinadas. El tratamiento T2 (50µM) presento una mayor disponibilidad de zinc, con 2.12 mM a diferencia del resto de tratamientos, lo que permitió obtener una disponibilidad del zinc mayor al 50% y demuestra que realizar la germinación de la semilla aumenta la disponibilidad de los nutrientes.
- La implementación de germinados de frijol mungo (*Vigna radiata*) a la bebida, no afectó a la cantidad de zinc, ni sus propiedades fisicoquímicas, ni su vida útil, sin embargo, la adición de estos germinados tuvo un efecto relativamente negativo en la bebida por otorgarles un sabor amargo, lo que provocó que a los miembros del grupo de cata calificaran al producto bajo, lo que podría no llamar la atención de algunos consumidores de este producto.
- La bebida fue evaluada por una serie de parámetros, uno de ellos fue las características organolépticas, realizadas a los miembros pertenecientes al grupo de cata, también se analizó el pH, sólidos totales, y sobrenadante lo que demostró que incluso a los 21 días las bebidas se mantenían en óptimas condiciones para consumo, a comparación de bebidas comerciales derivadas de productos lácteos que tiene un promedio de duración de 30 días.
- La bebida realizada no pudo ser considerada como biofortificada, ya que no cumple con el mínimo establecido por la normativa INEN 1334 que establece un mínimo del 10% del nutriente añadido del valor diario recomendado.

Recomendaciones

- Se sugiere la implementación de 50 μM de (ZnSO_4) en semillas de frijol mungo para aumentar la biodisponibilidad de Zn y poder ser utilizados como fuente de alimento.
- Es recomendable en futuros experimentos realizar tratamientos con dosis más altas de zinc, para poder establecer una dosis que asegure la fortificación con este mineral.
- Se recomienda realizar pruebas y análisis microbiológicos que ayuden a complementar los parámetros necesarios que garanticen que la bebida es completamente inocua, y establecer de mejor manera la vida útil del producto.
- El tiempo de evaluación también pueden ser aumentados con el fin de poder estimar más viabilidad del producto o conocer hasta cuando se podría ingerir la bebida.
- Se recomienda realizar otras combinaciones en sabores que faciliten el consumo por parte de las personas disminuyendo el sabor amargo proveniente de los germinados.
- Se pueden realizar nuevos estudios implementando diferentes tipos de secado en los germinados y diferentes métodos de procesamiento para obtener un mejor rendimiento.
- Para declarar un producto biofortificado el Ecuador no sólo debería evaluar el contenido nutrimental de los alimentos, si no también estimar y cuantificar su biodisponibilidad.

Bibliografía

Abulude, F. (2004). Effect Of Processing On Nutritional Composition, Phytate And Functional Properties Of Rice (*Oryza sativa*) Flour. *Nigerian Food Journal*, 22(1).

<https://doi.org/10.4314/nifoj.v22i1.33573>

Acuerdo Interministerial Nro. 177 del 2019 [Ministerio de producción Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Ministerio de Salud Pública]. Articular Acciones entre el MPCEIP, el MAG y el MSP para garantizar la sostenibilidad de la cadena láctea.

<https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/12/Acuerdo-Interministerial-177-2019.pdf>

Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J., y Verdezoto, D. (2021). Whey: environmental impact, uses and applications via biotechnology mechanisms. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105–116.

<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.13>

Ávila Guamán, A.O., y Litardo Fernández, A. A. (2018). *Propuesta de la elaboración de una harina a base de Frijol Mungo (Vigna Radiata) para la aplicación de una bebida* [Trabajo de Titulación, Universidad de Guayaquil].

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35714/1/TESIS%20Gs.%20269%20-%20Prop%20elaborac%20harina%20frijol%20mungo.pdf>

Bankole, M., Bodjrènou, S., Honfo, F., Codo, G., Bodecker, J., Termote, C., Chadare, F., y Amoussa Hounkpatin, W. (2023). Valorization of *Vigna radiata* (L.) Wilczek. and *Moringa oleifera* to improve food recipes of 6-23-month-old children in northern Benin. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100639>

Borelli, M., Ramón, A., y de la Vega, S. (2007). Interacción calcio -cinc en yogures con cereales . *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 13(1), 26–29.

https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/NUT_12007_Interaccion_calcio.pdf

Cocha Palacios, L. A. (2011). *Elaboración de una bebida fermentada utilizando suero de queso mozzarella enriquecida con harina de maíz germinado* [Tesis, Universidad Técnica del Norte].

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2060/1/03%20EIA%20304%20ELABORACION%20DE%20BEBIDA%20FERMENTADA%20UTILIZANDO%20SUERO%20Y%20HARINA%20DE%20MA%20C3%8DZ%20GERMINADO.pdf>

Costa Ocas, I.P. (2021). *Valor nutricional del germinado de lactao (Vigna radiata (L) R. Wilczk) y evaluación de vida útil* [Tesis, Universidad César Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73488/Costa_OIP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz Guerrero, A., Gómez Ruiz, L., y Patlan Velazquez Luis. (2022). Lactosuero: características, propiedades nutraceuticas y aplicaciones . *CienciAcierta*, 1(73), 6–50.

<http://www.cienciacierta.uadec.mx/articulos/cc73/266lactosuero.pdf>

Cujigualpa Ilbay, O. G. (2022). *Aporte nutritivo del suero de leche en la alimentación de cerdos* [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17512/1/17T01751.pdf>

Food and Agriculture Organization y World Health Organization. (2011). Norma del Codex para sueros en polvo. *Leche y Productos Lácteos Codex Alimentarius* (pp. 59). FAO.

<https://www.fao.org/3/i2085s/i2085s.pdf>

Gavilanes López, P., Zambrano Zambrano, A., Romero Rosado, C., y Moro Peña, A. (2018). Evaluación de una bebida láctea fermentada novel a base de lactosuero y harina de camote. *La Técnica*, 19,

47–60. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6544945>

Gomes Reyes, D. C., y La Torre Lucumi, N. E. (2022). *Formulación de una bebida a base de suero de queso, harina de quinua (Chenopodium quinoa) y kiwicha (Amaranthus caudatus), saborizada con piña (Ananas comosus)* [Tesis, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].

- https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/11030/Gomez_Reyes_Diana_Carolina%20y%20La_Torre_Lucumi_Noelia_Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guzmán, V. (6 de mayo del 2022). Lactosuero: Historia: usos y su rol en el mercado lácteo. *Edairynews*.
<https://edairynews.com/es/lactosuero-historia-usos-y-su-rol-en-el-mercado-de-lacteos/>
- Heuzé, V., Tran, G., Bastianelli, D., y Lebas, F. (2015). *Frijol mungo (Vigna radiata)*. *Feedipedia, un programa del INRAE, CIRAD, AFZ y FAO*. Recuperado el 2 de junio del 2023 de
<https://www.feedipedia.org/node/235>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011a). *Rotulado de Productos Alimenticios para Consumo Humano. Parte 2 Rotulado Nutricional. Requisitos* [Archivo PDF].
<https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/NTE-INEN-1334-2-Rotulado-de-Productos-Alimenticios-para-consumo-Humano-parte-2.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011b). *Suero de leche líquido. Requisitos* [Archivo PDF].
<https://ia801900.us.archive.org/17/items/ec.nte.2594.2011/ec.nte.2594.2011.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Juliano, P., García, R., Rosenthal, A., Mellinger, C., Richther, A., Zoccal, R., Dutra, A., Sepúlveda, J., Gutiérrez, L., López, T., Jorcin, S., y Miraballes, M. (2017). *Valorización del lactosuero* (Vol. 1). <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/16>
- Islam, M. Z., Tabassum, S., Harun-ur-Rashid, M., Vegarud, G. E., Alam, M. S., y Islam, M. A. (2021). Development of probiotic beverage using whey and pineapple (*Ananas comosus*) juice: Sensory and physico-chemical properties and probiotic survivability during in-vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Agriculture and Food Research*, 4, 1–7.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100144>
- Loaiza Castillo, M. L. (2023). *Efecto de cuatro concentraciones de zinc sobre los parámetros productivos y fisiológicos en germinados de Vigna radiata*. [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas

- Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36529/1/IASA%20I-TT-0061.pdf>
- López de Romaña, D., Castillo D, C., y Diazgranados, D. (2010). El zinc en la salud humana -1. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(2), 234–239. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182010000200013>
- López Veloza, Y. Y. (2020). *Efecto de cinco niveles de zinc sobre los parámetros fisiológicos y de producción en germinados de Lens culinaris*. [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36530/1/IASA%20I-TT-0062.pdf>
- Martínez, B., Ibañez, M., y Rincón, F. (2002). Ácido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(3).
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000300001
- Murillo Calderón, L. A. (2015). *Desarrollo de una Bebida Hidratante Elaborada a Base de Agua de Coco y Suero de Leche Siguiendo la Normativa Para Bebidas Isotónicas*. [Trabajo final, Escuela Superior Politécnica del Litoral] <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/30248/1/D-100409.pdf>
- National Institutes of Health. (2022a). *Datos sobre el zinc* [Archivo PDF].
<https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Zinc-DatosEnEspanol.pdf>
- National Institutes of Health. (2022b). *Zinc (Hoja informativa para profesionales de la salud)*. Health Information. Recuperado el 10 de junio de 2023 de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/>
- Olmedo Regidor, L. (2020). *Hambre oculta por deficiencia de micronutrientes: estrategias agronómicas, biotecnológicas y farmacológicas para su erradicación* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Sevilla].

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/103646/OLMEDO%20REGIDOR%20LUCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Organización de las Naciones Unidas. (23 de diciembre de 2022). *Juntos llegamos más lejos: la ONU en Ecuador, trabajando contra la desnutrición crónica infantil Ecuador*. Recuperado el 15 de junio de 2023 de <https://ecuador.un.org/es/213134-juntos-llegamos-m%C3%A1s-lejos-la-onu-en-ecuador-trabajando-contra-la-desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica#:~:text=Seg%C3%BAn%20los%20datos%20oficiales%2C%20un,vive%20John%20y%20su%20familia.>

Páez Martínez, C. A., y Rodríguez García, J. S. (2020). *Evaluación del crecimiento del frijol mungo (Vigna radiata) bajo aplicación de fósforo y bioestimulante en El Espinal-Tolima* [Proyecto de investigación, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD].
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36835/capaesm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Perez Rubio, M. R. (2011). *Evaluación de la composición nutricional y digestibilidad aparente e ileal en porcinos del frijol mungo (vigna radiata o phaseolus aureus) con y sin tratamiento térmico* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10103/mariadelrocioperezrubio.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Poveda E, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 397–403. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011>

Ramos Aguilar, C., y Villanueva Verduzco, C. (1998). Producción de germinados de frijol mungo (*Vigna radiata*) y calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 4(2), 95–100.

<https://revistas.chapingo.mx/horticultura/phpscript/download.php?file=completoyid=MTM1M>

A==

Rodríguez-Blanco, L., Lucas-Florentino, B., Miranda-Cruz, E., y Guerrero-Olazarán, M. (2018). Contenido de Ácido Fítico y Fósforo Inorgánico en *Vigna unguiculata* y *Phaseolus vulgaris* Germinadas a Diferentes Temperaturas. *Información Tecnológica*, 29(3), 39–46.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300039>

Romero Sacoto, L., Gonzáles León, F., Abad Martínez, N., Ramírez Coronel, A., y Guamán Gañay, M. (2020). El zinc en el tratamiento de la talla baja. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(2), 341–349.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstractypid=S2218-36202020000200341

Salvatierra Valdez, X. (2022). *Efecto de diferentes concentraciones de zinc sobre parámetros de crecimiento en germinados de alfalfa (Medicago sativa) y su potencial fortificación para consumo humano* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35892/1/IASA%20I-TT-0023.pdf>

Universidad Técnica Particular de Loja. (13 de diciembre de 2021). *Suero de leche, un aliado para la innovación alimenticia*. UTPL. Recuperado el 20 de junio de 2023 de

<https://noticias.utpl.edu.ec/suero-de-leche-un-aliado-para-la-innovacion-alimenticia>

Vergara Rubio, M. (2006). *Desarrollo de un encurtido (Tipo envasado fresco) de Frijol mungo (Phaseolus aureus) germinado*. [Trabajo de grado, Universidad de la Salle].

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1435&context=ing_alimentos

Villén, M. (13 de junio 2023). Propiedades de los Germinados. CONASI vive la cocina natural.

<https://www.conasi.eu/blog/productos/germinados-alimentos-vivos/propiedades-de-los-germinados/>

Vizgarra, O., Mamani, S., Espeche, C., Mendez, D., y Ploper, L. (2014). Evaluaciones preliminares de variedades de poroto mungo (*Vigna radita*) en Tucumán, R. Argentina. *Avance Agroindustrial*, 35(2), 30-33. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/59411>

Wei, Y., Shohag, M. J. I., Wang, Y., Lu, L., Wu, C., y Yang, X. (2012). Effect of Zinc Sulfate Fortification in Germinated Brown Rice on Seed Zinc Concentration, Bioavailability, and Seed Germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(7), 1871–1879. <https://doi.org/10.1021/jf205025b>