



**Evaluación de la adición de germinados de lenteja (*Lens culinaris*) al suero de leche para
obtener una bebida biofortificada con zinc**

Lascano Ojeda, Daniel Andrés

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia, Mgtr.

04 de septiembre del 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 lenteja (*Lens culinaris*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc**, fue realizado por el/la señor/ita/a: **Lascano Ojeda, Daniel Andrés**; 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, 04 de septiembre del 2023



MARATHA CECILIA
VARGAS ARBOLEDA

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia, Mgtr.

C. C.: 1802119634

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



Plagiarism and AI Content Detection Report

UIC LASCANO.docx

Scan details

Scan time: September 4th, 2023 at 16:52 UTC

Total Pages: 58

Total Words: 14358

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	1.3%	190
Minor Changes	0.9%	128
Paraphrased	1.2%	172
Omitted Words	16.9%	2424

AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	0%	0
Human text	100%	11934

[Learn more](#)



MARATHA CECILIA VARGAS ARBOLEDA

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, **Lascano Ojeda, Daniel Andrés**, con cédula de ciudadanía No. 1750889238, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación de la adición de germinados de lenteja (*Lens culinaris*) 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, 04 de septiembre del 2023

.....
Lascano Ojeda, Daniel Andrés

C.C.: 1750889238



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Lascano Ojeda, Daniel Andrés**, con cédula de ciudadanía No. 1750889238, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la adición de germinados de lenteja (*Lens culinaris*) 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, 04 de septiembre del 2023

.....
Lascano Ojeda, Daniel Andrés

C.C.: 1750889238

Dedicatoria

Este proyecto es dedicado a mi familia, mi mamá, mi hermano y mi abuelita, y a mi novia, por darme siempre apoyo, cariño incondicional, paciencia y entendimiento.

A mi mamá, Dolores Lascano, si he llegado a donde he llegado ha sido solo por ella, me ha acompañado durante toda mi vida, ha luchado por nosotros, y siempre ha salido adelante con esfuerzo, trabajo honesto, y una sonrisa.

A mi hermano, quién desde siempre me ha enseñado cómo hacer cosas que no sé, académicas o no, es la persona con quien más tiempo he pasado.

A mi mami Marina, mi abuelita, quien pasó siempre con nosotros mientras mi mamá trabajaba, vivíamos juntos, y siempre estaba ahí para nosotros, su sueño siempre fue vernos a mi hermano y a mí como profesionales, lamentablemente partió antes de poder cumplirlo, pero espero que en donde sea que esté, nos esté viendo.

A mi novia, Heidy Guzmán, quien ha estado conmigo desde el inicio de esta carrera, es quien siempre me escucha, quien siempre me aconseja, y quien espero siga conmigo toda esta vida.

Daniel

Agradecimientos

Agradezco siempre a mi familia, por el apoyo moral, emocional, y económico durante todo este tiempo, especialmente a mi mamá quien durante años se despertó conmigo a las 5 de la mañana, para desayunar, e ir a la parada del bus, también a mi hermano, porque gracias a él encontré un sostén económico que me permite sustentar mis estudios, y siempre estaré eternamente agradecido con mi novia, gracias a mi madre estoy donde estoy, pero gracias a ella he encontrado una dirección que seguir.

A mis profesores, quienes durante toda la carrera han sabido transmitir sus conocimientos, con el fin de crear buenos profesionales, pero en especial a la Ingeniera Martha Vargas, el Ingeniero Pablo Landázuri, y el Ingeniero Gabriel Larrea, por permitirme la oportunidad de realizar este proyecto, y también por su consejo y orientación hasta la finalización del mismo.

A la señora Verónica Pachacama, doña Vero, quien siempre estuvo en la planta de Procesamiento de Alimentos, siempre de buen humor y dispuesta a ayudarnos en todo.

Finalmente, a mi grupo de Integración Curricular, quienes me apoyaron durante toda la realización de este proyecto.

Daniel

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	16
Abstract.....	17
CAPÍTULO I	18
INTRODUCCIÓN	18
Antecedentes	18
Justificación.....	20
Objetivos	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos	21
Hipótesis	21
Hipótesis nula	21
Hipótesis alternativa.....	21
CAPÍTULO II	22
REVISIÓN DE LITERATURA	22
Germinados o brotes.....	22

Proceso de germinación	22
Fase de imbibición	22
Emergencia radicular	22
Degradación de sustancias de reserva	23
Balance hormonal.....	23
El zinc en la germinación	23
Producción de germinados	24
Germinados en el consumo humano	24
Germinados de lenteja (<i>Lens culinaris</i>).....	25
El zinc y sus funciones	27
Fortificación de alimentos	29
Bebidas fortificadas	30
Suero de leche	30
Usos del suero de leche	32
Bebidas con suero de leche	33
CAPÍTULO III.....	35
METODOLOGÍA.....	35
Fase de germinación	35
Desinfección de las semillas	35
Preparación de los tratamientos.....	35
Liofilización	37
Variables a evaluar	37
Porcentaje de germinación	37
Longitud de radícula	37
Materia seca	37
Rendimiento biológico.....	38

Determinación de ácido fítico	38
Fase de preparación de la bebida	38
Elaboración de la bebida.....	39
Variables a evaluar	40
Medición de pH.....	40
Medición de sólidos solubles totales	40
Separación de fases	41
Cantidad de zinc	41
Biodisponibilidad de zinc.....	42
Características organolépticas	43
CAPÍTULO IV	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
Fase de germinación	44
Porcentaje de germinación	44
Longitud de radícula	45
Rendimiento biológico.....	46
Rendimiento de liofilización.....	47
Contenido de ácido fítico.....	48
Fase de bebida.....	49
Medición de pH.....	49
Sólidos solubles totales.....	50
Separación de fases	51
Contenido de zinc	52
Biodisponibilidad de zinc.....	53
Características organolépticas	54
Apariencia.....	54

Aroma	54
Textura	54
Sabor	55
Aceptación general	55
Discusión.....	59
CAPÍTULO V	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
Conclusiones.....	63
Recomendaciones.....	64
Bibliografía	65

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Composición nutricional de germinados de lenteja por cada 100 gramos</i>	26
Tabla 2 <i>Valor diario recomendado (VDR) de ingesta de zinc</i>	29
Tabla 3 <i>Composición nutricional del suero de leche por cada 100 gramos</i>	31
Tabla 4 <i>Tratamientos evaluados en el presente estudio</i>	36
Tabla 5 <i>Formulación de la bebida</i>	40
Tabla 6 <i>Biodisponibilidad de zinc en base a la relación molar AF:Zn</i>	43
Tabla 7 <i>Medias \pm D.E. del porcentaje de germinación (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc</i>	44
Tabla 8 <i>Medias \pm D.E. de la longitud de radícula (cm) de germinados de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc</i>	45
Tabla 9 <i>Medias \pm D.E. del rendimiento biológico (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc</i>	46
Tabla 10 <i>Medias \pm D.E. del rendimiento de liofilización (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc</i>	47
Tabla 11 <i>Contenido de ácido fítico en germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc</i>	48
Tabla 12 <i>Medias y C.V. del pH en las bebidas preparadas a base de suero de leche con germinados fortificados con cinco diferentes concentraciones de zinc</i>	49
Tabla 13 <i>Medias y C.V. de los SST en las bebidas preparadas a base de suero de leche con germinados fortificados con cinco diferentes concentraciones de zinc</i>	50
Tabla 14 <i>Separación a través del tiempo en las bebidas preparadas a base de suero de leche con germinados fortificados con cinco diferentes concentraciones de zinc</i>	51
Tabla 15 <i>Medias \pm D.E. del contenido de zinc en las bebidas con germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc</i>	52

Tabla 16 <i>Medias \pm D.E. de la relación molar (AF:Zn) en las bebidas con germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc</i>	<i>53</i>
Tabla 17 <i>Media \pm D.E. del promedio de calificaciones en las características organolépticas y aceptación general de bebidas en las sesiones de cata</i>	<i>55</i>

Índice de Figuras

Figura 1 Croquis experimental utilizado en el presente estudio.....	36
Figura 2 Zinc (mg/l) vs absorbancia en 580 nm.....	42
Figura 3 Medias \pm D.E. del porcentaje de germinación (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc.....	44
Figura 4 Medias \pm D.E. de la longitud de radícula (cm) de germinados de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc	45
Figura 5 Longitud de radícula en germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc.....	46
Figura 6 Medias \pm D.E. del rendimiento biológico (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc	47
Figura 7 Medias \pm D.E. del rendimiento de liofilización (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc.....	48
Figura 8 Comportamiento del pH a través del tiempo en las bebidas.....	49
Figura 9 Comportamiento de los SST a través del tiempo en las bebidas.....	50
Figura 10 Comportamiento de la separación de fases a través del tiempo en las bebidas.....	52
Figura 11 Medias \pm D.E. del contenido de zinc en las bebidas con germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc	53
Figura 12 Medias \pm D.E. de la relación molar (AF:Zn) en las bebidas con germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc.....	54
Figura 13 Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para la apariencia durante las sesiones de cata.....	57
Figura 14 Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para el aroma durante las sesiones de cata.....	57
Figura 15 Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para la textura durante las sesiones de cata.....	58

Figura 16 *Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para el sabor durante las sesiones de cata.....58*

Figura 17 *Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para la aceptación general durante las sesiones de cata.....59*

Resumen

Los germinados biofortificados son una fuente rica en nutrientes, al igual que el suero de leche, su uso conjunto ayuda a la nutrición de la población, y reduce el efecto contaminante del lactosuero. El estudio evaluó el efecto de la adición germinados de lenteja (*Lens culinaris*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc. Las semillas se sometieron a cinco tratamientos de fortificación con zinc (0, 25, 50, 75 y 100 μM) en cuatro repeticiones, las bebidas se prepararon con 40 ml de suero de leche, 26.67 ml de pulpa de piña, 6 g de azúcar, 2 g de germinados liofilizados y 1 gota de esencia de vainilla. Se evaluó en los germinados: longitud de radícula, porcentaje de germinación, y rendimiento biológico; y en la bebida: pH, sólidos solubles totales, separación de fases, contenido de zinc, relación molar AF:Zn, y sus características organolépticas. No existieron diferencias significativas en los resultados de los germinados. Los sólidos solubles totales y el pH de la bebida se ven afectados por la fermentación láctica y la acción enzimática del zinc, la separación de fases aumentó continuamente. Solo el sabor de las bebidas presentó diferencias significativas. Los tratamientos de 25 μM a los 0 y 2 días obtuvieron las calificaciones más altas. No existieron diferencias significativas en el contenido de zinc. La relación AF:Zn más baja fue de 50 μM (2.64) y más alta en el testigo (6.34). Su vida útil aproximada en función de las características organolépticas fue de 7 días.

Palabras clave: FORTIFICACIÓN CON ZINC, LENTEJA, BEBIDA DE SUERO DE LECHE, BIODISPONIBILIDAD

Abstract

Biofortified sprouts are a rich source of nutrients, just like whey, and their combined use contributes to population nutrition while reducing the contaminating effect of whey. This study evaluated the effect of adding lentil sprouts (*Lens culinaris*) to whey to obtain a biofortified beverage with zinc. The seeds underwent five zinc fortification treatments (0, 25, 50, 75, and 100 μM) in four replicates, and the beverages were prepared with 40 ml of whey, 26.67 ml of pineapple pulp, 6 g of sugar, 2 g of freeze-dried sprouts, and 1 drop of vanilla essence. The sprouts were evaluated for radicle length, germination percentage, and biological yield, while the beverage was assessed for pH, total soluble solids, phase separation, zinc content, AF:Zn molar ratio, and organoleptic characteristics. There were no significant differences in the sprout results. The total soluble solids and pH of the beverage were affected by lactic fermentation and zinc enzymatic action, and phase separation increased continuously. Only the taste of the beverages showed significant differences. The 25 μM treatments at 0 and 2 days received the highest ratings. There were no significant differences in zinc content. The lowest AF:Zn ratio was 50 μM (2.64), and the highest was in the control (6.34). The approximate shelf life based on organoleptic characteristics was 7 days.

Keywords: ZINC FORTIFICATION, LENTIL, WHEY-BASED BEVERAGE, BIOAVAILABILITY

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Los germinados han sido consumidos por la humanidad desde épocas remotas (3000 a.C.). En la antigua China, se utilizaban los germinados con fines terapéuticos y alimenticios. Desde los años 70, se producen de manera masiva, debido a su alta biodisponibilidad de nutrientes (Rueda, 2005).

Los germinados desde el 2016, se posicionan como una opción de alimentación para la humanidad y posible medida contra la desnutrición, por su valor nutricional, bajos costos, y rápida y sencilla producción (Elorza, 2016).

La biofortificación nace como una herramienta contra la desnutrición, su objetivo es el aumento de la densidad de vitaminas y minerales presentes en los alimentos vegetales, o a su vez, reducir la cantidad de antinutrientes (Jamil, 2022).

Según Food and Agriculture Organization [FAO] y World Health Organization [WHO] (2023), los micronutrientes más importantes en la salud humana son, la vitamina A, vitamina B12, vitamina D, hierro, yodo y zinc.

El zinc es un micronutriente presente en todas las células del cuerpo humano, desempeña un papel vital en el sistema inmunológico, la síntesis de proteínas y producción de ADN, también es crucial para un adecuado crecimiento y desarrollo (National Institutes of Health [NIH], 2022).

López *et al.* (2010), mencionan que con el fin de controlar o prevenir la deficiencia de zinc, se ha recurrido a tres estrategias principales: la suplementación, es decir, aportar sustancias nutricionales complementarias directamente a la dieta, no a través de los alimentos; la fortificación, o mejoramiento de la calidad nutricional de un alimento; y la modificación y/o diversificación alimentaria, esto es, una alimentación variada e incluso fuera de lo tradicional para lograr una adecuada nutrición.

Dentro de la industria láctea, aproximadamente el 90% del total de leche utilizada en la industria quesera es desechada como suero de leche o lactosuero, mismo que retiene alrededor del 55% del total de ingredientes de la leche, como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales (Aider *et al.*, 2009).

El problema radica en casi nula reutilización de este residuo, resultando en un efluente contaminante. El suero de leche afecta la calidad química y física del suelo, afectando la producción y rendimiento de cultivos agrícolas; y en caso de ser desechado en el agua, disminuye la cantidad de oxígeno presente, reduciendo la vida acuática (Aider *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009).

El suero de leche es considerado como un subproducto altamente nutritivo, debido a que contiene una gran cantidad de sales minerales (8 - 10 %), en las cuales destaca el calcio con aproximadamente 90% de este aporte (Poveda, 2013).

Además, tiene importante contribución de proteínas, principalmente la caseína y la β -lactoglobulina. Esto hace que el suero tenga un gran potencial en la industria alimentaria, como fuente de calcio altamente biodisponible, o para ser procesado en suplementos proteicos (Chacón *et al.*, 2017; Poveda, 2013).

Entre los estudios más recientes de biofortificación con zinc en lenteja (*Lens culinaris*), se encuentra López (2023), quien utilizó la misma metodología de fortificación en semillas, pero sus resultados se detienen una vez culminada la fase de germinación. En cuanto a bebidas de suero, específicamente con piña como en este caso, se han encontrado estudios realizados principalmente en países como India y Bangladesh, por ejemplo, (Islam *et al.*, 2021) y (Shukla *et al.*, 2013), prepararon bebidas probióticas para analizar su supervivencia en la digestión; Baljeet *et al.* (2013), desarrollaron una bebida que además contaba con calabaza (*Lagenaria siceraria*). En todos los casos se estudian las características organolépticas de la bebida, pero no siempre se realizan ensayos de vida útil.

Justificación

En Ecuador, la desnutrición crónica en niños menores de cinco años alcanza el 23%, y en niños menores de dos años el 27.2% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2018). Un tercio de la desnutrición mundial es debido a la carencia de vitaminas y minerales, siendo los principales la vitamina A, vitamina B12, vitamina D, hierro, yodo y zinc. Una vez haya sido diagnosticado un retraso en el crecimiento debido a la desnutrición, no hay *marcha* atrás, las acciones deben ser completamente preventivas durante los primeros 1000 días de vida, incluyendo el periodo de gestación (United Nations International Children's Emergency Fund [UNICEF], 2021). La desnutrición genera un fuerte impacto en el desarrollo social, económico, y productivo, en Ecuador, para mitigar los problemas de desnutrición, se destina 4.3% del producto interno bruto (UNICEF, 2021).

Los germinados biofortificados son una alternativa nutricional para el aporte de micronutrientes, por su alta densidad de vitaminas y minerales, además de la biodisponibilidad de los mismos (Elorza, 2016). En Ecuador se comercializan germinados desde hace más de 10 años, y muchos de ellos cuentan con una certificación orgánica, pero el producto fortificado aún es desconocido para el consumidor.

Desde el 2019, en Ecuador se encuentra prohibida y sancionada la oferta o venta del suero de leche con fines comerciales en la cadena láctea (Veliz, 2015), lo que provoca que este subproducto se convierta en un desecho y un contaminante, que afecta la composición del suelo y también reduce la vida acuática. En Ecuador se producen aproximadamente 900 mil litros de suero de leche al día, los cuales son desechados o destinados a la nutrición animal. Estas acciones impiden que se pueda utilizar el lactosuero como una pieza clave para la innovación y el crecimiento de la industria de alimentos y bebidas (Universidad Técnica Particular de Loja [UTPL], 2021).

Este subproducto es una pieza clave para la innovación y el crecimiento de la industria de alimentos y bebidas, y la seguridad alimentaria (UTPL, 2021).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de germinados de lenteja (*Lens culinaris*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc

Objetivos específicos

Obtener el germinado de lenteja biofortificado mediante impregnación de zinc (0 μM , 25 μM , 50 μM , 75 μM y 100 μM) en la semilla para su aplicación tecnológica

Liofilizar y pulverizar los germinados para la elaboración de la bebida biofortificada con zinc

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

Determinar la cantidad de zinc residual en el producto terminado

Hipótesis

Hipótesis nula

El suero de leche enriquecido con germinados biofortificados de lenteja (*Lens culinaris*) 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 alternativa

El suero de leche enriquecido con germinados biofortificados de lenteja (*Lens culinaris*) con 0 μM , 25 μM , 50 μM , 75 μM y 100 μM de zinc aumenta la cantidad en al menos una de las variables a evaluar en el producto final

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Germinados o brotes

Se denomina germinado o brote al resultado de la primera etapa de crecimiento de una planta, este proceso inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición), y finaliza con la elongación de la radícula a través de las estructuras envolventes que la rodean (emergencia) (Pita, 1998).

Proceso de germinación

Fase de imbibición

Matilla (2008), señala que, a los pocos instantes de la imbibición, la semilla reanuda su actividad metabólica, iniciando por la producción de adenosín trifosfato (ATP) y la actividad respiratoria, mediante la reparación o creación de nuevas mitocondrias; también en esta fase se da la síntesis y reparación de ADN, primero se sintetizan los genes que codifican enzimas y otras proteínas necesarias para la actividad celular, y posteriormente los que pueden estar implicados en procesos específicos de germinación. Además, la hidratación de la semilla provoca la hidrólisis de las formas conjugadas de fitohormonas, iniciando con estas la acción hormonal para la germinación de la semilla.

Emergencia radicular

Matilla (2008), indica que, la emergencia es el proceso en el cual la radícula atraviesa los tejidos envolventes y pasa de un metabolismo anaerobio a uno típicamente aerobio, este fenómeno marca el fin de la germinación, para que esto ocurra se debe producir un ablandamiento e incremento de la extensibilidad de la pared celular, para esto intervienen las enzimas: endo- β -mananasa, β -manosidasa, celulasa y $\beta_{1,3}$ -glucanasa. Señala también, que la emergencia radicular se ve inhibida por ácido abscísico (ABA) y otros compuestos (ácidos cumárico y trans-cinámico, fenoles, etc.).

Degradación de sustancias de reserva

Matilla (2008), señala que, las sustancias de reserva en los cotiledones y el endospermo, tienen la misión de alimentar a la plántula hasta que se convierta en un organismo autótrofo, para que realicen esta acción, necesitan ser previamente hidrolizadas para ser conducidas desde las reservas hacia los órganos en crecimiento activo. Indica también, que la movilización de reservas fosfato se da a partir de su hidrólisis por acción de la enzima fitasa; la movilización de proteínas se da posterior a la liberación de enzimas proteolíticas al endospermo; la degradación de los lípidos de reserva se da mediante β -oxidación, a acetil-CoA, el cual ingresa en el ciclo del gioxilato, y posteriormente, se producen azúcares en el citoplasma.

Balance hormonal

Matilla (2008), indica que, las giberelinas (GAs) y ABA (y probablemente el etileno), tienen funciones clave en el inicio y mantenimiento de la germinación, y su balance es crucial, pues todos los genes activados por GAs son susceptibles de ser inhibidos por ABA, mientras que los genes inhibidos por GAs son activados por ABA.

El zinc en la germinación

Existen fitohormonas que afectan directamente a la germinación, las auxinas, que pueden aumentar el porcentaje de germinación y mejorar la cantidad y calidad de raíces; y las giberelinas, que están implicadas en el control y promoción de la germinación de las semillas (Taiz y Zeiger, 2002).

El zinc actúa como precursor de una de las auxinas más utilizadas, el ácido indolacético (AIA), y además lo protege de la oxidación al ser un factor esencial en los sistemas de defensa de la célula en contra de los radicales libres (Cakmark, 2014).

Además, el zinc actúa en la activación enzimática, síntesis de proteínas y procesos de división celular, papeles fundamentales para la degradación y movilización de reservas y reactivación del metabolismo de las semillas secas (Matilla, 2008).

Producción de germinados

La producción de germinados inicia con la selección de la semilla que se desea utilizar, esta pasa por un proceso de calificación de acuerdo a sus características físicas (estructura, tamaño, color, etc.), posteriormente, las semillas seleccionadas son desinfectadas, para esto existen varios métodos o protocolos a seguir, entre estos se destaca el uso de compuestos clorados, como el hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio, siendo el segundo el compuesto considerado el estándar para la desinfección de semillas una concentración de 20000 ppm (Ding *et al.*, 2013). También se han utilizado productos químicos, como el agua oxigenada (H₂O₂), etanol, ácido láctico, ácido peroxiacético, etc. (Universidad Nacional Agraria La Molina [UNALM], 2011).

Concluida la fase de selección y desinfección, las semillas deben entrar en remojo para poder iniciar el proceso de germinación, que culmina con la emergencia, la duración del proceso de imbibición y la culminación del proceso de germinación, dependerá de la especie con la que se esté trabajando, como ejemplos, las semillas de garbanzo tardan 7 días hasta el consumo, las de brócoli tan solo 5 días, las de lenteja entre 7 y 9 días; pero también los factores ambientales afectarán al desarrollo de los germinados, por lo que trabajar bajo condiciones controladas es crucial (Universidad Central de Bogotá [UCB], 2013; UNALM, 2011).

Germinados en el consumo humano

Los germinados destinados para el consumo son el resultado de un proceso agroindustrial, en los cuales las semillas atraviesan el proceso de germinación, y son capaces de aportar sus elementos nutritivos con un mayor nivel de asimilación para los humanos (Arrieta Miranda, 2021). Estos brotes son una excelente fuente de proteínas, vitaminas y minerales, ya que, al ser consumidos durante el inicio de la fase de crecimiento vegetal, todos sus nutrientes se encuentran en altas concentraciones. Además, los nutrientes son moléculas simples (oligo y monosacáridos, ácidos grasos, oligopéptidos y aminoácidos), lo que significa

una mayor eficiencia en el proceso digestivo. Asimismo, se disminuye la cantidad de antinutrientes (inhibidores de tripsina, ácido fítico, taninas, pentosanos, etc.) y aumenta la concentración de compuestos beneficiosos para la salud y también aquellos con propiedades fitoquímicas como los glucosinolatos, fenoles, y demás antioxidantes naturales (Martón *et al.*, 2010).

Germinados de lenteja (*Lens culinaris*)

La lenteja es una leguminosa rica en nutrientes, componentes bioactivos, antioxidantes y demás fitoquímicos beneficiosos para la salud humana (tabla 1), por la misma razón, su consumo ha incrementado a nivel mundial (Hernandez-Aguilar *et al.*, 2020). El consumo de lentejas es también provechoso para enriquecer la nutrición humana, además de ayudar a prevenir y reducir el nivel de una serie de enfermedades, tales como cáncer, obesidad, diabetes, etc. (Troszyńska *et al.*, 2011). Su consumo sin embargo se ve afectado principalmente debido a los antinutrientes que presenta, como las saponinas y el ácido fítico, que reducen la biodisponibilidad de los nutrientes, por ello se recurre a métodos que ayudan a disminuir el nivel de antinutrientes, como la cocción, el remojo, o la germinación (Hernandez-Aguilar *et al.*, 2020).

Para poder germinar adecuadamente las lentejas, éstas primero deben ser lavadas y desinfectadas, siguiendo un protocolo con compuestos clorados u otros químicos, como se detalló anteriormente. A continuación, deberán ser remojadas durante 3 a 16, una vez finalizado el periodo de imbibición, las semillas deben estar dispuestas en frascos o bandejas de germinación, para posteriormente entrar en el proceso de germinación durante 7 a 9 días, y finalmente, durante este periodo las semillas deben ser regadas delicadamente utilizando un atomizador cada 12 o 24 horas (Harvard School of Public Health [HSPH], 2019; Troszyńska *et al.*, 2011)

Tabla 1*Composición nutricional de germinados de lenteja por cada 100 gramos*

Nutriente	Cantidad en cada 100 gramos	Porcentaje en la dieta diaria
Vitaminas		
Vitamina A	2 µg	0 %
Tiamina (Vitamina B1)	0.228 mg	19 %
Riboflavina (Vitamina B2)	0.128 mg	10 %
Niacina (Vitamina B3)	1.128 mg	7 %
Ácido pantoténico (Vitamina B5)	0.578 mg	12 %
Vitamina B6	0.190 mg	11 %
Folato, DFE (Vitamina B9)	100 µg	25 %
Vitamina C (Ácido ascórbico)	16.5 mg	18 %
Carbohidratos	22.14 g	8 %
Proteína	8.96 g	18 %
Grasas	0.550 g	1 %
Ácidos grasos saturados	0.057 g	0 %
Ácido hexadecanoico	0.052 g	
Ácido octadecanoico	0.006 g	
Ácidos grasos monoinsaturados	0.104 g	
Ácido octadecenoico	0.104 g	
Ácidos grasos poliinsaturados	0.219 g	
Ácido octadienoico	0.181 g	
Ácido octadecatrienoico	0.038 g	

Nutriente	Cantidad en cada 100 gramos	Porcentaje en la dieta diaria
Grasas trans	0 g	
Colesterol	0 mg	0 %
Minerales		
Calcio	25 mg	2 %
Cobre	0.35 mg	39 %
Fósforo	173 mg	14%
Hierro	3.21 mg	18 %
Magnesio	37 mg	9 %
Manganeso	0.506 mg	22 %
Potasio	322 mg	7 %
Selenio	0.60 µg	1 %
Sodio	11 mg	0 %
Zinc	1.51 mg	14%

Nota. Recuperado de (United States Department of Agriculture [USDA], 2019a)

El zinc y sus funciones

El zinc es un microelemento esencial tanto para plantas como para animales. En el caso de las plantas, sus funciones abarcan la activación enzimática para ARN polimerasas, superóxido dismutasas, alcohol deshidrogenasas, anhídrido carbónico, síntesis de proteínas y metabolismo de carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos; además de tener un papel fundamental en el desarrollo de cloroplastos, y ser parte de los factores que controlan la proliferación y diferenciación celular (Sharma *et al.*, 2013). La deficiencia de zinc en las plantas ocasiona enanismo, clorosis en las hojas, hojas pequeñas, baja resistencia al estrés, reducida síntesis de clorofila, y esterilidad. Sin embargo, también puede existir un efecto tóxico por un

exceso de zinc, en cuyo caso también hay un reducido crecimiento y tamaño de hojas, pero adicionalmente hay clorosis en las hojas jóvenes, y las mismas presentan necrosis en las puntas, además de presentar un crecimiento radicular reducido (Amezcuca y Lara, 2017).

En el ser humano, el zinc también presenta un rol fundamental en procesos catalíticos, estructurales y reguladores. Es el único metal que tiene un papel con todas las clases de enzimas: oxidoreductasas, transferasas, hidrolasas, liasas, isomerasas y ligasas; además de formar parte de aproximadamente 3000 proteínas (López *et al.*, 2010); los iones de zinc son también neurotransmisores, y también células de las glándulas salivales, próstata, sistema inmune e intestino utilizan señalización con zinc. Por estas razones, el zinc juega un papel primordial en el desarrollo y crecimiento físico, el funcionamiento del sistema inmune, salud reproductiva, funciones sensoriales, y en el desarrollo neuroconductual (Sharma *et al.*, 2013). La deficiencia de zinc en humanos es muy común, a pesar de que la cantidad diaria requerida es muy reducida (entre 2 y 13 mg dependiendo de la edad, sexo, etc.), esta deficiencia puede ocasionar una variedad de alteraciones dependiendo de la severidad de la misma, las principales incluyen: deterioro del desarrollo y crecimiento físico, reducidos niveles de testosterona, anorexia, pérdida de apetito, fallas sensoriales (olfato y gusto), etc. (Chasapis *et al.*, 2012; Nazanin y Kelishadi, 2016)

La biodisponibilidad del zinc es un factor determinante para evitar la deficiencia de este mineral. Esto se refiere a la cantidad del nutriente presente en un alimento que puede ser absorbido por el cuerpo humano, esta cantidad se ve reducida por la presencia de antinutrientes en los alimentos, en vegetales pueden ser los fitatos o saponinas dependiendo de qué se consuma. Una dieta variada, que comprenda fruta fresca, vegetales, pescado y carne provee los nutrientes y potenciadores necesarios para promover una adecuada absorción de minerales y micronutrientes (Gómez-Galera *et al.*, 2010).

Tabla 2

Valor diario recomendado (VDR) de ingesta de zinc

Etapas de Vida	VDR (mg)
Nacimiento – 6 meses	2
7 – 12 meses	3
1 – 3 años	3
4 – 8 años	5
9 – 13 años	8
14 – 18 años (hombres)	11
14 – 18 años (mujeres)	9
Hombres adultos	11
Mujeres adultas	8
Adolescentes embarazadas	12
Adultas embarazadas	11
Adolescentes lactantes	13
Adultas lactantes	12

Nota. Recuperado de (NIH, 2022).

Fortificación de alimentos

La fortificación de alimentos se define como la práctica de incrementar deliberadamente el contenido de nutrientes esenciales en un alimento, con el fin de mejorar su calidad nutricional con un riesgo mínimo para la salud (FAO y WHO, 2016).

Existen varias técnicas de fortificación, entre las principales están la fortificación masiva, la fortificación focalizada y la fortificación orientada por el mercado (FAO y WHO, 2016). La fortificación masiva se refiere a la adición de uno o más nutrientes esenciales a los alimentos que normalmente consume la población general, como cereales, condimentos y leche, este tipo

de fortificación casi siempre es obligatoria para el público en general, pues suelen ser el fruto de una acción promovida, ordenada y reglamentada por un sector gubernamental, y se realiza cuando la población afronta un riesgo nutricional, es decir, carencias o deficiencias (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá [INCAP], 2019). La fortificación focalizada en cambio se realiza en subgrupos específicos de la población, y estos suelen ser los grupos vulnerables, tales como las mujeres embarazadas y lactantes, niños pequeños, personas de la tercera edad, etc. (FAO y WHO, 2023). Finalmente, la fortificación orientada por el mercado se aplica a situaciones en las cuales la fortificación tiene una motivación comercial y no de salud pública, pero que de igual manera tiene un impacto positivo en la nutrición de sus consumidores (FAO y WHO, 2016).

Bebidas fortificadas

El uso de la fortificación en las bebidas no es algo nuevo en el mercado mundial, la primera bebida fortificada data de 1980, y a lo largo de los años se han diversificado, actualmente se hallan en el mercado bebidas deportivas, bebidas energéticas, bebidas nutracéuticas, etc. Las bebidas fortificadas en sí, suelen tener como objetivo principal el mejorar la salud de sus consumidores, principalmente en los grupos vulnerables de la población (Mansoor y Suresh, 2012).

Suero de leche

El suero de leche es un subproducto de la coagulación de la caseína de la leche, su producción anual mundial se encuentra entre los 190 millones de toneladas, y aumenta directamente en relación a la producción de leche y sus derivados (Mollea *et al.*, 2013). A pesar de ser un subproducto, contiene más de la mitad de los sólidos que tenía la leche de la que provino, incluyendo proteínas, la mayoría de la lactosa, vitaminas hidrosolubles, grasas, etc. (Yadav *et al.*, 2015).

Tabla 3*Composición nutricional del suero de leche por cada 100 gramos*

Nutriente	Cantidad en cada 100 gramos
Vitaminas	
Vitamina C (Ácido ascórbico)	0.1 mg
Riboflavinas (Vitamina B2)	0.158 mg
Tiamina (Vitamina B1)	0.036 mg
Niacina (Vitamina B3)	0.074 mg
Ácido pantoténico (Vitamina B5)	0.383 mg
Vitamina B6	0.031 mg
Vitamina B12	0.28 µg
Vitamina A	3 µg
Betacarotenos	1 µg
Carbohidratos	5.14 g
Proteína	0.85 g
Grasas	0.34 g
Grasas saturadas	0.23 g
Grasas no saturadas	0.11 g
Colesterol	2 mg
Minerales	
Calcio	47 mg
Hierro	0.06 mg
Magnesio	8 mg

Nutriente	Cantidad en cada 100 gramos
Fósforo	46 mg
Potasio	161 mg
Sodio	54 mg
Zinc	0.13 mg
Cobre	0.004 mg
Manganeso	0.001 mg
Selenio	1.9 µg

Nota. Recuperado de (USDA, 2019b)

El suero es considerado como un contaminante ambiental, principalmente debido a las prácticas de desecho que se utilizan. En los suelos, el suero es capaz de afectar la composición química de los mismos y su estructura física, reduciendo el rendimiento de los cultivos; en el agua, el problema radica en que el suero incrementa los procesos de descomposición orgánica por el exceso de nutrientes, lo que reduce el nivel de oxígeno disponible, y resulta en una reducción significativa de la vida acuática (Brito *et al.*, 2015).

Usos del suero de leche

Con el fin principal de aprovechar un subproducto abundante y reducir su potencial contaminante, se utiliza el lactosuero dentro de la industria alimenticia en diversas áreas, como la industria cárnica, en la cual, el suero de leche se utiliza como un extensor cárnico en embutidos para reemplazar un porcentaje de la proteína requerida en el alimento (Brito *et al.*, 2015). La proteína de suero es también útil para reemplazar parcialmente los lípidos en alimentos con una cantidad alta de grasas, con el fin de reducir los problemas de salud que el consumo excesivo de las mismas representa (Królczyk *et al.*, 2016). En repostería y confitería el suero de leche se puede utilizar como un reemplazo parcial del uso de huevos en panes, pasteles, galletas, bizcochos, etc. con el fin de reducir los costos de producción con un impacto

mínimo en los productos (Królczyk *et al.*, 2016). Dentro de la misma industria láctea el suero de leche puede tener varios usos: ser utilizado en bebidas (energizantes y funcionales); ser reemplazos parciales de leche descremada; la proteína aislada como estabilizante en yogurt y helados; para elaboración de requesón (ricotta), etc. (Ryan y Walsh, 2016).

Bebidas con suero de leche

Uno de los usos para el suero de leche líquido es la elaboración de bebidas, dentro de las cuales se encuentran cuatro tipos principales: bebidas con mezclas de suero (procesado, sin procesar) con frutas o vegetales; bebidas lácteas (fermentadas o sin fermentar); bebidas carbonatadas para saciar la sed; bebidas alcohólicas (cervezas, vinos y licores) (Shraddha y Nalawade, 2015)

La bebida a base de suero de leche más conocida a nivel mundial es Rivella, bebida nacional de Suiza, creada en 1952, contando con un 35% de lactosuero en su formulación, y que consta dentro de la categoría de bebidas que sacian la sed (Heim, 2019).

Existen también, varios ensayos actuales con el mismo fin productivo, un ejemplo de esto es que Brito *et al.* (2015), elaboraron una bebida energizante a base de suero de leche y cafeína, con porcentajes de uso de suero de 94.56% y 95.17%, resultando en bebidas aptas para el consumo humano, mismas que fueron aceptadas por la población, en especial la primera formulación.

Similarmente, Miranda *et al.* (2019), elaboraron una bebida probiótica a base de suero de leche, pero a nivel industrial, obteniendo un 0.91% de proteína, y 4.68% de lactosa en su composición, con la adición de una simbiosis entre *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus acidophilus* (2:1). La bebida fue de agrado del público y da paso a que se inicie una cadena de producción masiva con la utilización del suero de leche.

Los resultados de las bebidas a base de suero de leche suelen ser siempre similares, bebidas aptas para el consumo humano, con un aporte nutricional, sobretodo proteico, superior al promedio en el mercado, con costos reducidos de producción, y una duración entre 21 y 30

días, dependiendo del uso de conservantes, estabilizantes, etc. (Brito *et al.*, 2015; Martínez, 2013; Miranda *et al.*, 2019; Sánchez *et al.*, 2009; Veliz, 2015)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Fase de germinación

La primera fase de la investigación se desarrolló en el Laboratorio de Fisiología Vegetal y Principios Activos de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I, ubicada en la Hacienda “El Prado”, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha.

Desinfección de las semillas

Se utilizaron semillas libres de insecticidas y fungicidas, con el fin de precautelar la salud de los consumidores de los futuros germinados. Las semillas fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 1% durante 15 minutos. Posteriormente se enjuagaron varias veces con agua estéril destilada durante el mismo tiempo con el fin de eliminar todo residuo de hipoclorito de sodio en las semillas.

Preparación de los tratamientos

Se prepararon soluciones con cinco concentraciones de zinc (Tabla 3), utilizando sulfato de zinc heptahidratado ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) como fuente de zinc. Para los tratamientos, se mantuvieron en inmersión 200 gramos de semilla desinfectada en 250 ml de cada solución durante 24 horas. Posteriormente, las semillas fueron extraídas de la solución, y colocadas en recipientes de vidrio cubiertos con tela de seda transparente con el fin de permitir el intercambio gaseoso. Los recipientes fueron llevados a una incubadora con una temperatura promedio de 21.6 °C, hasta la cosecha del germinado en 8 días, controlando su humedad durante todo el proceso.

Finalmente, los germinados una vez cosechados fueron pesados, empacados en fundas de plástico con cierres zip, y congelados a -4 °C.

Con el fin de mantener la inocuidad durante el ensayo, cada proceso fue realizado dentro de la cámara de flujo laminar del Laboratorio de Fisiología Vegetal y Principios activos, y todos los materiales metálicos y de vidrio, y el agua fueron esterilizados mediante autoclave

durante 15 minutos a 120 psi, mientras que los materiales no termoresistentes fueron lavados y esterilizados con una solución comercial de hipoclorito de sodio. Adicionalmente, previo a cada ensayo dentro de la cámara de flujo laminar, todos los materiales eran sometidos a 15 minutos de luz UV.

Tabla 4

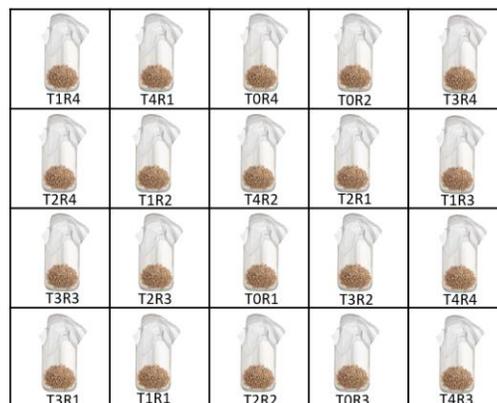
Tratamientos evaluados en el presente estudio

Tratamiento	Concentración de Zinc (μM)
T0	0
T1	25
T2	50
T3	75
T4	100

Nota. Distribución en un diseño completamente al azar (DCA). Unidad experimental: recipiente de vidrio con semillas, en total, 20 UE (Fig. 1). Autoría propia.

Figura 1

Croquis experimental utilizado en el presente estudio



Nota. Autoría propia.

Liofilización

Los germinados obtenidos en la primera fase de experimentación fueron completamente deshidratados en el liofilizador del Laboratorio de Conservación - Posrecolección, durante 12 horas a -25 °C y -20 inHg, posteriormente fueron pulverizados utilizando un procesador de alimentos, para de esta manera ser uno de los ingredientes principales en la elaboración de la bebida.

Variables a evaluar

En los germinados se evaluó el porcentaje de germinación, largo de radícula, y rendimiento biológico (materia fresca y seca) y el contenido de ácido fítico.

Porcentaje de germinación

Para evaluar el porcentaje de germinación, se tomaron 100 semillas al azar de cada tratamiento y cada repetición a los 8 días, se contabilizaron las semillas germinadas y se comparó frente al total.

$$\text{Porcentaje de germinación (\%)} = \frac{\text{Promedio de número de semillas germinadas}}{\text{Total de semillas}} \cdot 100$$

Longitud de radícula

Para medir la longitud de la radícula se tomaron 4 semillas al azar de cada unidad experimental a los 8 días de germinación, y se midió su longitud utilizando papel milimetrado, sin tomar en cuenta el tamaño de las semillas.

Materia seca

El total de materia seca en cada unidad experimental fue analizado posterior al proceso de liofilización de los germinados, se pesaron los germinados a los 8 días, y luego del proceso de liofilización. Adicionalmente, se pudo calcular el rendimiento de liofilización.

$$\text{Rendimiento de liofilización(\%)} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso total}} \cdot 100$$

Rendimiento biológico

El rendimiento biológico fue calculado utilizando el peso total de los germinados a los 8 días en cada unidad experimental, y siendo comparado al peso inicial previo a la aplicación de los tratamientos.

$$\text{Rendimiento Biológico (\%)} = \frac{\text{Peso fresco al día de cosecha}}{\text{Peso inicial de las semillas}}$$

Determinación de ácido fítico

Para la determinación del contenido de ácido fítico se utilizaron 2 gramos de germinado liofilizado pulverizado de cada tratamiento, y se mezcló con 50 ml de ácido clorhídrico (HCl) al 2% en matraces de 125 ml y se llevaron a una incubadora con agitador orbital durante 3 horas a una temperatura promedio de 21.7 °C y 127 rpm en el Laboratorio de Agrobiotecnología. Posteriormente, la muestra obtenida fue filtrada con papel whatman número 1, el filtrado fue mezclado con 2,5 ml de tiocianato de amonio (NH₄SCN) al 3% y se completó la mezcla con 27 ml de agua destilada. Se realizó la titulación con ácido férrico con una concentración de 1.95 mg/ml, se añadió y agitó la mezcla hasta obtener una coloración amarillenta parduzca, la concentración de ácido fítico se calculó considerando las ecuaciones presentadas por (Abulude, 2005)

$$\text{Fitato de fósforo} \left(\frac{\text{mg}}{100 \text{ g}} \right) = \text{Valor de titulación} \cdot 1.95$$

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

Fase de preparación de la bebida

La segunda fase del estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Conservación - Posrecolección y la Planta de Procesamiento de Alimentos de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I, ubicada en la Hacienda "El Prado", parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha.

Elaboración de la bebida

Para la base de la bebida se utilizó el suero de leche obtenido de la preparación de queso mozzarella en la planta de procesamiento de alimentos. El suero fue llevado a una temperatura promedio de 75 °C durante 30 minutos con el fin de ser pasteurizado, de tal manera que su consumo sea seguro.

Se formuló una receta utilizando el suero de leche como base para la bebida (Tabla 5), la que incluía pulpa de piña (Frutasi), los germinados de lenteja liofilizados y pulverizados, azúcar blanca, y esencia de vainilla. El uso de una pulpa comercial se implementó con el fin de disminuir la variabilidad en los resultados que se podría haber presentado de haber utilizado piñas frescas.

Las bebidas fueron preparadas en recipientes de vidrio de base cuadrada de 105 ml, con tapas metálicas twist-off. Una vez sellados los envases, fueron esterilizados a baño maría con agua destilada durante 20 minutos en el punto de ebullición con el fin de asegurar la inocuidad del producto y obtener un sellado al vacío que ayuda a su mantenimiento en el tiempo.

Se prepararon cuatro bebidas para cada tratamiento de germinados (0, 25, 50, 75, y 100 μ M de zinc), obteniendo 20 bebidas en total, posteriormente, fueron almacenadas a temperatura ambiente en la planta de procesamiento de alimentos sin recibir luz solar. Las bebidas fueron valoradas por un comité de catadores constituido por cinco personas, en el día de elaboración, pasados 2, 7 y 21 días, con el fin de evaluar las características organolépticas: apariencia, aroma, textura, sabor y la aceptación general del producto; y aproximar su vida útil en base a los resultados obtenidos a través del tiempo.

Con el fin de asegurar la inocuidad de las bebidas y precautelar la salud de sus consumidores, todos los materiales utilizados en la preparación del producto (metálicos, plásticos, y de vidrio) fueron esterilizados en inmersión en agua destilada esterilizada en ebullición durante 20 minutos.

Tabla 5*Formulación de la bebida*

Ingrediente	Cantidad	Porcentaje
Suero de leche	40 ml	53.03
Pulpa de Piña	26.67 ml	36.53
Germinados	2 g	2.6
Azúcar	6 g	7.8
Esencia de vainilla	1 gota (~30 µl)	0.04

Nota. La receta fue formulada en base a la aceptabilidad de la bebida en una fase de pre-cata. Autoría propia.

Variables a evaluar

En las bebidas se evaluaron los niveles de pH, los sólidos solubles totales (SST [° Bx]), separación de fases, cantidad de zinc, y se aproximó su vida útil en base a sus características organolépticas. Cada variable se evaluó el día de preparación, a los 2, 7, y 21 días. La unidad experimental en esta segunda fase es cada frasco de vidrio de 105 ml con la bebida preparada, con un total de 20 unidades experimentales.

Medición de pH

El pH se midió en cada unidad experimental utilizando el pHmetro portátil del Laboratorio de Conservación - Posrecolección, cada bebida tuvo dos mediciones que fueron promediadas.

Medición de sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales se midieron utilizando un refractómetro portátil, cada bebida tuvo dos mediciones que fueron promediadas.

Separación de fases

En cada unidad experimental se midió cuatro veces la separación observada utilizando un escalímetro, y sin mover las bebidas de su lugar de almacenamiento para evitar su agitación y alteración de la separación.

Cantidad de zinc

Para poder evaluar la cantidad de zinc en cada unidad experimental, se realizaron 10 muestras de las bebidas, las cuales fueron colocadas en bandejas de aluminio y deshidratadas en una estufa. Posteriormente, las bebidas deshidratadas fueron pulverizadas utilizando un mortero, obteniendo harina de cada bebida. De esta harina se pesaron 3 gramos, y se calcinaron en una mufla a 600 °C durante 4 horas. Luego se añadieron 10 ml de agua destilada y 2 ml ácido clorhídrico (HCl 0.2 molar) a cada muestra calcinada, esto se llevó a punto de ebullición, y posteriormente se filtró con agua destilada en balones aforados de 50 ml utilizando dos capas de papel whatman y aforando con la misma agua hasta los 50 ml, el proceso de filtrado se realizó dos veces, con el fin de evitar impurezas en la muestra.

Para medir la cantidad de zinc presente en cada unidad experimental, se utilizó el Kit de prueba para zinc HI3854 de HANNA Instruments®, el cuál es un método químico colorimétrico para determinar la concentración de zinc en muestras líquidas en un rango de 0 a 3.0 mg/l (ppm), la reacción utilizada consiste en utilizar el reactivo zincon en la muestra para formar un complejo de color verde-amarronado en una solución de pH alcalino, luego se añade cianuro para formar un complejo específico un el zinc y demás metales pesados, posteriormente se agrega cyclohexanona a la solución para liberar selectivamente el zinc de su complejo de cianuro, y que este reaccione con el zincon hasta formar un producto final de tonalidad azul.

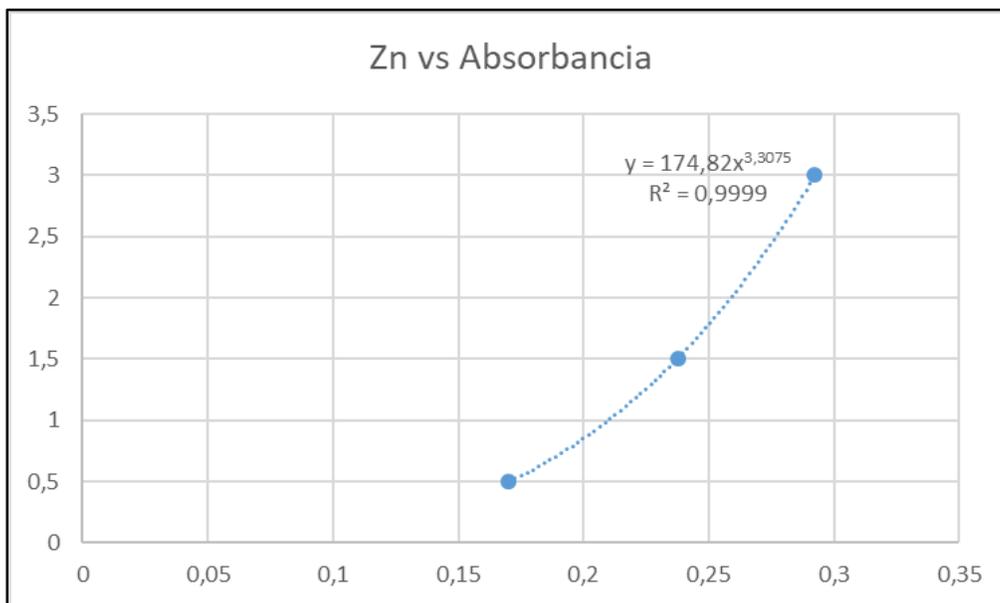
Se utilizó el kit con 3 concentraciones conocidas de zinc: 0.5, 1.5 y 3 mg/l, una vez realizado el proceso de reacción, se registró la absorbancia de cada una a 580 nm en el espectrofotómetro del laboratorio, con estos datos se pudo graficar una curva de

comportamiento de absorbancia vs zinc (Fig. 2). Con la ecuación de la curva obtenida se procedió a calcular los valores de zinc presentes en cada una de las muestras.

$$Zn \text{ (mg/l)} = 174.82 \cdot (U. Abs)^{3.3075}$$

Figura 2

Zinc (mg/l) vs absorbancia en 580 nm



Nota. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9999$), indica un ajuste adecuado del modelo lineal a la variable de la concentración de zinc. Autoría propia.

Biodisponibilidad de zinc

Para medir la biodisponibilidad de zinc, se utilizó la relación molar entre el contenido de zinc y el contenido de ácido fítico. Los resultados de zinc se obtuvieron en $\mu\text{g Zn/l}$, y los resultados de ácido fítico en g AF/100 g , ambos fueron transformados a mol/l para poder utilizar la siguiente ecuación:

$$AF:Zn = \frac{\text{mol AF}}{\text{mol Zn}}$$

Estos resultados se interpretaron con la tabla 6.

Tabla 6

Biodisponibilidad de zinc en base a la relación molar AF:Zn

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

Nota. Recuperado de (Wei *et al.*, 2012)

Características organolépticas

Con el fin de evaluar las características organolépticas y aproximar la vida útil del producto, se reunió un comité de 5 catadores voluntarios, quienes no presentaban intolerancia a la lactosa, y los sabores dentro de la bebida eran de su agrado, el grupo consistía en 2 hombres y 3 mujeres entre 22 y 24 años de edad. Las sesiones de cata se realizaron en el aula principal de la planta de procesamiento de alimentos, durante estas sesiones se envió un formulario de Google a los catadores (subdividido en cuatro secciones: apariencia, aroma, textura y sabor), junto con un vaso de agua, y muestras de las bebidas en vasos de 1/3 oz, los voluntarios no conocían la distribución ni los tratamientos de las muestras, además, durante las sesiones no podían comunicarse entre sí, con el fin de evitar sesgos en los datos obtenidos. Se evaluaron tres fases en las sesiones de cata: visual, olfativa y gustativa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase de germinación

Porcentaje de germinación

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el porcentaje de germinación ($F=1.42$, $p=0.274$) (Tabla 7). Pero se puede observar una tendencia a un aumento del porcentaje de germinación desde T0 (0 μM) hasta T3 (75 μM) (Fig. 3).

Tabla 7

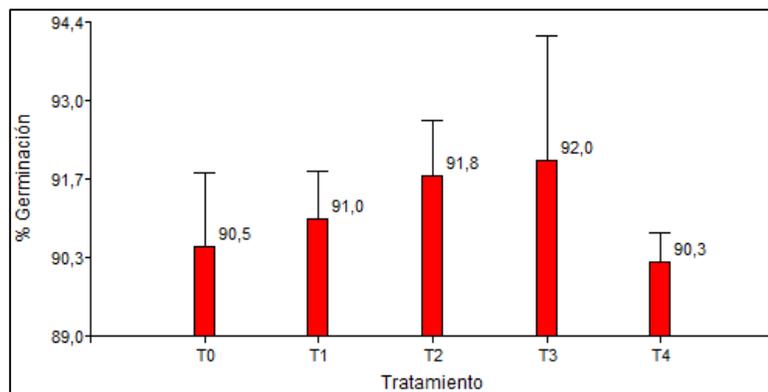
Medias \pm D.E. del porcentaje de germinación (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc

Tratamiento	Porcentaje de Germinación (%)
T0 (0 μM)	90.50 \pm 1.29 a
T1 (25 μM)	91.00 \pm 0.82 a
T2 (50 μM)	91.75 \pm 0.96 a
T3 (75 μM)	92.00 \pm 2.16 a
T4 (100 μM)	90.25 \pm 0.50 a

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

Figura 3

Medias \pm D.E. del porcentaje de germinación (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc



Nota. Autoría propia.

Longitud de radícula

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la longitud de radícula ($F=0.05$, $p=0.994$) (Tabla 8) (Fig. 4). Se puede evidenciar esta similitud en la Figura 5.

Tabla 8

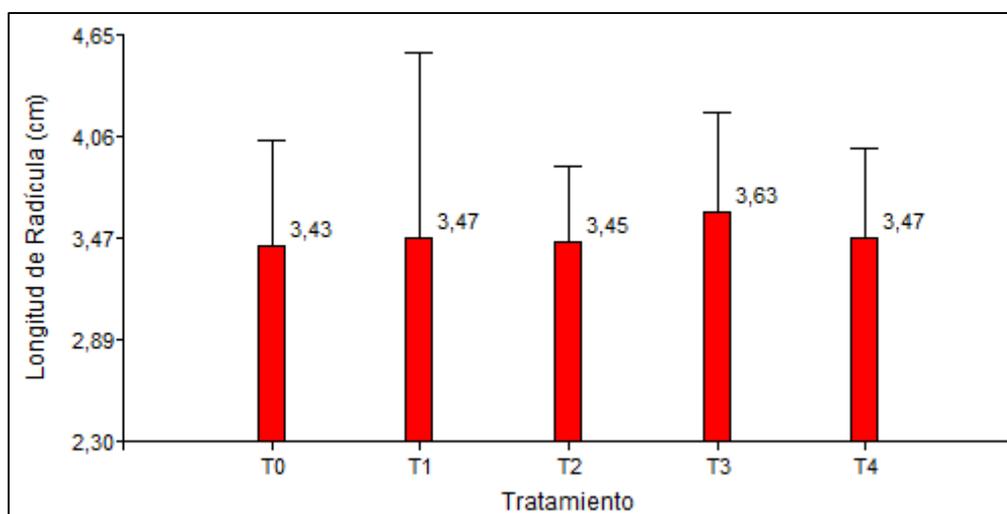
Medias \pm D.E. de la longitud de radícula (cm) de germinados de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc

Tratamiento	Longitud de Radícula (cm)
T0 (0 μ M)	3.43 \pm 0.61 a
T1 (25 μ M)	3.48 \pm 1.07 a
T2 (50 μ M)	3.45 \pm 0.44 a
T3 (75 μ M)	3.63 \pm 0.57 a
T4 (100 μ M)	3.48 \pm 0.51 a

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

Figura 4

Medias \pm D.E. de la longitud de radícula (cm) de germinados de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc



Nota. Autoría propia.

Figura 5

Longitud de radícula en germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc



Nota. Fotografía tomada a los 8 días de germinación. Autoría propia.

Rendimiento biológico

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para rendimiento Biológico ($F=0.16$, $p=0.945$) (Tabla 9). No existe una tendencia marcada para la fluctuación de valores entre tratamientos (Fig. 6).

Tabla 9

Medias \pm D.E. del rendimiento biológico (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc

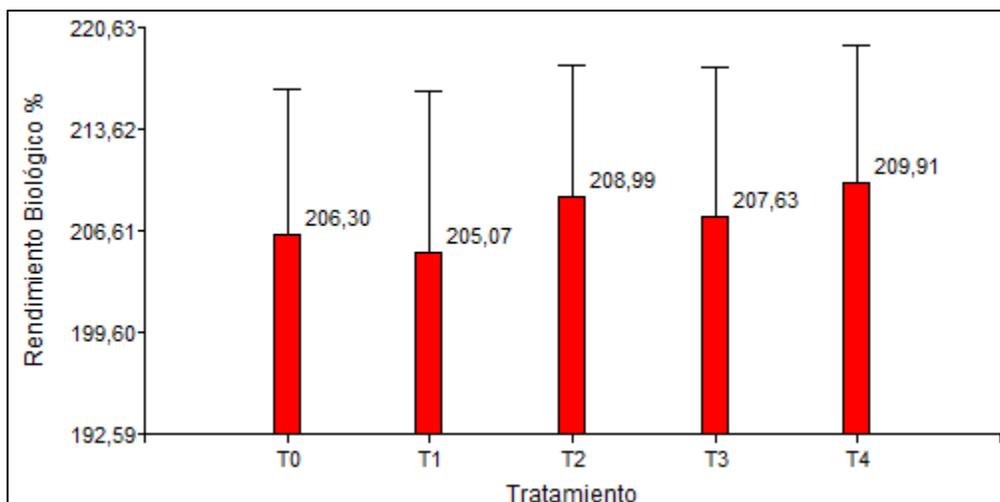
Tratamiento	Rendimiento Biológico (%)
T0 (0 μ M)	206.30 \pm 10.01 a
T1 (25 μ M)	205.07 \pm 11.21 a
T2 (50 μ M)	208.99 \pm 09.05 a
T3 (75 μ M)	207.63 \pm 10.20 a
T4 (100 μ M)	209.91 \pm 09.44 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p

> 0.05) con la prueba de comparación de Duncan. Autoría propia.

Figura 6

Medias \pm D.E. del rendimiento biológico (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc



Nota. Autoría propia.

Rendimiento de liofilización

El rendimiento de liofilización no presenta diferencias significativas entre los tratamientos ($F=0.11$, $p=0.975$) (Tabla 10). Todos los tratamientos tienen un rendimiento de aproximadamente el 30%.

Tabla 10

Medias \pm D.E. del rendimiento de liofilización (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc

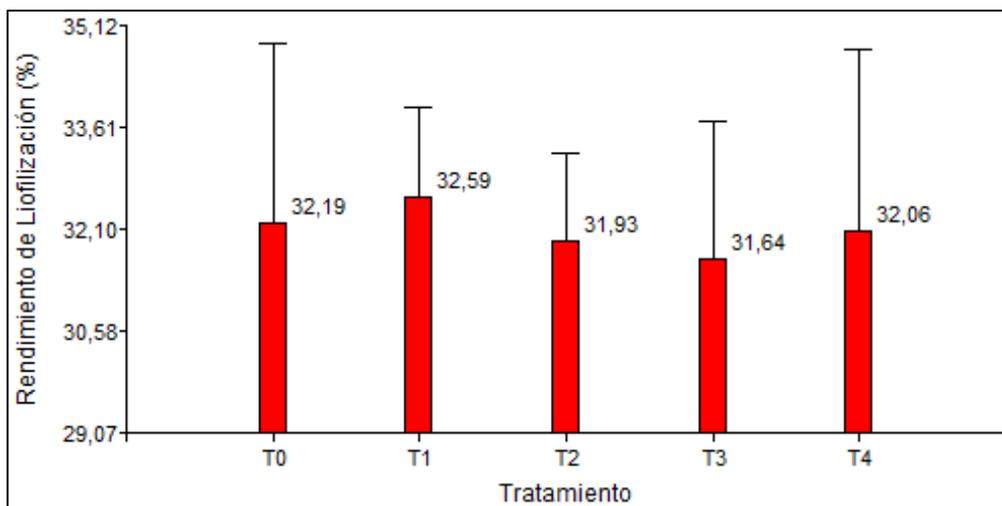
Tratamiento	Rendimiento de Liofilización (%)
T0 (0 μ M)	32.19 \pm 2.66 a
T1 (25 μ M)	33.09 \pm 0.93 a
T2 (50 μ M)	31.93 \pm 1.30 a
T3 (75 μ M)	31.64 \pm 2.04 a
T4 (100 μ M)	32.06 \pm 2.71 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p

> 0.05) con la prueba de comparación de Duncan. Autoría propia.

Figura 7

Medias \pm D.E. del rendimiento de liofilización (%) de semillas de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc



Nota. Autoría propia.

Contenido de ácido fítico

En la tabla 11 se muestran los resultados del contenido de ácido fítico en los 5 tratamientos, siendo el T0 (0 μ M) el tratamiento con una menor cantidad y el T1 (25 μ M) el que presenta una cantidad mayor. Se realizó una única medida para cada tratamiento.

Tabla 11

Contenido de ácido fítico en germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc

Tratamiento	Contenido de Ácido Fítico ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
T0 (0 μ M)	62.30
T1 (25 μ M)	43.27
T2 (50 μ M)	27.69
T3 (75 μ M)	41.54
T4 (100 μ M)	41.54

Nota. Autoría propia.

Fase de bebida

Medición de pH

El pH en las bebidas muestra una clara tendencia a la estabilidad únicamente en el tratamiento T0, con una variación mínima del 0.1%, mientras que, en el resto de las bebidas, el pH disminuye a partir del día 7 (Tabla 12) (Fig. 8) con una variación máxima del 2.48% para T3.

Tabla 12

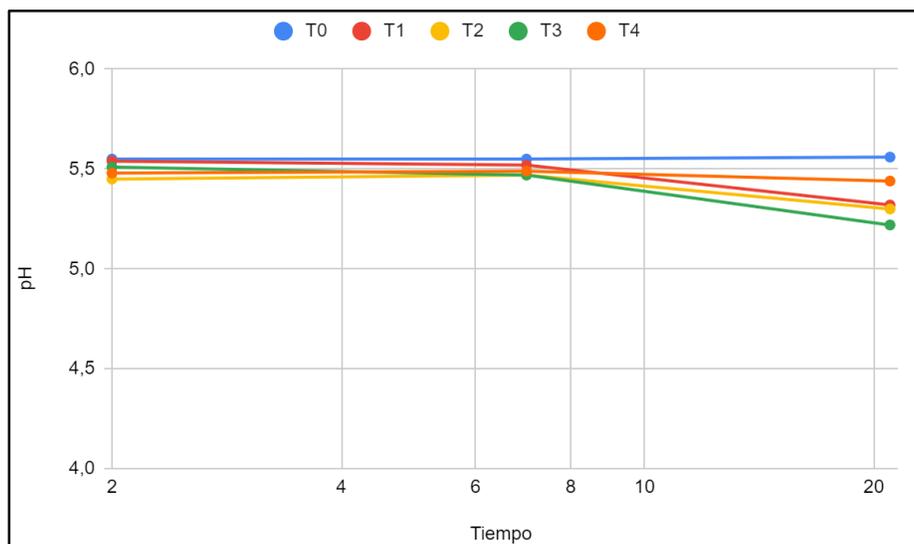
Medias y C.V. del pH en las bebidas preparadas a base de suero de leche con germinados fortificados con cinco diferentes concentraciones de zinc

Tratamiento	pH promedio	CV (%)
T0 (0 μM)	5.55	0.10
T1 (25 μM)	5.46	1.82
T2 (50 μM)	5.46	2.47
T3 (75 μM)	5.42	2.48
T4 (100 μM)	5.46	0.68

Nota. La variación entre las medias de los tratamientos es menor al 8%. Autoría propia.

Figura 8

Comportamiento del pH a través del tiempo en las bebidas



Nota. Autoría propia

Sólidos solubles totales

Se detectaron disminuciones de SST en los tratamientos T1, T2, y T3 entre los 2 y 7 días, que posteriormente tiende a aumentar, mientras que el T0 se mantiene estable, y el T4 aumenta y posteriormente se estabiliza (Fig. 9).

Tabla 13

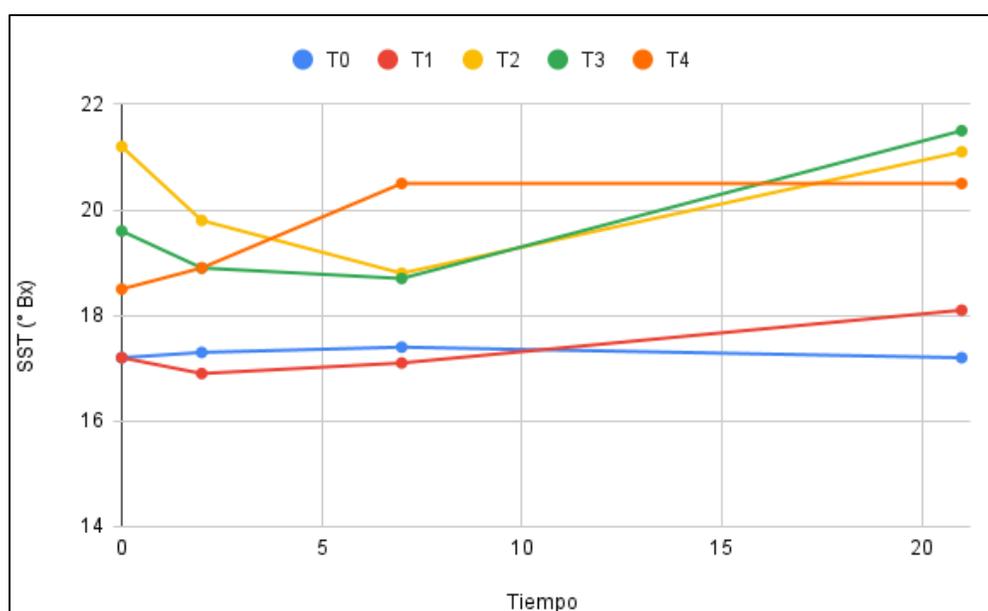
Medias y C.V. de los SST en las bebidas preparadas a base de suero de leche con germinados fortificados con cinco diferentes concentraciones de zinc

Tratamiento	°Bx promedio	CV (%)
T0 (0 µM)	17.28	0.55
T1 (25 µM)	17.33	3.07
T2 (50 µM)	20.23	5.66
T3 (75 µM)	19.68	6.49
T4 (100 µM)	19.6	5.37

Nota. La variación entre las medias de los tratamientos es de 8.15%. Autoría propia.

Figura 9

Comportamiento de los SST a través del tiempo en las bebidas



Nota. Autoría propia.

Separación de fases

En la separación hay una clara tendencia hacia aumentar (Fig. 10), el mayor aumento se da en los primeros 2 días para todos los tratamientos, con un promedio de 0.825 cm, y se va reduciendo hasta el día 21 en donde la separación a comparación de la medida anterior es de tan solo 0.05 en su máximo. El tratamiento que presenta la mayor separación final es el T4 con 1.1 cm, y el menor, el T3 con 0.85 cm (Tabla 14).

Tabla 14

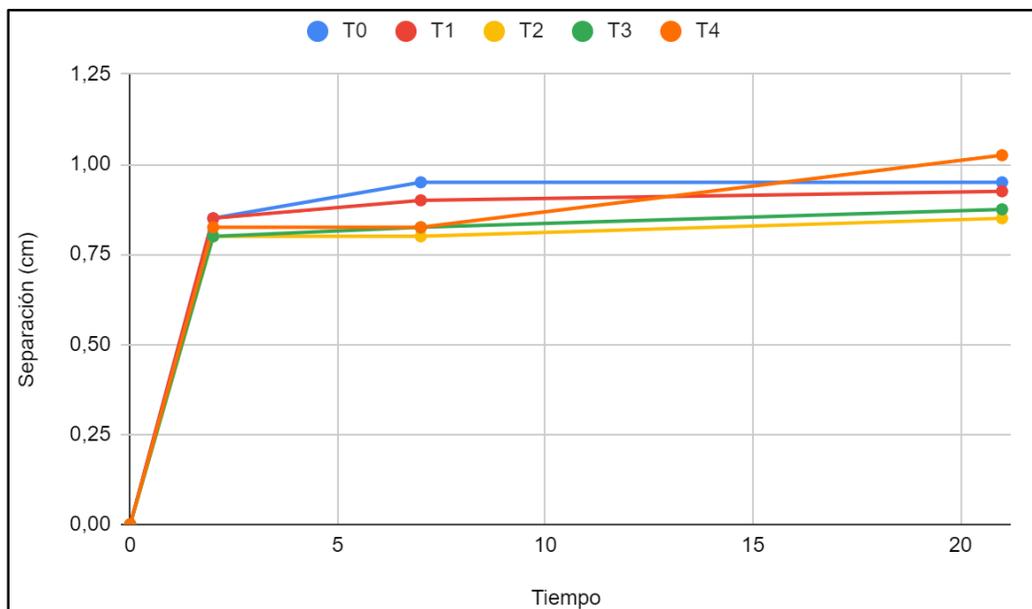
Separación a través del tiempo en las bebidas preparadas a base de suero de leche con germinados fortificados con cinco diferentes concentraciones de zinc

Tratamiento	Tiempo (Días)	Promedio de Separación (cm)
T0 (0 μ M)	0 - 2	0.85
	2 - 7	0.1
	7 - 21	0
	Total	0.95
T1 (25 μ M)	0 - 2	0.85
	2 - 7	0.05
	7 - 21	0.025
	Total	0.925
T2 (50 μ M)	0 - 2	0.8
	2 - 7	0
	7 - 21	0.05
	Total	0.85
T3 (75 μ M)	0 - 2	0.8
	2 - 7	0.025
	7 - 21	0.05
	Total	0.875
T4 (100 μ M)	0 - 2	0.825
	2 - 7	0
	7 - 21	0.275
	Total	1.1

Nota. La variación entre las medias de los máximos niveles de separación entre los tratamientos es superior al 10%. Autoría propia.

Figura 10

Comportamiento de la separación de fases a través del tiempo en las bebidas



Nota. Autoría propia.

Contenido de zinc

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el contenido total de zinc en las bebidas ($F=0.39$, $p=0.8079$) (Tabla 15). No hay una tendencia aparente entre tratamientos (Fig. 11).

Tabla 15

Medias \pm D.E. del contenido de zinc en las bebidas con germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc

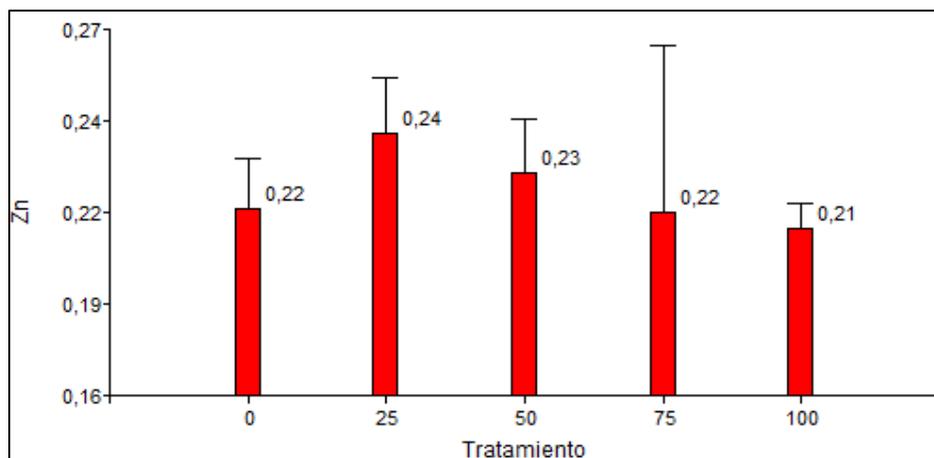
Tratamiento	Contenido de Zinc (ppm)
T0 (0 μ M)	0.22 \pm 0.02 a
T1 (25 μ M)	0.24 \pm 0.02 a
T2 (50 μ M)	0.23 \pm 0.02 a
T3 (75 μ M)	0.22 \pm 0.05 a
T4 (100 μ M)	0.21 \pm 0.01 a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p

> 0.05) con la prueba de comparación de Duncan. Autoría propia.

Figura 11

Medias \pm D.E. del contenido de zinc en las bebidas con germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc



Nota. Autoría propia.

Biodisponibilidad de zinc

Se encontraron diferencias significativas en las relaciones molares de ácido fítico y zinc AF:Zn ($F=8.78$, $p=0.0175$) (Tabla 16). El testigo (T0) es diferente al resto de tratamientos, con la mayor relación molar de 6.24, y siendo la menor relación de 2.64 la del tratamiento T2 (Fig. 12).

Tabla 16

Medias \pm D.E. de la relación molar (AF:Zn) en las bebidas con germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc

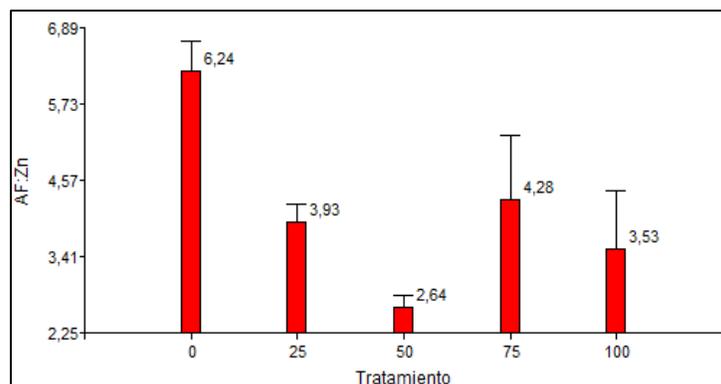
Tratamiento	Relación Molar (AF:Zn)
T0 (0 μ M)	6.24 \pm 0.44 a
T1 (25 μ M)	3.93 \pm 0.27 b
T2 (50 μ M)	2.64 \pm 0.18 c
T3 (75 μ M)	4.28 \pm 0.98 b

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p

> 0.05) con la prueba de comparación de Duncan. Autoría propia.

Figura 12

Medias \pm D.E. de la relación molar (AF:Zn) en las bebidas con germinados de lenteja bajo el efecto de cinco tratamientos de fortificación con zinc



Nota. Autoría propia.

Características organolépticas

Apariencia

La apariencia no presenta diferencias significativas entre los tratamientos en los diferentes periodos de cata ($F=0.12$, $p=0.3449$) (Tabla 17). Sin embargo, se observa que los tratamientos T1 y T3 (25 y 75 μM), presentan una tendencia negativa clara, mientras que los tratamientos T0, T2, y T4 (0, 50, 100 μM), tienen fluctuaciones, con picos en 2 días y 7 días respectivamente (Fig. 13).

Aroma

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en los periodos de cata para las calificaciones de aroma ($F=1.15$, $p=0.3176$) (Tabla 17). Nuevamente, la tendencia aparente es la disminución de la calificación con el paso del tiempo, excepto esta vez, en el T3 (75 μM), donde la tendencia aparente es contraria (Fig. 14).

Textura

La textura no presenta diferencias significativas entre los tratamientos en los diferentes periodos de cata ($F=1.13$, $p=0.3384$) (Tabla 17). Los tratamientos T1 y T3 (25 y 75 μM),

presentan una tendencia negativa con el paso del tiempo, contrario a los tratamientos T0, T2 y T4 (0, 50 y 100 μ M), cuya tendencia es positiva (Fig. 15).

Sabor

El sabor presenta diferencias significativas entre los tratamientos durante las sesiones de cata ($F=1.85$, $p=0.0304$) (Tabla 17). Siendo los dos mejores calificados pertenecientes al T1 (25 μ M) a los 0 y 2 días, con 7.40 y 7.20 respectivamente, y el peor calificado es el T0 (0 μ M) en su séptimo día con 4.40. La tendencia es negativa para todos los tratamientos (Fig. 16)

Aceptación general

El promedio de calificaciones no presentó diferencias significativas en las cuatro secciones: apariencia, aroma, textura y sabor ($F=0.62$, $p=0.873$) (Tabla 17). Sin embargo, la bebida mejor puntuada en general es la del T1 con un promedio de 7.3 a los 0 días, y la peor puntuada, la bebida del T2 con 5.05 a los 2 días. La tendencia para todos los tratamientos es negativa con el paso del tiempo (Fig. 17).

Tabla 17

Media \pm D.E. del promedio de calificaciones en las características organolépticas y aceptación general de bebidas en las sesiones de cata

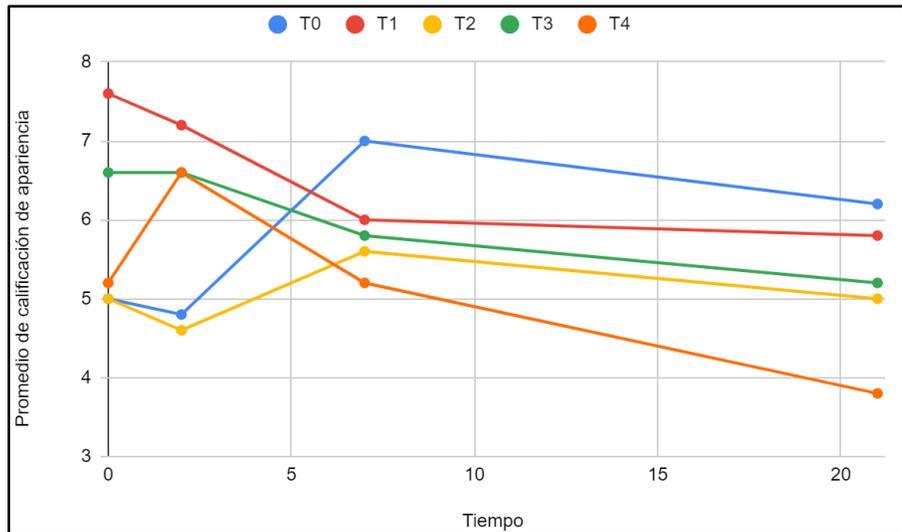
Tratamiento	Tiempo (Días)	Apariencia	Aroma	Textura	Sabor	Aceptación general
T0 (0 μ M)	0	5.0 \pm 1.2 ab	7.4 \pm 1.8 b	6.2 \pm 1.7 a	5.6 \pm 0.5 abcd	6.1 \pm 1.3 a
	2	4.8 \pm 1.3 ab	7.0 \pm 3.0 ab	5.4 \pm 2.0 a	5.0 \pm 0.7 abc	5.5 \pm 1.1 a
	7	7.0 \pm 2.0 b	6.4 \pm 2.3 ab	4.6 \pm 1.1 a	4.4 \pm 2.3 a	5.6 \pm 1.8 a
	21	6.2 \pm 1.3 ab	6.0 \pm 0.7 ab	6.0 \pm 1.8 a	5.4 \pm 1.3 abcd	5.9 \pm 1.8 a

Tratamiento	Tiempo (Días)	Apariencia	Aroma	Textura	Sabor	Aceptación general
T1 (25 µM)	0	7.6 ± 0.8 b	7.4 ± 1.5 b	6.8 ± 1.1 a	7.4 ± 1.1 d	7.3 ± 1.8 a
	2	7.2 ± 2.9 b	7.4 ± 2.0 b	6.6 ± 1.5 a	7.2 ± 1.8 d	7.1 ± 1.1 a
	7	6.0 ± 2.3 ab	6.2 ± 1.4 ab	5.8 ± 0.4 a	6.8 ± 0.84 cd	6.2 ± 1.2 a
	21	5.8 ± 2.5 ab	5.2 ± 2.6 ab	5.4 ± 1.8 a	6.2 ± 1.4 abcd	5.6 ± 1.7 a
T2 (50 µM)	0	5.0 ± 2.7 ab	6.2 ± 2.2 ab	5.8 ± 2.1 a	7.0 ± 2.4 cd	6.0 ± 1.1 a
	2	4.6 ± 2.1 ab	5.2 ± 2.2 ab	4.4 ± 0.5 a	6.0 ± 1.4 abcd	5.1 ± 2.1 a
	7	5.6 ± 1.3 ab	5.6 ± 1.9 ab	6.2 ± 2.1 a	5.8 ± 1.1 abcd	5.8 ± 1.2 a
	21	5.0 ± 1.8 ab	5.4 ± 1.5 ab	6.4 ± 1.5 a	6.0 ± 0.7 abcd	5.7 ± 2.1 a
T3 (75 µM)	0	6.6 ± 2.6 ab	4.8 ± 1.1 ab	5.2 ± 1.3 a	6.8 ± 0.8 cd	5.9 ± 2.2 a
	2	6.6 ± 2.3 ab	6.2 ± 1.3 ab	4.8 ± 1.1 a	5.0 ± 1.4 abc	5.6 ± 1.2 a
	7	5.8 ± 1.6 ab	5.8 ± 1.3 ab	4.4 ± 1.1 a	4.6 ± 2.1 ab	5.1 ± 1.5 a
	21	5.2 ± 2.1 ab	6.4 ± 1.1 ab	4.6 ± 1.9 a	5.6 ± 1.6 abcd	5.4 ± 1.5 a
T4 (100 µM)	0	5.2 ± 2.2 ab	5.4 ± 1.6 ab	5.6 ± 2.0 a	7.0 ± 1.2 cd	5.8 ± 1.4 a
	2	6.6 ± 1.9 ab	5.0 ± 1.8 ab	5.8 ± 1.9 a	5.8 ± 1.3 abcd	5.8 ± 1.6 a
	7	5.2 ± 1.6 ab	5.4 ± 1.6 ab	4.6 ± 1.1 a	6.0 ± 0.7 abcd	5.3 ± 1.4 a
	21	3.8 ± 2.1 a	4.6 ± 0.5 a	6.2 ± 1.7 a	6.6 ± 1.3 bcd	5.3 ± 1.4 a

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

Figura 13

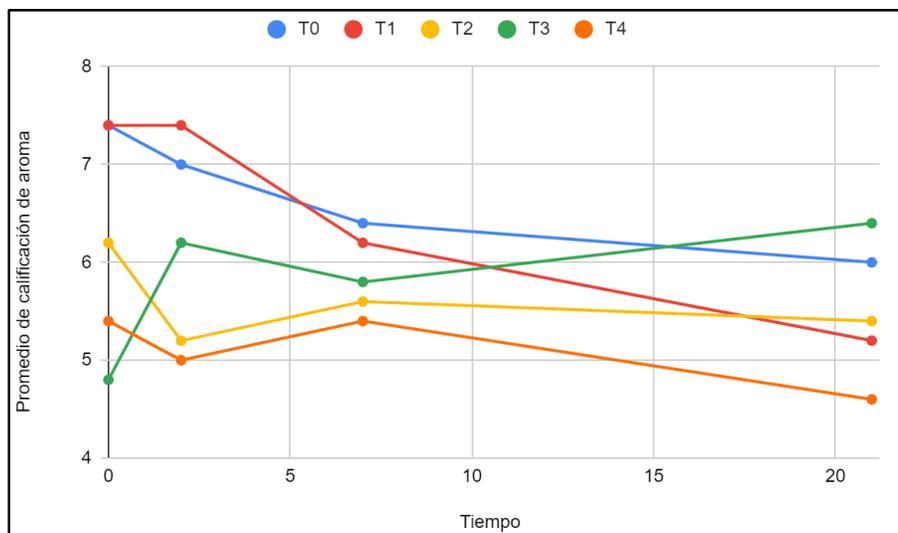
Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para la apariencia durante las sesiones de cata



Nota. Autoría propia.

Figura 14

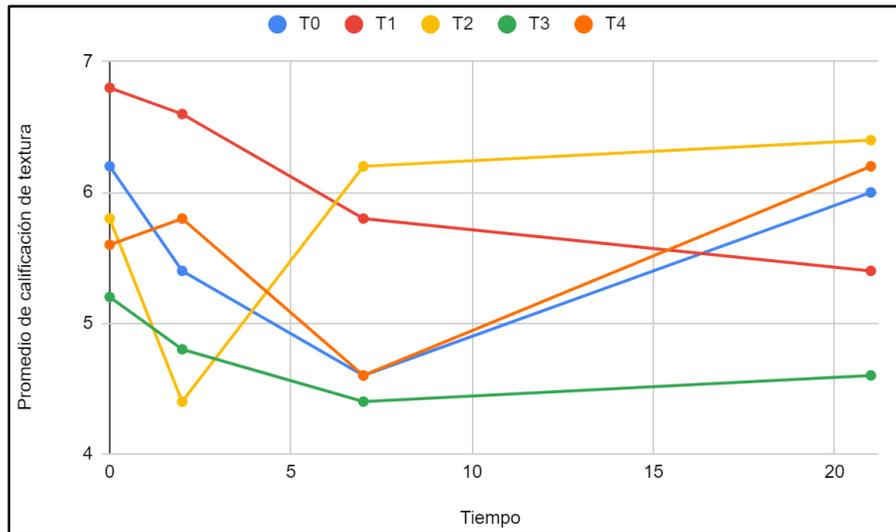
Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para el aroma durante las sesiones de cata



Nota. Autoría propia.

Figura 15

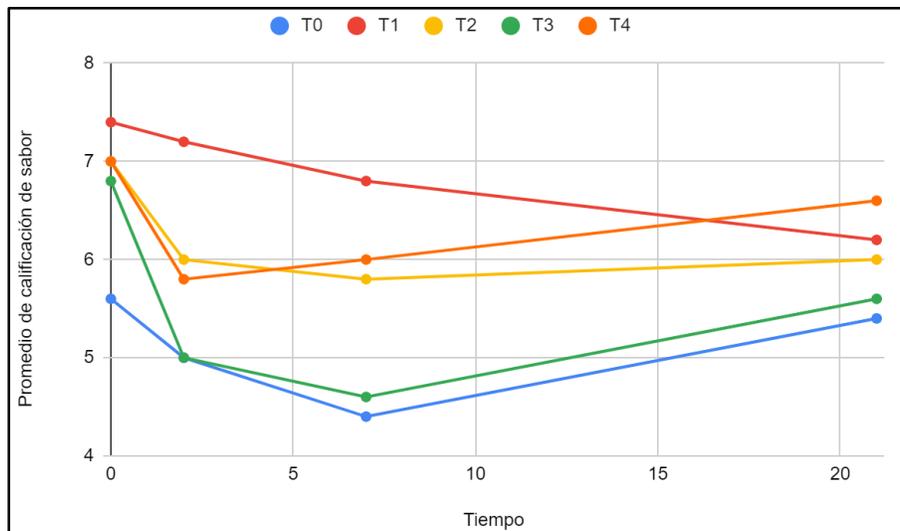
Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para la textura durante las sesiones de cata



Nota. Autoría propia.

Figura 16

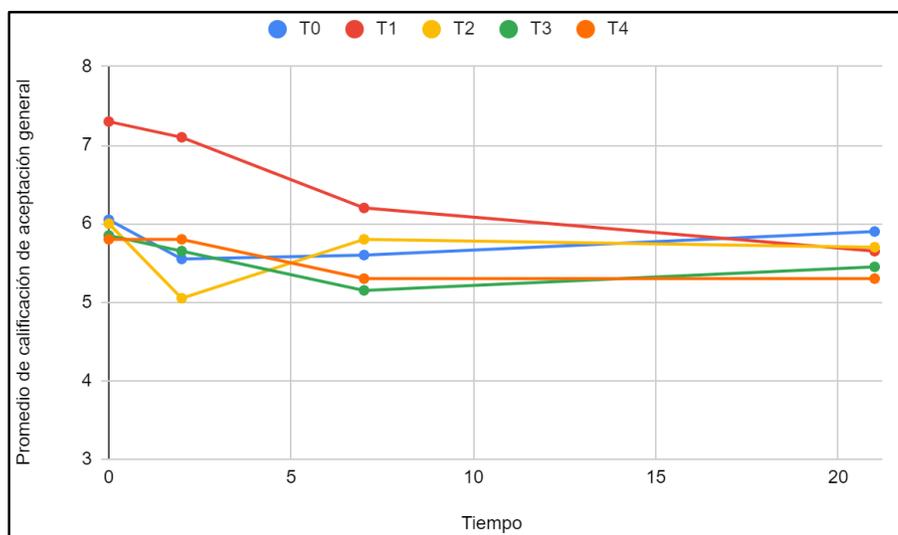
Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones para el sabor durante las sesiones de cata



Nota. Autoría propia.

Figura 17

Comportamiento en el tiempo del promedio de calificaciones durante las sesiones de cata



Nota. Se puede observar una clara tendencia negativa en el promedio general con el paso del tiempo. Autoría propia.

Discusión

Las variables estudiadas en las semillas y germinados de lenteja (porcentaje de germinación, longitud de radícula) no presentaron diferencias significativas, por lo que ningún tratamiento fue superior al testigo, contrastando los resultados obtenidos por López (2023), estudio en el cuál, los tratamientos con fortificación de 100 μM y 200 μM presentaron un porcentaje de germinación superior, y el tratamiento de 50 μM , una longitud mayor que el resto de tratamientos. Sin embargo, el presente estudio concuerda con los resultados obtenidos por Wei *et al.* (2012, en los cuales la fortificación con zinc no tuvo un efecto significativo en las semillas, en este caso, de arroz. De igual manera, Bączek-Kwinta *et al.* (2020), utilizaron dosis más altas, desde 150 hasta 450 μM en arveja y girasol y el efecto sobre la germinación y longitud fue negativo en arveja, pero la concentración de zinc aumentó notablemente, mientras que, en las semillas de girasol, fue un impacto positivo en el zinc y el rendimiento de los

germinados con 450 μM , demostrando que la especie y su fuente de origen es tan importante como el tratamiento aplicado.

El rendimiento biológico y rendimiento de liofilizado tampoco presentaron diferencias entre tratamientos, pero cada uno de ellos aumentó en más del 200% su peso original, y en promedio este peso se vio reducido a un 32% del peso fresco al finalizar la liofilización, lo que concuerda con Świeca *et al.* (2013), cuyos porcentajes luego de la liofilización de germinados de lenteja fueron de 29.4%. De igual manera, López (2023), no encontró diferencias para los rendimientos en germinados de lenteja, y sus valores también rondan el 200% en cada tratamiento aplicado. Zou *et al.* (2014) encontraron que los tratamientos con 150 y 300 μM en granos de soja son los que de mejor manera favorecen al rendimiento de los germinados, así como al largo de radícula y porcentaje de germinación.

En el caso de las variables físicas medidas en la bebida, el pH tiene una tendencia a disminuir a partir del día 7 a excepción del tratamiento testigo (T0: 0 μM), en donde se mantiene constante durante los 21 días de prueba; los SST muestran una clara tendencia a disminuir en los primeros días, y posteriormente aumentar con el paso del tiempo, excepto en el testigo, donde se mantienen estables durante todo el tiempo de prueba. Al tratarse de una bebida que fue pasteurizada, y posteriormente esterilizada, se descarta la posibilidad de fermentación alcohólica. La explicación más acertada en cuanto a los tratamientos con zinc, sería la posible fermentación láctica, que, como mencionan Shukla *et al.* (2013), ocasiona la baja de pH y SST al aumentar los niveles de ácido láctico y disminuir los niveles de lactosa. Posteriormente, los almidones presentes en la bebida son desdoblados en azúcares simples mediante una acción enzimática, que se ve beneficiada por los niveles de zinc (Matilla, 2008), con lo cual nuevamente aumentan ligeramente los niveles de SST, pero sin afectar el pH.

Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Islam *et al.* (2021), en los cuales, su bebida a base de suero de leche y piña, almacenada a 4 °C, no presentó disminuciones significativas en el pH sino hasta los 42 días, esta diferencia es dada por la

diferencia de temperaturas de almacenamiento. Baljeet *et al.* (2013), reportaron cambios de pH desde 4,90 hasta 4,80, en su bebida de suero, piña, calabaza y cuatro concentraciones de menta, este cambio se dio a los 20 días en almacenamiento a 7 °C, pero indica que la menta tuvo un rol importante en el descenso, e igual que en el presente estudio, no existieron variaciones significativas en los SST durante el tiempo de almacenamiento. Finalmente, Shukla *et al.* (2013), reportaron cambios significativos en su bebida probiótica de suero de leche y jugo de piña, desde las 48 horas, a 30 °C, este descenso acelerado se debe a la adición de *Lactobacillus acidophilus* a la bebida como agente probiótico. Demostrando que, en cuanto a bebidas con microorganismos benéficos activos, la temperatura es un factor fundamental en la conservación de la misma.

En la separación de fases se pudo observar una clara tendencia a aumentar con el tiempo independientemente del tratamiento, se requiere un estudio más extenso para conocer el punto límite de la sedimentación y separación de fases, puesto a que Islam *et al.* (2021) y Baba *et al.* (2016) reportan que la separación aumentó durante todo el tiempo de estudio: 56 días a 4 °C y 60 días a 5 °C respectivamente, alcanzando valores máximos de la fase líquida de 27% y 67%.

El contenido de zinc en las bebidas no presentó diferencias significativas entre tratamientos, y siendo los añadidos de cada tratamiento de germinados, el único factor distintivo entre bebidas, se conoce que tampoco presentan diferencias entre ellos. López (2023) reporta resultados similares en su estudio de germinados de lenteja fortificados con zinc, en los cuales la cantidad de zinc no varía entre tratamientos con concentraciones desde 0 a 200 µM, y una similaridad adicional es que en el presente estudio sí se encontraron diferencias significativas para la relación molar AF:Zn, siendo el testigo (T0: 0 µM) el que presenta la mayor relación AF:Zn (6.34), mientras que el menor es el tratamiento T2 (50 µM) con 2.64, los demás tratamientos también se encuentran por debajo de 5, el estudio de López (2023), tiene también

al tratamiento de 50 μM con la menor relación molar AF:Zn (0.113), indicando mayor biodisponibilidad de zinc (> 50%) (Wei *et al.*, 2012).

De acuerdo a la norma técnica 1334-2-2:2011 “Rotulado de Productos Alimenticios para Consumo Humano. Parte 2.” (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011), para declarar un alimento como fortificado, este debe contener como mínimo un 20% del valor diario recomendado del nutriente (en este caso zinc), y como “producto adicionado con vitaminas, minerales y/o fibra dietética” si contiene al menos 10% del nutriente añadido. En este contexto, el promedio de zinc en las bebidas es de 0.224 mg/l, traducido en una bebida estándar de 240 ml en 0.054 mg de zinc; por lo que no se puede considerar como una bebida fortificada, ni con minerales adicionados, para ninguna edad o etapa (Tabla 2).

La aceptación general de la bebida también tiene una clara tendencia a disminuir con el tiempo, esto es particularmente notorio en la fase degustativa, la mayoría de catadores estuvieron de acuerdo en que, a los 7 días del periodo de prueba, la bebida tenía un sabor muy distinto, y prefirieron no tomar la muestra después de probarla, esto es un indicador de que, por lo menos, basado en el sabor de la bebida, 7 días es su máxima aproximación de vida útil.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La fortificación con zinc a las semillas de lenteja (*Lens culinaris*), no tuvo un efecto significativo en el porcentaje de germinación, longitud de radícula, rendimiento biológico ni rendimiento liofilizado en los germinados de lenteja. Pero sí en la relación molar AF:Zn, en la cual, todos los tratamientos (25, 50, 75 y 100 μM Zn) fueron superiores al testigo (6.34), siendo el mejor el T2 (50 μM) (2.64) con una biodisponibilidad de zinc mayor al 50%.
- La adición de germinados de lenteja (*Lens culinaris*), no tuvo un efecto significativo en la cantidad residual de zinc en las bebidas, ni en su vida útil, pero sí en el sabor de las bebidas, el tratamiento con mejor sabor de acuerdo al comité de cata, fueron T1 (25 μM) a los 0 y 2 días, con promedios de 7.40 y 7.20 respectivamente, y la peor siendo el testigo T0 a los 7 días, con 4.40. La aceptación en general no presentó variaciones.
- Las características organolépticas de la bebida: apariencia, aroma, textura y sabor, presentan una clara tendencia a disminuir en calidad con el paso del tiempo, esto se evidencia con las calificaciones promedio del comité de cata en cada aspecto. La vida útil aproximada del producto se sitúa en 7 días por el rechazo de la bebida por parte de los catadores.
- En cuanto a los parámetros físicos analizados, el pH se mantiene estable solamente en el tratamiento T0, en el resto hay una tendencia negativa desde el día 7, los SST, presentan disminución hasta los 7 días, y un ligero aumento hasta los 21 días de prueba, el parámetro de separación de fases aumenta establemente en el tiempo.

- La bebida no se puede definir como “fortificada”, ni como “producto con minerales añadidos”, al no cumplir con el 20 ni 10% del VDR de zinc requerido en ninguna edad ni etapa de vida humana.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar dosis más altas de zinc para la fortificación, varios ensayos inician en soluciones de zinc de 150 μM , y presentan diferencias notorias entre tratamientos.
- La vida útil puede ser medida de manera más adecuada mediante análisis microbiológicos de la bebida, y estos se pueden complementar con los parámetros físico-químicos (SST, pH, acidez titulable, separación de fase líquida, sedimentación, color, etc.), además de un comité de cata comprendido por más personas. Lo ideal es realizar pruebas aceleradas de esterilidad, con las muestras almacenadas en un ambiente controlado con temperaturas entre 35 y 40 °C, para simular un paso acelerado del tiempo.
- Es recomendable lavar los germinados previo a la congelación y posterior liofilización, con el fin de eliminar el exceso de saponinas que ocasionan el sabor amargo característico de los mismos.
- Se puede repetir el ensayo utilizando deshidratación en estufa en lugar de liofilización, con el fin de evaluar si hay cambios significativos en el contenido nutricional entre los dos métodos, puesto a que la liofilización no es accesible, y toma mucho más tiempo para cantidades pequeñas.

Bibliografía

- Abulude, F. (2005). 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>
- Aider, M., de Halleux, D., y Melnikova, I. (2009). Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(3), 334–341.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.01.005>
- Amezcuca, J., y Lara, M. (2017). El zinc en las plantas. *Revista Ciencia*, 68(3), 28–35.
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf
- Arrieta Miranda, A. (2021). *Importancia de los germinados para el consumo humano* [Trabajo de Grado, Universidad de Santander].
<https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/360e06e6-ea5b-4857-acf2-efbfe71698b6/content>
- Baba, W. N., Din, S., Punoo, H. A., Wani, T. A., Ahmad, M., y Masoodi, F. A. (2016). Comparison of cheese and paneer whey for production of a functional pineapple beverage: Nutraceutical properties and Shelf life. *Journal of Food Science and Technology*, 53(6), 2558–2568. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2218-8>
- Bączek-Kwinta, R., Baran, A., Simlat, M., Lang, J., Bieniek, M., y Florek, B. (2020). Enrichment of different plant seeds with zinc and assessment of health risk of zn-fortified sprouts consumption. *Agronomy*, 10(7), 937. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070937>
- Baljeet, S., Ritika, B., y Sarita, R. (2013). Studies on development and storage of whey-based pineapple (*Ananas comosus*) and bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) mixed herbal beverage. *International Food Research Journal*, 20(2), 607–612.
[http://www.ifrj.upm.edu.my/20%20\(02\)%202013/14%20IFRJ%2020%20\(02\)%202013%20Baljeet%20\(197\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/20%20(02)%202013/14%20IFRJ%2020%20(02)%202013%20Baljeet%20(197).pdf)

Brito, H., Santillán, A., Arteaga, M., Ramos, E., Villalón, P., y Rincón, A. (2015).

Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*, 11(26), 257–268.

[https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-](https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/315455479_APROVECHAMIENTO_DEL_SUERO_DE_LECHE_COMO_BEBIDA_ENERGIZANTE_PARA_MINIMIZAR_EL_IMPACTO_AMBIENTAL/links/58d0a947a6fdcc344b0c12e3/APROVECHAMIENTO-DEL-SUERO-DE-LECHE-COMO-BEBIDA-ENERGIZANTE-PARA-MINIMIZAR-EL-IMPACTO-AMBIENTAL.pdf)

[2/publication/315455479_APROVECHAMIENTO_DEL_SUERO_DE_LECHE_COMO_BEBIDA_ENERGIZANTE_PARA_MINIMIZAR_EL_IMPACTO_AMBIENTAL/links/58d0a947a6fdcc344b0c12e3/APROVECHAMIENTO-DEL-SUERO-DE-LECHE-COMO-BEBIDA-ENERGIZANTE-PARA-MINIMIZAR-EL-IMPACTO-AMBIENTAL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/315455479_APROVECHAMIENTO_DEL_SUERO_DE_LECHE_COMO_BEBIDA_ENERGIZANTE_PARA_MINIMIZAR_EL_IMPACTO_AMBIENTAL/links/58d0a947a6fdcc344b0c12e3/APROVECHAMIENTO-DEL-SUERO-DE-LECHE-COMO-BEBIDA-ENERGIZANTE-PARA-MINIMIZAR-EL-IMPACTO-AMBIENTAL.pdf)

Cakmark, I. (10-12 de julio de 2014). *¿Por qué las plantas necesitan zinc?* [Discurso principal].

Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas, Guadalajara, México. [https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/tercer-congreso-internacional-intagri-sobre-](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/tercer-congreso-internacional-intagri-sobre-nutricion#:~:text=El%20Zinc%20se%20requiere%20para,requiere%20para%20mejorar%20la%20polinizaci%C3%B3n)

[nutricion#:~:text=El%20Zinc%20se%20requiere%20para,requiere%20para%20mejorar%20la%20polinizaci%C3%B3n](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/tercer-congreso-internacional-intagri-sobre-nutricion#:~:text=El%20Zinc%20se%20requiere%20para,requiere%20para%20mejorar%20la%20polinizaci%C3%B3n)

[nutricion#:~:text=El%20Zinc%20se%20requiere%20para,requiere%20para%20mejorar%20la%20polinizaci%C3%B3n](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/tercer-congreso-internacional-intagri-sobre-nutricion#:~:text=El%20Zinc%20se%20requiere%20para,requiere%20para%20mejorar%20la%20polinizaci%C3%B3n)

Chacón, L., Chávez, A., Rentería, A., y Rodríguez, J. (2017). Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades. *Interciencia*, 42(11).

<https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/11/712-CHAVEZ-42-11.pdf>

Chasapis, C. T., Loutsidou, A. C., Spiliopoulou, C. A., y Stefanidou, M. E. (2012). Zinc and human health: an update. *Archives of Toxicology*, 86(4), 521–534.

<https://doi.org/10.1007/s00204-011-0775-1>

Ding, H., Fu, T.J., y Smith, M. A. (2013). Microbial contamination in sprouts: how effective is seed disinfection treatment?. *Journal of Food Science*, 78(4), R495–R501.

<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12064>

Elorza, M. (2016). *Brotos y germinados sus beneficios y cómo hacerlos en casa* [Archivo PDF].

[https://www.munistgo.info/medioambiente/wp-](https://www.munistgo.info/medioambiente/wp-content/uploads/2016/10/Brotos_y_Germinados.pdf)

[content/uploads/2016/10/Brotos_y_Germinados.pdf](https://www.munistgo.info/medioambiente/wp-content/uploads/2016/10/Brotos_y_Germinados.pdf)

- Food and Agriculture Organization, y World Health Organization. (2016). *Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes*. WHO.
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf>
- Food and Agriculture Organization, y World Health Organization. (2023). *Codex Alimentarius Commission Procedural Manual*. FAO; WHO.
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc5042en>
- Gómez-Galera, S., Rojas, E., Sudhakar, D., Zhu, C., Pelacho, A. M., Capell, T., y Christou, P. (2010). Critical evaluation of strategies for mineral fortification of staple food crops. *Transgenic Research*, 19(2), 165–180. <https://doi.org/10.1007/s11248-009-9311-y>
- Harvard School of Public Health. (10 de julio del 2019). *Sprouted Lentils | The Nutrition Source*. Harvard T.H Chan School of Public Health. Recuperado el 06 de junio del 2023 de <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/sprouted-lentils/>
- Heim, G. (01 de agosto del 2019). *Rivella, la bebida nacional de Suiza*. Swissinfo. Recuperado el 03 de junio del 2023 de https://www.swissinfo.ch/spa/cultura/blog-del-museo-nacional-suizo_rivella--la-bebida-nacional-de-suiza/45079446
- Hernandez-Aguilar, C., Dominguez-Pacheco, A., Palma, M., Valderrama-Bravo, C., Soto, M., Cruz-Orea, A., y Ordonez-Miranda, J. (2020). Lentil sprouts: a nutraceutical alternative for the elaboration of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1817–1829. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04215-5>
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (18 de agosto del 2019). *Alimentos fortificados*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Recuperado el 06 de junio del 2023 de <https://www.incap.int/index.php/es/alimentos-fortificados4>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición – ENSANUT*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Recuperado el 03 de junio del 2023 de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/salud-salud-reproductiva-y-nutricion/>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2.* (Norma núm. 1334-2).
<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>
- Islam, M. Z., Tabassum, S., Harun-ur-Rashid, M., Vegarud, G. E., Alam, M. S., e 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, 100144. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100144>
- Jamil, K. (2022). *Recomendaciones operativas sobre biofortificación de acción contra el hambre* [Archivo PDF]. <https://www.actioncontrelafaim.org/wp-content/uploads/2022/01/Biofortification-Recommandations-operationelles-ES-VF.pdf>
- Królczyk, J., Dawidziuk, T., Janiszewska-Turak, E., y Sołowiej, B. (2016). Use of whey and whey preparations in the food industry – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(3), 157–165. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0052>
- López, D., Castillo, C., y Diazgranados, D. (2010). El zinc en la salud humana - II. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(2), 240–247. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v37n2/art14.pdf>
- López Veloza, Y. Y. (2023). *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>
- Mansoor, M., y Suresh, D. (2012). Fortification of food and beverages with phytonutrients. *Food and Public Health*, 2(6), 241–253. https://www.researchgate.net/profile/Dsuresh-Kumar/publication/270584491_Fortification_of_food_and_beverages_with_phytonutrients/links/58df528592851c3695457a79/Fortification-of-food-and-beverages-with-phytonutrients.pdf

- Martínez, A. (2013). Bebida láctea fermentada a partir de suero de quesería con adición de pulpa de maracuyá. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería de La Universidad Del Zulia*, 36(3). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702013000300002
- Martón, M., Mándoki, Z., Csapó, K., y Csapó, J. (2010). The role of sprouts in human nutrition. A review. *Acta Universitaria Spientiae Alimentaria*, 3, 81–117. <https://core.ac.uk/download/pdf/161065894.pdf>
- Matilla, Á. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. En Azcón-Bieto, J y Talón, M (Coords.), *Fundamentos de fisiología vegetal* (pp. 537–558). Editorial McGrawHill España. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Miranda, O., Fonseca, P., Ponce, I., Cedeño, C., Rivero, L., y Martí, L. (2019). Una bebida probiótica con posibles aplicaciones terapéuticas elaborada a escala industrial a partir del suero de leche. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 29(2), 347–358. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubalnut/can-2019/can192g.pdf>
- Mollea, C., Marmo, L., y Bosco, F. (2013). Valorisation of cheese whey, a by-product from the dairy industry. *Food Industry*, 24, 549–588. <https://doi.org/10.5772/53159>
- Nazanin, R., y Kelishadi, R. (2016). Zinc and its importance for human health: An integrative review. *Journal of Research in Medical Sciences*, 18(2). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3724376/pdf/JRMS-18-144.pdf>
- National Institutes of Health. (4 de octubre del 2022). *Zinc fact sheet for consumers*. National Institutes of Health Office for Dietary Supplements. Recuperado el 03 de junio del 2023 de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-Consumer/>

- Pita, J. (1998). *Germinación de semillas*. Editorial Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- Poveda, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 397–403.
<https://www.redalyc.org/pdf/469/46929416011.pdf>
- Rueda, L. (2005). *Más energía y salud con los germinados: Nuevos alimentos vegetales al alcance de todos*. Editorial Océano Ámbar. <http://datelobueno.com/wp-content/uploads/2014/05/Los-germinados-Luisa-Mart%C3%ADn.pdf>
- Ryan, M. P., y Walsh, G. (2016). The biotechnological potential of whey. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15(3), 479–498.
<https://doi.org/10.1007/s11157-016-9402-1>
- Sánchez, G., Gil, M., Gil, M., Giraldo, F., Millán, L., y Villada, M. (2009). Aprovechamiento del suero lácteo de una empresa del norte antioqueño mediante microorganismos eficientes. *Producción + Limpia*, 4(2), 66–74.
https://www.researchgate.net/publication/277045268_Aprovechamiento_del_suero_lacteo_de_una_empresa_del_norte_antioqueno_mediante_microorganismos_eficientes
- Sharma, A., Patni, B., Shankhdhar, D., y Shankhdhar, S. C. (2013). Zinc – an indispensable micronutrient. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 19(1), 11–20.
<https://doi.org/10.1007/s12298-012-0139-1>
- Shraddha, C. R., y Nalawade, K. A. (2015). Whey based beverage: its functionality, formulations, health benefits and applications. *Journal of Food Processing & Technology*, 6(10). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000495>
- Shukla, M., Jha, Y., y Admassu, S. (2013). Development of probiotic beverage from whey and pineapple juice. *Journal of Food Processing & Technology*, 04(02).
<https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000206>

- Silva, M. F., Fornari, R. C. G., Mazutti, M. A., de Oliveira, D., Padilha, F. F., Cichoski, A. J., Cansian, R. L., Di Luccio, M., y Treichel, H. (2009). Production and characterization of xanthan gum by *Xanthomonas campestris* using cheese whey as sole carbon source. *Journal of Food Engineering*, 90(1), 119–123.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.010>
- Świeca, M., Gawlik-Dziki, U., y Jakubczyk, A. (2013). Impact of density of breeding on the growth and some nutraceutical properties of ready - to - eat lentil (*Lens culinaris*) sprouts. *Journal of Food Science*, 12(4), 19–29.
<https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-824579ba-203f-44ac-8041-17d3251b69c1>
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2002). *Fisiología Vegetal* (Vol. 2). Editorial Publicacions de la Universitat de Jaume I.
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FisiologiaVegetalVolumenII%20espanhol.pdf>
- Troszyńska, A., Estrella, I., Lamparski, G., Hernández, T., Amarowicz, R., y Pegg, R. B. (2011). Relationship between the sensory quality of lentil (*Lens culinaris*) sprouts and their phenolic constituents. *Food Research International*, 44(10), 3195–3201.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.007>
- Universidad Central de Bogotá. (2013). *Guía de hábitos sostenibles para realizar el proceso de germinados (alimento vivo) con recursos de los hogares* [Archivo PDF].
<https://www.ucentral.edu.co/sites/default/files/inline-files/Gu%C3%ADa%20de%20germinados.pdf>
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2011). *Germinados de producción casera para una buena nutrición* [Archivo PDF].
<http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/Folleto%20germinados.pdf>

- United Nations International Children's Emergency Fund. (30 de marzo del 2021). *Desnutrición crónica infantil*. United Nations International Children's Emergency Fund. Recuperado el 06 de junio del 2023 de <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-infantil>
- United States Department of Agriculture. (4 de enero de 2019a). *Lentils, sprouted, raw*. U.S Department of Agriculture Food Data Central. Recuperado el 18 de junio del 2023 de <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168427/nutrients>
- United States Department of Agriculture. (4 de enero de 2019b). *Whey, sweet, fluid*. U.S. Department of Agriculture Food Data. Recuperado el 18 de junio del 2023 de <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171282/nutrients>
- Universidad Técnica Particular de Loja. (2021). *Suero de leche, un aliado para la innovación alimenticia*. Universidad Técnica Particular de Loja. Recuperado el 03 de junio del 2023 de <https://noticias.utpl.edu.ec/suero-de-leche-un-aliado-para-la-innovacion-alimenticia>
- Veliz Romero, Q. F. J. (2015). *Proceso de Elaboración de Bebida de Suero de Leche con Pulpa de Naranja y Polydextrosa* [Proyecto de Investigación, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11590/1/tesis.pdf>
- 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>
- Yadav, J. S. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., y Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, 33(6), 756–774. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>

Zou, T., Xu, N., Hu, G., Pang, J., y Xu, H. (2014). Biofortification of soybean sprouts with zinc and bioaccessibility of zinc in the sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(14), 3053–3060. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6658>