



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustrias

TEMA:

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE GERMINACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) TOSTADA.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.

Autores:

Jessica Jackelin Lucintuña Ramos

Mishel Rosalía Patin Baez

Tutor:

Ing. Isidro Favian Bayas Morejón PhD.

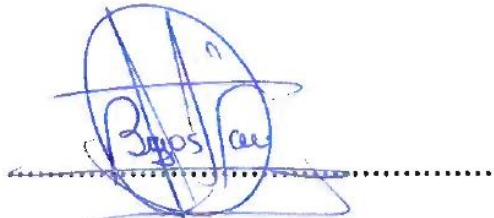
Guaranda - Ecuador

2024

TEMA:

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE GERMINACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) TOSTADA.

REVISADO Y APROBADO POR:



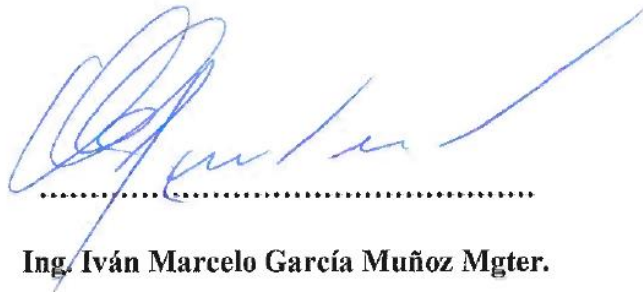
Ing. Bayas Morejón Isidro Favian PhD.

TUTOR



Ing. Alim. Sandra Patricia Iza Iza PhD.

PAR LECTOR



Ing. Iván Marcelo García Muñoz Mgter.

PAR LECTOR

CERTIFICADO DE AUTORÍA

Yo, Jessica Jackeline Lucintuñía Ramos, con CI: 0202498838 y Mishel Rosalía Patin Baez, con CI:0250314606, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



.....
Jessica Jackeline Lucintuñía Ramos

CI: 0202498838



.....
Mishel Rosalía Patin Baez

CI: 0250314606



.....
Ing. Bayas Morejón Isidro Favian PhD.

CI: 0201811916





DOCTORA. MSc. GINA CLAVIJO CARRION
Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N° 20240201004P00982

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

JESSICA JACKELINE LUCINTUÑA RAMOS Y

MISHEL ROSALIA PATIN BAEZ

CUANTÍA: INDETERMINADA

DI 2 COPIAS

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy lunes a los siete días del mes de octubre del año dos mil veinticuatro, ante mí DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura las señoritas: JESSICA JACKELINE LUCINTUÑA RAMOS, de estado civil soltera, y, MISHEL ROSALIA PATIN BAEZ, de estado civil soltera, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Las comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianos, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación ambas estudiantes, domiciliadas el primero en la parroquia Simiatug, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve nueve dos cero tres nueve nueve cero ocho; y, con correo electrónico jessicalucintuaa5@gmail.com; y, la segunda en la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve ocho dos siete cero cinco cuatro tres uno; y, con correo electrónico patinmishel57@gmail.com, hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertidas las comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinadas que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidas por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidas sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotros: JESSICA JACKELINE LUCINTUÑA RAMOS, de estado civil soltera, y, MISHEL ROSALIA PATIN BAEZ, de estado civil soltera, declaramos que los criterios e ideas emitidos en el presente Proyecto de investigación de titulación es de nuestra absoluta autoría, titulado DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE GERMINACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) TOSTADA, previo a la obtención del título de Ingenieras Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agroindustria. - Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que les fue a las comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellas se afirman y ratifican en todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo cuanto doy Fe.-----

Jessical
SRTA. JESSICA JACKELINE LUCINTUÑA RAMOS
C.C. 0202498838



Mishel P.
SRTA. MISHEL ROSALIA PATIN BAEZ
C.C. 0950314606



Gina Clavijo Carrion
DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



Submitted for analysis by: Favian Bayas Morejón

Thesis by: Jessica Jackelin Lucintuña Ramos & Mishel Rosalía Patin Baez

Plagiarism Result

TEMA:

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE GERMINACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) TOSTADA.

ABSTRACT

The main purpose of the research was to determine the germination parameters for obtaining an instant beverage based on roasted barley flour (*Hordeum vulgare*). The study was carried out in the laboratories of the Vice Rectorate for Research and Liaison and the Agroindustrial Complex of the State University of Bolívar. An experimental approach based on barley sprouts was chosen, using an AXB factorial arrangement design. The factors studied were germination time (3, 4 and 5 days) and temperature in the germination chamber (15 and 20°C), resulting in 6 treatments. Germination of barley was carried out and the protein content was evaluated before and after the process. Germinated barley showed an average protein content of 10,72% in all treatments, while ungerminated barley had 7,18%. The germinated barley was then dried and roasted to make the maize drink, adding water, cinnamon, panela and milk. This mixture was freeze-dried at -56°C and 0,03 milibars of pressure for 96 hours, obtaining a yield of 33,33%, resulting in an instant beverage. Protein content analysis showed an average of 7,64% in the freeze-dried maize beverage made from germinated barley, while the freeze-dried beverage made from ungerminated barley showed 6,19%. A sensory analysis revealed that the T5 treatment (5 days of germination at 15°C) was the most acceptable. Finally, the bromatological analysis of this treatment with the highest sensory acceptability in the freeze-dried beverage from germinated barley revealed a higher content in moisture (5,63%), carbohydrates (80,29%), protein (7,73%) and calories (357,27 kcal), and a lower content in fiber (4,58%), ash (1,29%) and fat (0,78%) compared to the freeze-dried beverage made from ungerminated barley. **Key words:** Germinated barley, mística, instant drink, freeze-drying.



TEMA:

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE GERMINACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) TOSTADA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el desarrollo de la investigación, se implementaron diversas metodologías que contribuyeron a obtener los resultados previstos, alineados con los objetivos establecidos para una bebida instantánea elaborada a base de harina de cebada germinada tostada.

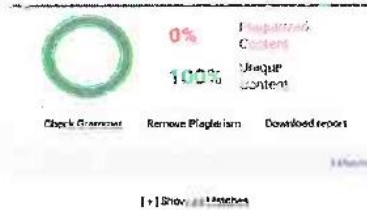
Condiciones del proceso de germinación de la cebada en base a la proteína. Las condiciones aplicadas para la obtención del germinado de cebada optimizaron las propiedades de la materia prima, haciéndola ideal para la producción de harina.

Tabla 17

Parámetros utilizados en la germinación

Materia prima	Tiempo (días)	Temperatura de cámara (°C)	Peso inicial /promedio (g)	Peso final /promedio (g)
Cebada	3	4	5	15
	20	680	1758	

En la tabla 17 se muestran los resultados obtenidos acorde al proceso de germinado de la cebada, se puede atribuir que el tiempo empleado fue un parámetro importante por lo que entre más tiempo aplicado mucho mejor fue el desarrollo del germinado. Sin embargo, la temperatura es importante mantenerla por debajo de los 20°C ya que de esta manera la cebada absorbió mayor cantidad de agua y la humedad ayudó a que el embrión se desarrolle y empiece a crecer la plántula.



Ing. Bayas Morejón Isidro Favian PhD.

TUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación le dedicado a mi Dios porque estado conmigo en todo momento, cuidándome, guiándome y dándome fortaleza para continuar, a mis queridos padres Luis Lucintuña, Ercilia Ramos por su confianza, sacrificio, amor y su apoyo incondicional han velado por mi bienestar y educación por darme la oportunidad de ser importante de nuestra formación profesional en la vida.

En especial a mis dos amores Awki Chisag, John Chisag quienes fueron mi fortaleza mis ganas de salir adelante a pesar de las adversidades de la vida es por ellos que he podido ir avanzando y llegar a la meta de mis logros hasta este momento con el proceso de la obtención de mi anhelo más deseados.

A mis hermanos Nancy, Gustavo por siempre estar en cada paso de mi esfuerzos y dedicación por estar ahí para animarme y motivarme en los momentos más difíciles de mi logro que brindaron durante el proceso que fuimos día a día realizamos. A todos mis familiares y amigos que estuvieron apoyándome y dándome la mano cuando más lo necesite han sido mi mayor motivación. ¡Gracias!

Con mucho Cariño, Amor

Jessica Jackeline Lucintuña Ramos

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico, en primer lugar, a Dios, porque gracias a Él he logrado concluir mi carrera; y a mis padres, Luis Patin Chimbo y Lucinda Baez Manobanda, porque siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona. A mis hermanos/as, a mis tíos/as por sus palabras y su compañía en todo mi proceso de formación. En especial, a mi compañero de vida, Johnson Caiza, por sus palabras, su confianza, su amor y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente. A mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, han contribuido al logro de mis objetivos.

Con mucho Afecto

Mishel Rosalía Patin Baez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi Dios por darme salud y vida durante mi periodo estudiantil. Reconozco, con su infinita bondad y sabiduría, que derrama sobre mí sus bendiciones. Quiero agradecer de todo corazón a mis padres, Luis Lucintuña y Ercilia Ramos; a mis hermanos, William, Nancy, Ángel, Gustavo, Alex, Marquito; a mi esposo, John Chisag; y, en especial, a mi hijo, Awki John. También agradezco a mis segundos padres, Alfonso Chisag y Orfelina Talahua, y a toda la familia, quienes fueron el pilar de mi estudio, por su apoyo incondicional y la confianza en mí, además de los consejos brindados, que me sirvieron y fueron el eje fundamental para haber logrado mis metas y sueños. Gracias a su amor, cariño y confianza, cuyas palabras de aliento y estímulo fueron fundamentales, y a su paciencia, que ha moldeado en la mujer que soy hoy, de lo cual me siento muy orgullosa. Mis más sinceros agradecimientos por el apoyo y la fortaleza que siempre me supieron dar.

También quiero agradecer a mi compañera de tesis, Mishel Patin, con quien hemos compartido toda nuestra carrera. Su apoyo y colaboración han sido fundamentales para el éxito de nuestra investigación. Gracias por ser parte de este estudio académico.

A la prestigiosa Universidad Estatal de Bolívar, “Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente”, carrera Agroindustria, por brindarme sus conocimientos para mi vida profesional. También quiero expresar mi sincero agradecimiento a los docentes que estuvieron pendientes de nuestra labor académica, principalmente al Ing. Favian Bayas, por su paciencia, comprensión y el conocimiento que nos impulsó a lo largo de todo el trayecto, cuya orientación constante y sabios consejos fueron fundamentales en cada etapa del proceso. Asimismo, agradezco a nuestros pares de tesis, Ing. Alim. Patricia Iza y el Ing. Marcelo García, por sus sugerencias y conocimientos brindados.

Con mucho Cariño, Amor

Jessica Jackeline Lucintuña Ramos

AGRADECIMIENTO

Quiero extender mis agradecimientos principalmente a Dios, ya que gracias a Él he logrado concluir mi carrera universitaria. Él es quien me ha bendecido con la capacidad de aprender y alcanzar este logro, que para mí será muy importante.

Con profunda gratitud y amor, agradezco este logro a mis padres, Luis Patin Chimbo y Lucinda Baez Manobanda, por su apoyo incondicional, ya que cada éxito que alcanzo se los dedico a ustedes. Su constante aliento y ejemplo han sido mi mayor inspiración. Gracias por ser mis pilares en los momentos más desafiantes y por celebrar conmigo cada triunfo. Este logro lleva su nombre y dedicación, y es en honor a ustedes que continúo esforzándome por alcanzar mis metas.

En especial, a mi compañero de vida, Jhonson Caiza, le agradezco profundamente su amor incondicional y su apoyo constante. Gracias por sus ánimos cuando más los necesitaba; siempre estuvo conmigo, apoyándome en los momentos más difíciles. Quiero expresar mi eterno agradecimiento a mi hermana y a mis tíos, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida académica. Su amor incondicional y su fe en mí me han impulsado a seguir adelante y a nunca rendirme. También quiero agradecer a mi compañera de tesis, Jessica Lucintuña, con quien hemos compartido toda nuestra carrera. Su apoyo y colaboración han sido fundamentales para el éxito de nuestra investigación. Gracias por ser parte de este estudio académico.

Por último, agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar, “Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente”, carrera Agroindustria, por brindarme sus conocimientos para mi vida profesional. También quiero expresar mi sincero agradecimiento a los docentes que estuvieron pendientes de nuestra labor académica, principalmente al Ing. Favian Bayas, por su paciencia, comprensión y el conocimiento que nos impulsó a lo largo de todo el trayecto. Su orientación constante y sabios consejos fueron fundamentales en cada etapa del proceso. Asimismo, agradezco a nuestros pares de tesis, Ing. Alim. Patricia Iza y el Ing. Marcelo García, por sus sugerencias y conocimientos brindados.

Con mucho Afecto

Mishel Rosalía Patin Baez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVIII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
CAPÍTULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.2.1. Situación del problema	4
1.2.2. Formulación del problema	4
1.2.3. Sistematización del problema	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. HIPÓTESIS	6
1.4.1. Hipótesis nula (H_0)	6
1.4.2. Hipótesis alterna (H_a)	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Germinación	7
2.1.1. Etapas de la germinación	7
	X

2.1.2. Importancia de la germinación	8
2.1.3. Propiedades físicas y químicas de la germinación	8
2.2. Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	9
2.2.1. Origen de la cebada	10
2.2.2. Descripción taxonómica de la cebada	10
2.2.3. Condiciones climáticas	11
2.2.4. Clasificación de la cebada	11
2.3. Características de la cebada	12
2.3.1. Composición química de la cebada	12
2.3.2. Composición química nutricional de la cebada	13
2.3.3. Beneficios de la cebada	14
2.3.4. Producción de la cebada en el mundo	14
2.3.5. Producción de la cebada en el Ecuador	15
2.3.6. Producción de cebada en Bolívar	15
2.4. Uso agroindustrial de la cebada	16
2.5. Máchica	17
2.5.1. Origen de la máchica	17
2.5.2. Proceso de obtención de la máchica	18
2.5.3. Composición química de la máchica	18
2.5.4. Composición nutricional de la máchica	19
2.5.5. Beneficios de la máchica	19
2.5.6. Aplicación de la máchica en la agroindustria	19
2.6. Liofilización	20
2.6.1. Origen del proceso de liofilización	21
2.6.2. Etapas de la liofilización	21
2.6.3. Características de la liofilización	23

2.6.4. Tipos de liofilización	23
2.6.5. Elementos de un equipo de liofilización	25
2.7. Aplicación de la liofilización	26
2.7.1. Importancia de la liofilización	26
2.7.2. Equipos de liofilización	27
2.7.3. Secado convencional y liofilización	28
2.8. Bebida instantánea	29
2.8.1. Beneficios de la bebida instantánea	29
2.8.2. Bebida de máchica	30
CAPÍTULO III	31
3. MARCO METODOLÓGICO	31
3.1. Ubicación de la investigación	31
3.1.1. Localización de la investigación	31
3.1.2. Situación geográfica y climática de la localidad	31
3.1.3. Zona de vida	32
3.2. Metodología	32
3.2.1. Material en estudio	32
3.2.2. Factores en estudio para la bebida instantánea	34
3.2.3. Tratamientos	34
3.2.4. Características del experimento	35
3.2.5. Variable respuesta	35
3.2.6. Tipo de diseño experimental	35
3.3. Manejo de la investigación	37
3.3.1. Obtención del germinado	37
3.3.2. Proceso de secado	38

3.3.3. Análisis fisicoquímico de la materia prima (cebada germinada y sin germinar)	38
3.3.4. Proceso de elaboración de la bebida de máchica	39
3.3.5. Diagrama de flujo de la elaboración de la bebida de máchica	41
3.3.6. Proceso de liofilización de la bebida de máchica	42
3.4. Análisis sensorial	42
3.5. Análisis de proteína	43
3.6. Análisis estadístico	43
3.7. Determinación bromatológica y microbiológica del mejor tratamiento de la máchica liofilizada	43
3.7.1. Análisis bromatológico de la máchica liofilizada	43
3.7.2. Análisis microbiológico	44
CAPÍTULO IV	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. Condiciones de la germinación de cebada en base a la proteína	45
4.2. Análisis fisicoquímico de la harina de cebada germinada y sin germinar	49
4.3. Obtención de la bebida liofilizada de máchica	50
4.3.1. Liofilización de la bebida de máchica	51
4.3.2. Análisis de proteína de todos los tratamientos de la máchica liofilizada	52
4.4. Análisis sensorial de la bebida liofilizada	54
4.4.1. Atributo color	54
4.4.2. Atributo olor	55
4.4.3. Atributo sabor	56
4.4.4. Atributo fluidez	57
4.4.5. Atributo aceptabilidad	59

4.5. Determinación bromatológica y microbiológica de la bebida de máchica liofilizada del tratamiento óptimo	60
4.5.1. Análisis bromatológico de la bebida de máchica liofilizada	60
4.5.2. Análisis microbiológico de la bebida de máchica liofilizada	62
CAPÍTULO V	63
5.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	63
5.1.1. Hipótesis nula (H_0)	63
5.1.2. Hipótesis alterna (H_a)	63
5.1.3. Verificación de hipótesis	63
5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.2.1. Conclusiones	65
5.2.2. Recomendaciones	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

N.º Tabla	Página
1. Clasificación taxonomica de la cebada	10
2. Composición química de la cebada en dos etapas	13
3. Países con más producción de cebada en el mundo	14
4. Composición química de la harina de cebada (máchica)	18
5. Partes del equipo de liofilización	25
6. Diferencias entre el secado convencional y la liofilización	28
7. Localización de la investigación	31
8. Aspectos generales del territorio	31
9. Equipos utilizados en la experimentación	33
10. Factores de estudio para la investigación	34
11. Tratamientos de estudio	34
12. Características de la experimentación	35
13. Variables respuestas	35
14. Modelo ANOVA para el diseño experimental AxB	36
15. Parámetros del análisis fisicoquímico de la cebada	39
16. Parámetros del análisis bromatológico para la máchica liofilizada	43
17. Parámetros utilizados en la germinación	45
18. Análisis de proteína de los tratamientos de la harina de cebada germinada y harina de cebada sin germinar	46
19. Análisis de varianza del porcentaje de proteína de los tratamientos	46
20. Prueba de rangos múltiples para el porcentaje de proteína	47
21. Valores del análisis físico-químico de la harina de cebada	49
22. Parámetros de la obtención de la harina de cebada germinada	50
23. Parámetros de la liofilización de la bebida de máchica	51

24. Parámetros de la liofilización de la bebida de máchica	51
25. Análisis de varianza del porcentaje de proteína de los tratamientos	52
26. Prueba de rangos múltiples para el porcentaje de proteína	53
27. Anova del atributo color	54
28. Pruebas de rangos ordenados LSD para color	55
29. Anova del atributo olor	55
30. Pruebas de rangos ordenados LSD para olor	56
31. Anova del atributo sabor	56
32. Pruebas de rangos ordenados LSD para sabor	57
33. Anova del atributo fluidez	57
34. Pruebas de rangos ordenados LSD para fluidez	58
35. Anova del atributo aceptabilidad	59
36. Pruebas de rangos ordenados LSD para aceptabilidad	59
37. Resultados obtenidos del análisis bromatológico de la bebida del T5	60
38. Resultados obtenidos del análisis microbiológico de la bebida del T5	62
39. Comparación de los valores F calculado con F de tablas en el % de proteína de la harina de cebada germinada	63
40. Comparación de los valores F calculado con F de tablas en el análisis sensorial	64

ÍNDICE DE FIGURAS

N.º Figura	Página
1. Granos de cebada	9
2. Harina de cebada (máchica)	17
3. Alimentos liofilizados	20
4. Proceso de liofilización	22
5. Esquema de un equipo de liofilización	26
6. Liofilizador industrial por radiación	28
7. Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida de máchica	41
8. Medias de los tratamientos en el porcentaje de proteína	48
9. Medias de los tratamientos en el porcentaje de proteína	53

ÍNDICE DE ANEXOS

N.º Anexo	Página
Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación	80
Anexo 2. Ficha de evaluación sensorial	81
Anexo 3. Análisis fisicoquímico de las materias primas (harina de cebada germinada y no germinada)	82
Anexo 4. Análisis de proteína de todos los tratamientos de la harina germinada	84
Anexo 5. Análisis de proteína de todos los tratamientos de la bebida liofilizada	86
Anexo 6. Parámetros de liofilización de la colada de máchica	88
Anexo 7. Análisis bromatológico de la bebida de máchica liofilizada	89
Anexo 8. Análisis microbiológico de la bebida de máchica liofilizada	90
Anexo 9. Fotografías del proceso de germinación de la cebada	91
Anexo 10. Fotografías de los análisis fisicoquímicos de la materia prima	91
Anexo 11. Elaboración de la bebida de máchica	92
Anexo 12. Proceso de liofilización de la bebida de máchica	93
Anexo 13. Pruebas sensoriales de la bebida de máchica liofilizada	93
Anexo 14. Análisis microbiológico de la bebida de máchica liofilizada	94
GLOSARIO	95

RESUMEN

El propósito principal de la investigación fue determinar los parámetros de germinación en la obtención de una bebida instantánea a base de harina de cebada (*Hordeum vulgare*) tostada. El estudio se llevó a cabo en los laboratorios del Vicerrectorado Investigación y Vinculación y el Complejo Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar. Se optó por un enfoque experimental basado en germinados de cebada, utilizando un diseño de arreglo factorial AxB. Los factores estudiados fueron el tiempo de germinación (3, 4 y 5 días) y la temperatura en la cámara de germinación (15 y 20°C), resultando en 6 tratamientos. Se realizó la germinación de cebada y se evaluó el contenido de proteína antes y después del proceso. La cebada germinada mostró un promedio de proteína del 10,72% en todos los tratamientos, mientras que la cebada sin germinar tenía un 7,18%. Luego, los germinados se secaron y tostaron para elaborar la bebida de máchica, añadiendo agua, canela, panela y leche. Esta mezcla se liofilizó a -56°C y 0,03 milibares de presión durante 96 horas, obteniendo un rendimiento del 33,33%, resultando en una bebida instantánea. El análisis del contenido de proteína mostró un promedio del 7,54% en la bebida de máchica liofilizada a partir de cebada germinada, mientras que la bebida liofilizada elaborada con cebada sin germinar presentó un 6,19%. Un análisis sensorial reveló que el tratamiento T5 (5 días de germinación a 15°C) fue el más aceptado, con una calificación promedio de 4,50 en color, fluidez y aceptabilidad, categorizado como "Muy bueno" con tendencia a "Excelente". Finalmente, el análisis bromatológico del tratamiento con mayor aceptación sensorial en la bebida liofilizada de cebada germinada reveló un contenido superior en humedad (5,63%), carbohidratos (80,29%), proteína (7,73%) y calorías (357,37 kcal), y un contenido menor en fibra (4,58%), ceniza (1,29%) y grasa (0,78%) en comparación con la bebida liofilizada elaborada a partir de cebada sin germinar.

Palabras claves: Cebada germinada, máchica, bebida instantánea, liofilización.

ABSTRACT

The main purpose of the research was to determine the germination parameters for obtaining an instant beverage based on roasted barley flour (*Hordeum vulgare*). The study was carried out in the laboratories of the Vice Rectorate for Research and Liaison and the Agroindustrial Complex of the State University of Bolivar. An experimental approach based on barley sprouts was chosen, using an AxB factorial arrangement design. The factors studied were germination time (3, 4 and 5 days) and temperature in the germination chamber (15 and 20°C), resulting in 6 treatments. Germination of barley was carried out and the protein content was evaluated before and after the process. Germinated barley showed an average protein content of 10,72% in all treatments, while ungerminated barley had 7,18%. The germinated barley was then dried and roasted to make the maize drink, adding water, cinnamon, panela and milk. This mixture was freeze-dried at -56°C and 0,03 millibars of pressure for 96 hours, obtaining a yield of 33,33%, resulting in an instant beverage. Protein content analysis showed an average of 7,54% in the freeze-dried maize beverage made from germinated barley, while the freeze-dried beverage made from ungerminated barley showed 6,19%. A sensory analysis revealed that the T5 treatment (5 days of germination at 15°C) was the most acceptable, with an average rating of 4,50 for color, fluidity and acceptability, categorized as “Very good” with a tendency to “Excellent”. Finally, the bromatological analysis of the treatment with the highest sensory acceptability in the freeze-dried beverage made from germinated barley revealed a higher content in moisture (5,63%), carbohydrates (80,29%), protein (7,73%) and calories (357,37 kcal), and a lower content in fiber (4,58%), ash (1,29%) and fat (0,78%) compared to the freeze-dried beverage made from ungerminated barley.

Key words: Germinated barley, máchica, instant drink, freeze-drying.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare*) es un grano fundamental en la agricultura y la alimentación humana desde hace miles de años. Pertenece a la familia de las gramíneas y es considerada uno de los cereales más antiguos cultivados por el ser humano. Debido a su notable capacidad de adaptación a condiciones climáticas extremas, se encuentra ampliamente dispersa por todo el mundo, desde áreas subtropicales hasta regiones de clima frío (Mariño, 2020). Es utilizada como alimento tanto para humanos como para animales. Dentro de la industria alimentaria se utiliza en la elaboración de alimentos como sopas, guisos, panes y cerveza (Coque, 2020).

En cuanto a su valor nutricional, la cebada es una fuente de carbohidratos, proteínas y fibra, la cebada es conocida por su contenido de vitaminas y minerales, como vitamina E, vitamina B, magnesio, fósforo y zinc (León, 2019). También contiene compuestos bioactivos, como los beta-glucanos, que se han asociado con beneficios para la salud, como la reducción del colesterol y el control de la glucosa en sangre (Vanegas & Vera, 2019). Estas propiedades la convierten en un cereal versátil que se transforma en productos como malta para cerveza y whisky, harina para panificación y fibra para suplementos dietéticos. También se utiliza en forraje y piensos para animales, extractos cosméticos, y bioetanol como biocombustible. El bagazo de cebada sirve como alimento para animales o fertilizante, y de él se extraen proteínas y almidón para la industria alimentaria (Gauss, 2024).

En el Ecuador una de las transformaciones que se le da a la cebada es la máchica, que es una harina tradicional originaria de la región andina de América del Sur, especialmente en países como Bolivia, Perú y Ecuador. La máchica se obtiene mediante el proceso de tostado y molienda de los granos de cereales, lo que le confiere un sabor característico y una textura ligeramente arenosa (Vega, 2021). Para la obtención de la bebida de máchica esta harina se mezcla con agua caliente y se endulza con azúcar o miel, esta bebida se consume tanto fría como caliente, dependiendo de las preferencias individuales (Bajaña & Jara, 2019). Es una bebida

reconfortante y energizante, a menudo considerada como una alternativa saludable a otras bebidas calientes o refrescos, ya que contiene propiedades nutritivas debido a los nutrientes presentes en la cebada, como carbohidratos, proteínas y fibra (Alpusig, 2020).

La liofilización es un proceso de conservación y deshidratación que utiliza la sublimación para eliminar la cantidad de agua de materiales sensibles al calor y humedad. En primer lugar, el material se congela a temperaturas muy bajas para preservar su estructura (Kommineni et al., 2022). Luego, se coloca en una cámara de vacío donde se aplica calor, permitiendo que el agua congelada pase directamente al estado gaseoso sin pasar por el líquido. Después de la sublimación, el material liofilizado se sella herméticamente en un envase para mantener su integridad (Dziki, 2020).

Este proceso es ampliamente utilizado en diferentes industrias, como la alimentaria, farmacéutica y cosmética, debido a sus ventajas en la conservación de las propiedades y características de los productos (Hipo, 2021). Al eliminar el agua, se evita la proliferación de microorganismos y la oxidación, lo que contribuye a la prolongación de la vida útil de los alimentos y otros productos sensibles. La liofilización es especialmente útil en la conservación de alimentos delicados y se utiliza en la producción de medicamentos y productos químicos sensibles al calor (Guerra, 2021).

Este estudio se centra en la evaluación de la factibilidad técnica de la liofilización como método de producción de una bebida de cebada instantánea (máchica). Se investigará el proceso de germinación, sus ventajas y desventajas, y se comparará con otros métodos de producción de bebida de cebada. Además, se evaluará la calidad del producto final obtenido mediante la liofilización, incluyendo su sabor, textura, aroma y valor nutricional. Este estudio tiene como objetivo determinar si la liofilización es un método viable para la producción de la bebida de cebada instantánea (máchica), y si puede ser una alternativa más eficiente y económica que otros métodos tradicionales de producción.

1.2. PROBLEMA

La harina de cebada es conocida por su valor nutricional, ya que contiene carbohidratos, proteínas y fibra. Es apreciada por ser una fuente de energía y también por su digestibilidad. Además, puede ser utilizada como ingrediente en diversas recetas, como panes, galletas, sopas, postres y bebidas (Alpusig, 2020). La bebida instantánea a base de cebada (máchica) está dirigida a consumidores que valoran la comodidad, la portabilidad y la durabilidad. Esto incluye aventureros al aire libre, deportistas, profesionales ocupados, padres, aficionados a la salud, exploradores culinarios y profesionales de la salud. Estos productos son ideales para viajes, situaciones de emergencia, alimentación saludable, y opciones gourmet, ya que ofrecen alimentos ligeros, listos para comer y con nutrientes preservados a través de la liofilización (Guerra, 2021).

La liofilización es un proceso de conservación que utiliza la congelación y la sublimación para eliminar el agua de los productos (Alpusig, 2020). Para optimizar el tiempo de liofilización, es esencial preparar adecuadamente los productos, congelarlos previamente, controlar la temperatura y presión de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, asegurarse de un espaciado uniforme en las bandejas, monitorear constantemente el proceso, ajustar el tiempo según pruebas previas, sellar herméticamente los productos al finalizar y almacenarlos en un lugar fresco y seco (Eguilas & Luna, 2020).

Actualmente hay una preocupación creciente por consumir alimentos saludables y nutritivos, y la máchica es un alimento tradicional andino con propiedades nutricionales y funcionales. Sin embargo, la preparación de la máchica es un proceso largo y complejo, lo que limita su consumo y distribución. Para solucionar esto, se propone un estudio que determine la viabilidad técnica de utilizar la liofilización, con el fin de obtener una bebida de cebada (máchica) instantánea y mejorar su disponibilidad para el consumo.

1.2.1. Situación del problema

Es importante mencionar que existe escasa información científica acerca del proceso de liofilización en la obtención de una bebida de máchica instantánea que proporcione nutrientes como fibra, energía, calorías, carbohidratos, vitaminas y minerales.

1.2.2. Formulación del problema

En base a lo mencionado, la presente investigación se orienta a la obtención de una bebida instantánea a base de harina de cebada germinada tostada y cebada tostada, por lo cual se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto que tiene la técnica de liofilización en la obtención de una bebida de cebada (máchica) instantánea?

1.2.3. Sistematización del problema

¿Cuál es el proceso de germinación de la cebada?

¿Cuál es la composición fisicoquímica que presenta la cebada germinada tostada y la cebada tostada?

¿Cómo se emplea la técnica de liofilización en la bebida de máchica instantánea?

¿Qué tratamiento será el óptimo tras realizar el análisis sensorial?

¿Qué características bromatológicas y microbiológicas presenta la bebida instantánea de máchica?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Determinar los parámetros de germinación en la obtención de una bebida instantánea a base de harina de cebada (*Hordeum vulgare*) tostada.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el proceso de germinación de la cebada.
- Determinar los análisis fisicoquímicos de la cebada germinada tostada y de cebada sin germinar tostada.
- Efectuar el proceso de liofilización para la bebida de cebada (máchica) instantánea.
- Establecer el mejor tratamiento de la bebida instantánea mediante pruebas sensoriales.
- Evaluar la calidad del producto mediante un análisis bromatológico y microbiológico del mejor tratamiento.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis nula (H_0)

H_0 : El proceso de germinación no influye en las características físico-químicas y sensoriales de la bebida instantánea.

$$H_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_n$$

1.4.2. Hipótesis alterna (H_a)

H_a : El proceso de germinación influye en las características físico-químicas y sensoriales de la bebida instantánea.

$$H_a = T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_n$$

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Germinación

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se transforma en una planta. Durante este ciclo, la semilla absorbe agua y nutrientes de su entorno, lo que activa su metabolismo y desencadena una serie de modificaciones internas. Estas modificaciones facilitan el crecimiento de la semilla, permitiendo que desarrolle raíces y brotes, hasta convertirse en una plántula que, con el tiempo, podrá crecer y evolucionar en una planta adulta (Pérez, 2021).

2.1.1. Etapas de la germinación

Este proceso es fundamental en el ciclo de vida de las plantas. Según Chamba & Ochoa (2021), la germinación es clave para la propagación y renovación de las poblaciones vegetales. Por lo general, el proceso de germinación incluye las siguientes etapas:

- **Absorción de agua:** La semilla toma agua a través de su capa protectora, lo que activa las enzimas internas y provoca reacciones químicas dentro de ella.
- **Hinchazón y ruptura de la cubierta:** A medida que la semilla absorbe agua, se expande y ejerce presión sobre su cubierta externa, lo que puede llevar a su ruptura o al quiebre del tegumento.
- **Activación de enzimas:** Las enzimas internas se ponen en marcha y comienzan a descomponer los nutrientes almacenados en la semilla, transformándolos en formas más simples que la plántula en desarrollo puede absorber y utilizar.
- **Desarrollo de la radícula:** La primera parte visible del embrión que emerge es la radícula, que se convertirá en la raíz principal de la planta.
- **Desarrollo del epicótilo y la plúmula:** El epicótilo es la parte de la plántula que crece por encima del suelo, mientras que la plúmula es la estructura que dará lugar a las hojas y tallos de la planta.

- **Crecimiento y desarrollo continuo:** A medida que la plántula sigue desarrollándose, formará raíces más extensas, hojas verdaderas, y eventualmente se transformará en una planta madura, capaz de realizar la fotosíntesis y reproducirse.

2.1.2. Importancia de la germinación

La germinación es un proceso fundamental en el ciclo de las plantas, ya que permite que las semillas se desarrollen en plántulas y, eventualmente, en plantas adultas. Este fenómeno es clave para la regeneración de las poblaciones vegetales, la producción de alimentos que sostienen la nutrición humana, la mejora de la biodiversidad, la restauración de entornos naturales, y el mantenimiento de la estabilidad de los ecosistemas al reciclar nutrientes y ofrecer refugios para diversas especies (Ponce et al. 2020).

2.1.3. Propiedades físicas y químicas de la germinación

Aunque la germinación es esencialmente un proceso biológico, también intervienen diversas propiedades físico-químicas. Algunas de estas propiedades son:

- **Cambio en la composición química:** Al hidratarse y comenzar su desarrollo, la semilla experimenta alteraciones en la composición de las moléculas almacenadas, como almidones, proteínas y lípidos.
- **Activación de enzimas:** Durante la germinación, se activan enzimas que catalizan las reacciones bioquímicas necesarias para descomponer los nutrientes almacenados, transformándolos en compuestos más simples y solubles que la plántula puede utilizar.
- **Cambios en la estructura celular:** A medida que la plántula crece, las células de la semilla se dividen y expanden, permitiendo la formación de nuevos tejidos y órganos, como raíces, tallos y hojas.
- **Producción de hormonas vegetales:** Durante este proceso, se producen hormonas vegetales, como la auxina y la giberelina, que regulan el crecimiento y desarrollo de la plántula, incluidas la elongación de las raíces y los brotes.

- **Respiración y consumo de oxígeno:** Conforme avanza la germinación, se lleva a cabo la respiración celular, lo que implica la absorción de oxígeno y la liberación de dióxido de carbono, un proceso crucial para la producción de energía.
- **Producción de metabolitos secundarios:** Algunas semillas sintetizan metabolitos secundarios, como antioxidantes y compuestos defensivos, durante la germinación, lo que ayuda a proteger a la plántula del estrés oxidativo y los patógenos.

2.2. Cebada (*Hordeum vulgare*)

La cebada (*Hordeum vulgare*) es un grano anual que forma parte de la familia de las poáceas (gramíneas). Según Gadissa et al. (2021), este cereal es conocido por su notable capacidad de adaptarse a diversas condiciones climáticas extremas, lo que le otorga el nombre de "hierba de cereal". Vivar (2021) señala que la cebada está ampliamente distribuida en todo el mundo, desde zonas subtropicales hasta regiones frías, debido a su gran adaptabilidad agroecológica. En regiones templadas, se cultiva como una gramínea de verano, mientras que en los trópicos se produce como gramínea de invierno.

Figura 1

Granos de cebada



Nota. La figura indica la forma del grano de cebada. Tomado de *El popular (cebada)*, por (Pérez, 2021).

La cebada es uno de los cultivos más antiguos y populares, ocupando el cuarto lugar entre los cereales más cultivados a nivel mundial en términos de superficie y cantidad cosechada. Su principal uso es en la alimentación animal y humana,

además de ser un ingrediente clave en la producción de malta para la industria cervecera (Wu et al., 2022).

2.2.1. Origen de la cebada

La cebada es uno de los cultivos más antiguos, con una notable diversidad genética y una amplia variedad de accesiones en todo el mundo. Se cree que se originó hace unos 10,000 años a partir de dos tipos de cebada silvestre en Oriente Próximo. Su capacidad para adaptarse a diversas condiciones ambientales le proporciona una rica reserva de germoplasma, que puede utilizarse para crear variedades adaptadas a diferentes entornos (Mohammadi et al., 2020).

La cebada es probablemente el cultivo más antiguo, dado su extenso desarrollo y difusión desde varios centros de origen, lo que ha generado una notable amplitud ecológica. Este cereal puede crecer tanto en el Círculo Polar Ártico en Finlandia como en las regiones tropicales de la India a una altitud de 500 m.s.n.m., así como en los Andes ecuatorianos a altitudes superiores a los 3000 m.s.n.m (Ponce et al., 2020).

2.2.2. Descripción taxonómica de la cebada

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la cebada

Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Especie	<i>vulgare</i> L
Nombre científico	<i>Hordeum vulgare</i>

Nota. La tabla describe la taxonomía de la cebada, indicando su nombre científico y reino. Tomado de REPOSITORIO DIGITAL UTA, modificado y adaptado por (Chugcho, 2023).

2.2.3. Condiciones climáticas

En Ecuador, las áreas ideales para el cultivo de cebada se encuentran a altitudes que varían entre 2,400 y 3,300 metros sobre el nivel del mar. También se necesita un rango de precipitaciones que va de 400 a 600 mm a lo largo del ciclo de cultivo. Respecto a los suelos, los más apropiados son aquellos con características franco arenosas, que tengan un buen drenaje y un pH que fluctúe entre 6.5 y 7.5 (González, 2022).

La cebada es uno de los cereales que presenta una excelente adaptación a las elevadas latitudes. Para iniciar su germinación, necesita una temperatura mínima de 6 °C y suele comenzar a florecer a 16 °C, alcanzando la madurez a 20 °C. Además, puede tolerar bajas temperaturas, llegando a resistir hasta -10 °C (Chamba & Ochoa, 2021).

2.2.4. Clasificación de la cebada

La diversidad de los distintos tipos de cebada resulta de una combinación de factores intrínsecos y extrínsecos que los influyen, según el manual Nro. 116 de cebada elaborado por el INIAP:

2.2.4.1. Cebada por número de hileras

La cebada se clasifica en dos variedades principales: la cebada de dos hileras y la cebada de seis hileras, las cuales se diferencian por sus características intrínsecas. Esta diferenciación se basa en el desarrollo de los tripletes, que son grupos de tres espiguillas de flores ubicadas en cada nodo del raquis. En la cebada de dos hileras, las espiguillas laterales son pedunculadas y pueden ser estériles, mientras que en la cebada de seis hileras, estas espiguillas laterales suelen ser fértiles (González, 2022).

2.2.4.2. Cebada de invierno y primavera

Los cultivos de cebada de invierno requieren temperaturas frías para su crecimiento y suelen ser cultivados en países con cuatro estaciones. En cambio, los cultivos de cebada de primavera no necesitan vernalización y se siembran en países con dos estaciones, como Ecuador.

2.2.4.3. Cebada de semillas no cubiertas o desnudas

La cebada se caracteriza por tener una cubierta en sus semillas que se adhiere a la gluma. No obstante, algunas variedades presentan semillas desnudas como resultado de un alelo recesivo. Este tipo de grano desnudo es una característica recesiva en comparación con el grano cubierto y proviene de una especie silvestre (Ponce et al. 2020).

2.3. Características de la cebada

Este grano tiene un alto contenido de almidón y proteínas. Está compuesto por tres partes: el germen, el endospermo (que incluye la aleurona y el endospermo almidonado) y está protegido por una cubierta que consiste en la envoltura de la semilla, que resguarda al pericarpio, y la cáscara, que ofrece una protección externa al grano (Ponce et al., 2020). La cáscara está formada por paredes lignocelulósicas, proteínas, resinas y taninos, actuando como una membrana semipermeable que delimita la sección interior del núcleo de la exterior (Aga & Rodríguez, 2021).

Hordeum vulgare es una planta anual que presenta tallos erectos y un número reducido de hojas alternas. Se clasifica en dos variedades según el número de filas de flores en su espiga: la variedad de seis hileras y la variedad de dos hileras (Wu et al., 2022). La cebada de seis hileras es más adecuada para la alimentación animal debido a su mayor contenido de proteínas, mientras que la de dos hileras se utiliza principalmente para la producción de malta, ya que tiene un mayor contenido de azúcar. Además de su uso en diversos alimentos, la cebada también se cultiva como forraje para animales y como fuente de malta para bebidas alcohólicas, especialmente cerveza (Britannica, 2023).

2.3.1. Composición química de la cebada

La calidad y composición química de los granos de cebada, según Panizo et al. (2020), pueden estar influenciadas por diversos factores, incluidos las características genéticas, los tratamientos específicos, las condiciones ambientales y las técnicas agrícolas utilizadas.

Tabla 2*Composicion quimica de la cebada en dos etapas*

Composición química (%)	Cebada cubierta	Cebada desnuda
Almidón	57,70	60,72
Proteína	12,23	15,10
Grasa	2,50	2,74
Azúcares	1,20	1,55
Cenizas	2,11	1,60
Fibra alimentaria	20,64	16,66
β-glucano	4,80	5,77

Nota. La tabla representa los valores de la composición química de la cebada cubierta, y la cebada desnuda. Tomado de *MDPI Plants*, por (Lukinac & Jukić, 2022).

2.3.2. Composición química nutricional de la cebada

La cebada es un cereal altamente nutritivo, rico en carbohidratos complejos, proteínas, vitaminas y minerales. La composición nutricional de la cebada puede variar dependiendo del tipo de cebada y del procesamiento al que se someta. A continuación, se presentan los principales nutrientes que se encuentran en la cebada, según Geng et al. (2022):

- **Carbohidratos:** La cebada es rica en carbohidratos complejos, especialmente en forma de almidón.
- **Proteínas:** Este cereal es una excelente fuente de proteínas, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales.
- **Fibra:** La cebada aporta tanto fibra soluble como insoluble, lo que la convierte en un alimento beneficioso para la salud digestiva.
- **Vitaminas:** Es rica en vitaminas del complejo B, incluyendo tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), ácido pantoténico (B5), piridoxina (B6) y ácido fólico (B9), así como en vitamina E y vitamina K.
- **Minerales:** La cebada proporciona minerales esenciales como hierro, calcio, fósforo, magnesio, potasio y zinc.

- **Compuestos bioactivos:** Además, contiene compuestos bioactivos como los beta-glucanos, que están relacionados con beneficios para la salud cardiovascular y la regulación de los niveles de glucosa en sangre.

2.3.3. Beneficios de la cebada

La cebada es un cereal nutritivo que contiene una variedad de componentes como vitaminas, minerales, flavonoides, aminoácidos y otros compuestos bioactivos. Estos nutrientes son considerados responsables de los beneficios que la cebada puede ofrecer para la salud, tales como su capacidad antioxidante, sus propiedades antidepresivas y anticancerígenas, además de su potencial para prevenir y tratar enfermedades como la diabetes y la obesidad (Han et al., 2021). Cabe destacar que, según Choi et al. (2019), se ha comprobado que la cebada posee propiedades protectoras contra la enfermedad de hígado graso alcohólico y la neuro inflamación, al inhibir las respuestas inflamatorias en el hígado y el cerebro, respectivamente.

2.3.4. Producción de la cebada en el mundo

La producción mundial de cebada es crucial para varias industrias y mercados globales. Su gestión y desarrollo continúan siendo un área de interés para asegurar la seguridad alimentaria y económica en muchas regiones del mundo.

Tabla 3

Países con más producción de cebada en el mundo

Países	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Unión Europea	60.609	62.095	59.978	59.064	57.250
Rusia	20.026	17.083	17.547	20.183	16.500
Canadá	7.117	8.257	8.839	7.900	8.800
Australia	8.646	8.993	13.506	8.900	7.800
Ucrania	9.450	8.751	9.874	8.695	7.600
Turquía	4.000	7.400	4.750	6.400	7.400
Kazajistán	2.412	2.675	3.231	3.305	4.200
Argentina	2.900	4.940	3.300	3.740	4.000

EE.UU	3.953	4.750	4.353	3.090	3.333
Irán	3.200	3.200	3.000	3.100	3.100
Marruecos	1.638	3.400	620	2.000	2.500
Etiopia	1.953	2.047	2.025	2.100	2.170
China	1.810	1.870	1.752	1.800	1.850
India	1.831	1.613	1.440	1.750	1.770
Bielorrusia	1.988	1.849	1.253	1.420	1.700
Argelia	1.300	1.300	1.00	968	1.400
Otros	9.151	9.552	10.699	9.856	9.881
Total,	141.984	149.775	147.167	144.271	147.254
mundial					

Nota. Se muestra la producción mundial de la cebada en miles de toneladas. Tomado de *United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service*, por (USDA, 2023).

2.3.5. Producción de la cebada en el Ecuador

En Ecuador, la cebada es uno de los cultivos más importantes, situándose como el tercer cereal más cultivado después del maíz y el arroz. Este cultivo prospera a altitudes entre los 2.000 y 3.500 metros sobre el nivel del mar (Ponce et al., 2021). El país consume aproximadamente 18.733 hectáreas de cebada, mientras que la superficie total dedicada a su cultivo abarca 48.874 hectáreas, distribuidas principalmente en provincias de la sierra como Chimborazo (3.325 ha), Pichincha (2.304 ha), Carchi (1.392 ha), Tungurahua (1.206 ha), Cotopaxi (1.105 ha), Imbabura (777 ha), Azuay (49 ha), Cañar (37 ha) y Loja (7 ha) (Mesías & Yáñez, 2022).

2.3.6. Producción de cebada en Bolívar

En el año 2020, la provincia de Bolívar cultivó aproximadamente 1.408 hectáreas de cebada, de las cuales se cosecharon 1.355 hectáreas, alcanzando una producción total de 1.127 toneladas métricas, con un rendimiento promedio de 0,83 toneladas por hectárea (ESPAC, 2020).

2.4. Uso agroindustrial de la cebada

Lukinac & Jukić (2022) señalan que la cebada se presenta en diversas formas, como cebada perlada, entera, en copos o molida, y se emplea en una amplia variedad de productos alimenticios, incluidos cereales para el desayuno, guisos, sopas, papillas, mezclas de harina para pan, así como en la elaboración de alimentos infantiles.

La cebada es una planta sumamente versátil, y sus distintas partes se emplean en una amplia gama de productos y aplicaciones. A continuación, se describen algunas de las principales utilidades, según Chamba & Ochoa (2021):

- **Paja y heno:** La paja y el heno de cebada se emplean como forraje para animales, siendo especialmente útiles en la alimentación de ganado vacuno y ovino.
- **Grano:** El grano de cebada es un componente clave en la elaboración de diversos alimentos tanto para humanos como para animales. Su alto valor nutritivo lo convierte en un ingrediente fundamental en la producción de alimentos balanceados para animales.
- **Harinas y alimentos integrales:** La cebada, mezclada con otros cereales, se utiliza en la fabricación de harinas y productos integrales, ofreciendo una alternativa saludable frente a los alimentos refinados.
- **Malta:** Uno de los usos más importantes de la cebada a nivel global es la producción de malta, la cual se utiliza como base en la elaboración de cervezas. La malta se obtiene a partir de granos de cebada germinados, que luego son secados y tostados.

En Ecuador, la cebada se destina principalmente a la alimentación humana, presentándose en productos como la máchica (harina de cebada tostada) y el arroz de cebada (cebada perlada partida). Estos productos son muy solicitados y constituyen el 88,3% del consumo total de grano de cebada en el país. Actualmente, la mayor parte de la cebada destinada a la alimentación se procesa como cebada perlada o harina (Ponce et al., 2020).

2.5. Máchica

La máchica es un cereal tradicional de la zona andina, que se elabora a partir de cebada a través de un proceso de postcosecha que abarca la producción, el tostado y el molido de los granos. La harina resultante es muy fina y presenta una composición equilibrada de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Este producto puede ser consumido en su forma cruda, hervida o asada, y se considera una fuente ideal de carbohidratos para el desayuno. Su vida útil máxima es de seis meses desde la fecha de envasado (Gordillo & Viteri, 2020).

Figura 2

Harina de cebada (máchica)



Nota. Tomado de (López, 2023).

2.5.1. Origen de la máchica

La máchica, conocida como harina de cebada tostada y derivada de la palabra quechua "mashka," es un alimento tradicional en Ecuador que ha sido parte de la cultura alimentaria a lo largo de generaciones. Es apreciada por su carácter natural y se produce mediante un proceso de molienda y otros métodos de elaboración (Rivas & Yautibug, 2021). La palabra "mashca," que se utiliza para designar a los habitantes de Latacunga, tiene su origen en la década de 1950. Este término fue creado por los comerciantes de San Roque en Quito para referirse a los transportistas de máchica, a quienes denominaron "mashqueros." Con el tiempo, el término se ha convertido en sinónimo de los habitantes de Latacunga y es motivo de orgullo para esta comunidad (Palma, 2022).

La máchica se elabora mediante métodos artesanales y materiales que datan de la década de 1960, cuando alcanzó gran popularidad en Ecuador, especialmente en la costa. La Ruta de la Máchica, en el barrio Brazales de Latacunga, se dedica a su producción y venta artesanal, utilizando un proceso meticuloso para obtener una harina muy fina a partir de cebada molida con un instrumento de madera parecido a una paleta de helado (Alpusig, 2020).

2.5.2. Proceso de obtención de la máchica

El proceso de producción de la máchica inicia con el tostado de los granos de cebada en un tiesto o plato de barro de gran tamaño. Posteriormente, los granos se muelen finamente, generando una harina que presenta características distintivas en términos de color, aroma y textura. Finalmente, esta harina se tamiza para separar el afrecho del producto final (Tayupanda, 2018). La harina de máchica se puede consumir de varias formas, siendo la más popular el "chapo", que se elabora al combinar la harina con agua caliente y azúcar, creando grumos que se disfrutan durante el desayuno. También puede prepararse como una bebida al hervir la harina con anís o canela (Alpusig, 2020).

2.5.3. Composición química de la máchica

Tabla 4

Composición química de la harina de cebada (máchica)

Componente	Contenido
Fibra	11,92 g
Proteínas	9,71 g
Sodio	6,00 mg
Azúcares	0,70 g
Carbohidratos	93,30 g
Calorías	419 kcal
Grasas totales	1,60 g
Grasas saturadas	0,36 g

Nota. La tabla indica el contenido presente en la harina de cebada (máchica). Tomado de REPOSITORIO DIGITAL UTA, por (Vega, 2021).

2.5.4. Composición nutricional de la máchica

La máchica es rica en nutrientes beneficiosos para la salud, destacando su alto contenido de potasio, que ayuda a mantener el equilibrio de líquidos y la temperatura corporal. Su fibra promueve un buen tránsito intestinal y mejora la salud cardiovascular al ser baja en grasas y rica en ácidos grasos saludables. Además, proporciona proteínas, calcio, hierro, yodo, y varias vitaminas (A, B12, C, D, E) y minerales (fósforo, potasio, magnesio), siendo especialmente notable su aporte de fibra (Rivas & Yautibug, 2021).

2.5.5. Beneficios de la máchica

Según Vega (2021), la máchica ofrece numerosos beneficios para el organismo humano gracias a su alto contenido de antioxidantes. Algunos de estos beneficios incluyen:

- Prevención del envejecimiento celular.
- Regulación del equilibrio hídrico en el organismo, lo que ayuda a prevenir la deshidratación y la retención de líquidos.
- Contribución al mantenimiento de un peso corporal adecuado.
- Refuerzo del sistema inmunológico y de la salud cardiovascular.
- Mejora en los procesos digestivos y control de los niveles de glucosa en la sangre.
- Beneficios para la salud del sistema nervioso.
- Prevención del cáncer de colon, gracias a su elevado contenido de fibra.

2.5.6. Aplicación de la máchica en la agroindustria

La máchica es muy apreciada en la agroindustria por su alto valor nutricional y su versatilidad en la cocina. Se utiliza en la elaboración de una variedad de productos, que incluyen panadería, alimentos para bebés, cereales, barras energéticas, helados y pastas. Además, su aplicación está en aumento en la producción de bebidas energéticas y suplementos alimenticios, debido a sus propiedades naturales y saludables (Vega, 2021).

2.6. Liofilización

La liofilización es un proceso que consiste en la sublimación del hielo desde su estado congelado, seguido por la desorción de la humedad en condiciones de vacío. Este método permite obtener productos en forma sólida o seca, que pueden ser almacenados durante períodos prolongados. Esto resulta beneficioso, ya que evita el costoso y extenso proceso de mantenimiento de la cadena de frío que requieren muchos productos biológicos (Kommineni et al., 2022).

Figura 3

Alimentos liofilizados



Nota. Tomado de la página (Marpa Vaccum, 2021).

La liofilización es un proceso que elimina la mayor parte del agua presente en los alimentos mediante sublimación, utilizando liofilizadores industriales o congeladores de laboratorio. La rapidez con la que se congela el producto es un factor determinante, ya que afecta el tamaño de los cristales de hielo, lo que impacta notablemente en el proceso de liofilización. Cristales de hielo más pequeños permiten una sublimación más rápida durante la fase inicial de secado, mientras que el proceso se ralentiza en la fase posterior (Dziki, 2020).

Uscanga et al. (2021) indican en su estudio que la liofilización se distingue por generar alimentos de alta calidad a través de la sublimación de una muestra congelada bajo bajas presiones, evitando la exposición del producto a temperaturas elevadas.

2.6.1. Origen del proceso de liofilización

La liofilización es un proceso altamente eficiente de deshidratación empleado en la industria alimentaria, que tuvo su origen en Europa Occidental y se ha expandido a países como Estados Unidos, Inglaterra, Francia y Japón. Esta técnica se considera la más relevante para el secado de alimentos y ha experimentado un crecimiento acelerado en el siglo XXI. Asimismo, se utiliza de manera extensiva en la producción de alimentos destinados a aplicaciones en operaciones de campo, incluyendo sectores aeroespaciales, navales, militares, de alpinismo y exploración (Liu et al., 2022).

La liofilización fue introducida por Altmann en 1890 con el fin de preparar muestras histológicas. Sin embargo, su implementación industrial comenzó durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se utilizó para la conservación del plasma sanguíneo. En la década de 1940, Flosdorf documentó el primer uso de la liofilización en el procesamiento de alimentos (Rybak et al., 2021).

2.6.2. Etapas de la liofilización

Según Merivaara et al. (2021), el proceso de liofilización se compone de tres etapas fundamentales:

- **Congelación:** Esta etapa solidifica la muestra.
- **Secado primario:** En esta fase se lleva a cabo la sublimación del agua congelada.
- **Secado secundario:** Esta última etapa se encarga de eliminar el agua que no se encuentra en estado congelado.

2.6.2.1. Paso de congelación

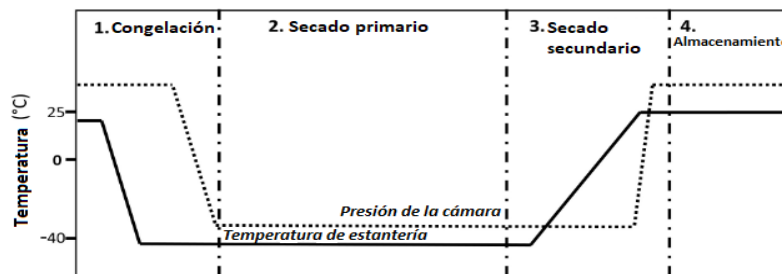
La congelación se realiza al enfriar la solución hasta que se inicia la nucleación del hielo, lo que genera la formación de cristales de hielo a una velocidad controlada. Este proceso puede llevar a la concentración de la solución debido a la congelación (Ward & Matejtschuk, 2021).

Durante la etapa de congelación, la velocidad y el tamaño de los cristales de hielo se ven afectados por el grado de subenfriamiento. Los parámetros clave en este

proceso incluyen la temperatura mínima, la velocidad de congelación y el tiempo de retención. Se selecciona una temperatura que esté por debajo de la transición vítrea de la formulación, y se ajusta la velocidad de congelación para controlar tanto el tamaño de los cristales como la posible degradación de las proteínas. Asimismo, el tiempo de retención debe ser suficiente para permitir un equilibrio térmico adecuado entre los viales y la temperatura de almacenamiento (Butreddy et al., 2020).

Figura 4

Proceso de liofilización



Nota. Tomado de (Merivaara et al., 2021).

2.6.2.2. Secado primario

En la liofilización, el secado primario es una fase fundamental que se encarga de eliminar el agua congelada bajo condiciones específicas de temperatura y presión. Para obtener una torta seca con un aspecto óptimo, se debe mantener una temperatura de almacenamiento ligeramente inferior a la temperatura de colapso de la formulación. Además, se debe elegir una presión en la cámara que corresponda entre el 10 y el 30 % de la presión de vapor del hielo a la temperatura del producto deseado (Butreddy et al., 2020).

2.6.2.3. Secado secundario

Después del secado primario, el producto amorfo puede retener una cantidad considerable de agua residual, que puede oscilar entre el 5% y el 20%, dependiendo de la formulación empleada (Butreddy et al., 2020). Durante la fase de secado secundario, el objetivo es eliminar el agua de la fase del soluto a través de un proceso de desorción, que está principalmente influenciado por la temperatura del producto. Se recomienda realizar una transición gradual entre el secado primario y

el secundario, a una tasa de 0,1 °C/min, para prevenir el colapso del producto amorfo (Kommineni et al., 2022).

2.6.3. Características de la liofilización

Durante las tres etapas del proceso de liofilización, se pueden identificar seis fenómenos físicos fundamentales que influyen de manera significativa en la evolución del proceso, la calidad del producto final y los costos asociados:

- La transformación del agua presente en el producto en hielo.
- La sublimación del hielo en vapor.
- La eliminación de moléculas de agua de la estructura del material.
- La re-sublimación del vapor de agua que se ha eliminado del material en la superficie del condensador.
- La eliminación de la capa de hielo formada en la superficie del condensador (Nowak & Jakubczyk, 2020).

Los alimentos liofilizados exhiben una apariencia seca, brillante y porosa, y al ser rehidratados, conservan en gran medida su forma y textura originales. Además, cuando están debidamente envasados, pueden ser almacenados durante aproximadamente un año sin que se alteren significativamente la mayoría de sus propiedades físicas, químicas, biológicas y sensoriales características de los productos frescos (Hipo, 2021). Además, Park et al. (2021) señalan que la liofilización es una técnica que protege los productos sensibles al calor, ya que elimina la necesidad de exponerlos a altas temperaturas que podrían comprometer su calidad.

2.6.4. Tipos de liofilización

En el sector alimentario, existen tres métodos principales de liofilización utilizados para el secado de productos: (I) liofilización al vacío; (II) liofilización atmosférica; y (III) liofilización por pulverización.

2.6.4.1. Liofilización al vacío

Desde la década de 1960, la liofilización ha sido ampliamente adoptada en la industria alimentaria para deshidratar productos de alto valor, como frutas,

verduras, café, leche y carne. Esta técnica se considera la más eficaz para obtener alimentos deshidratados de alta calidad, ya que conserva la textura, el sabor, la capacidad de rehidratación y el perfil nutricional del producto. Al combinar congelación y secado al vacío, se optimiza la sublimación del agua y se mantiene la estructura interna de las partículas. Es un método utilizado a nivel global en la producción de alimentos de alto valor (Waghmare et al., 2021).

2.6.4.2. Liofilización atmosférica

La liofilización atmosférica (AFD) se presenta como una alternativa a la liofilización convencional, permitiendo la sublimación del hielo a presión atmosférica. Esta técnica utiliza la diferencia en la presión de vapor del agua entre la zona congelada y el entorno gaseoso para facilitar el proceso de sublimación (Nakagawa et al., 2021).

Según Merone et al. (2020), una instalación típica de liofilización atmosférica (AFD) se compone de dos componentes principales: una cámara de secado y una unidad de tratamiento de aire (ATU). Esta unidad suele incluir los siguientes elementos:

- Un sistema de enfriamiento.
- Una sección para deshidratar el aire, lo que optimiza la fuerza motriz global para la transferencia de masa.
- Un ventilador que regula la velocidad del flujo de aire.
- Un sistema de calefacción que ajusta la temperatura del aire a los niveles establecidos.

2.6.4.3. Liofilización por pulverización

Se dispone de otra técnica que optimiza los tiempos de liofilización al reducir el tamaño de las partículas congeladas. Para los alimentos en estado líquido, se puede emplear el método de congelación por pulverización, que, en combinación con la liofilización, se denomina Spray Freeze Drying (SFD). Este enfoque de secado es particularmente interesante, ya que genera productos en forma de polvo que poseen una alta porosidad.

De acuerdo con Waghmare et al. (2021), el proceso de Spray Freeze Drying (SFD) se compone de tres etapas fundamentales:

- **Atomización:** Se inicia con la atomización del alimento líquido para generar pequeñas gotas.
- **Congelación:** A continuación, las gotas atomizadas se solidifican mediante congelación, utilizando un medio criogénico, como el nitrógeno líquido.
- **Secado por sublimación:** Finalmente, se lleva a cabo el secado por sublimación, que elimina el hielo sublimado de las partículas congeladas, resultando en un polvo poroso.

2.6.5. Elementos de un equipo de liofilización

Tabla 5

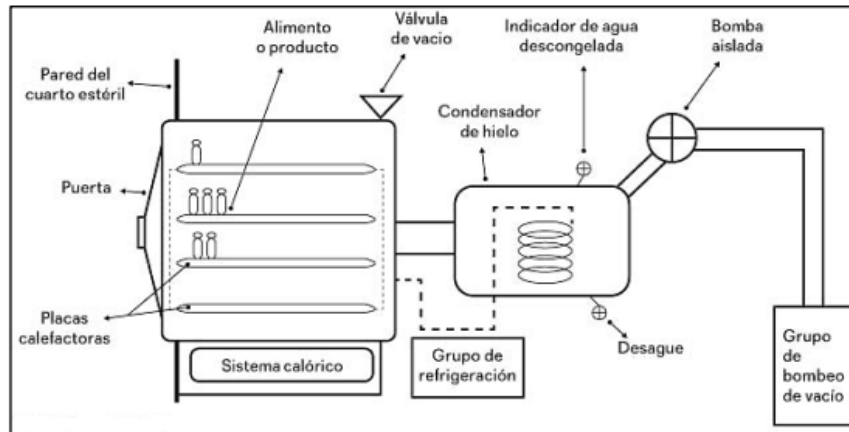
Partes del equipo de liofilización

Elemento	Descripción
Cámara de secado	Esta parte del equipo de liofilización proporciona las temperaturas y presiones necesarias para el proceso. Está constituida por la pared de la cámara y las bandejas que sostienen el producto a liofilizar.
Bomba de vacío	Esta unidad se encarga de aplicar las presiones necesarias durante las fases de sublimación y desorción, y es fundamental que esté conectada al condensador.
Condensador	Esta unidad elimina el vapor de agua que circula por la cámara de secado. El hielo que se forma en el condensador debe tener un grosor máximo de 1 a 1.5 cm.
Cámara de secado por congelación	Enfría el alimento para facilitar la formación de cristales de hielo, lo que es esencial para asegurar los procesos de sublimación y desorción.
Sistema de calentamiento	Consiste en transferir calor a la muestra a través de bandejas llenas de fluidos que se pueden controlar.

Nota. Tomado de REPOSITORIO DIGITAL ESPOCH, por (Guallpa, 2021).

Figura 5

Esquema de un equipo de liofilización



Nota. Tomado de (Borbor & Loor, 2021).

2.7. Aplicación de la liofilización

La liofilización se utiliza en diversas áreas, incluidas la agroindustria, la biotecnología y la farmacéutica. En la agroindustria, esta técnica se aplica para conservar alimentos como frutas, verduras, hierbas, especias y café, con el fin de preservar su calidad y extender su vida útil. Además, se utiliza en la producción de extractos y concentrados alimentarios, así como para conservar cultivos microbianos y enzimas esenciales en la elaboración de alimentos y bebidas (Waghmare et al., 2021).

En el ámbito farmacéutico y biotecnológico, la liofilización se utiliza para preservar medicamentos y otros productos biológicos, como proteínas y células, garantizando su actividad y estabilidad a largo plazo. También se emplea en la conservación de materiales de investigación y en la producción de materiales con características específicas, como aquellos que poseen porosidad o polvos con propiedades particulares (Adali et al., 2020).

2.7.1. Importancia de la liofilización

La liofilización ofrece múltiples beneficios en comparación con los métodos de secado convencionales. Entre estas ventajas se encuentran la preservación de las características originales del producto, una recuperación eficiente de los componentes volátiles y la conservación de la estructura y superficie del mismo

(Waghmare et al., 2021). La liofilización es un método de deshidratación que presenta significativas ventajas en comparación con otros procesos utilizados en la industria alimentaria, tal como lo señalan Liu et al. (2022):

- En primer lugar, este método conserva en gran medida el color, el aroma, el sabor y la apariencia de los alimentos frescos, salvaguardando su composición y evitando la pérdida de nutrientes, especialmente en productos vulnerables al calor.
- Los alimentos liofilizados permiten una rehidratación rápida y fácil.
- Gracias a su reducido contenido de humedad, son perfectos para comidas, actividades al aire libre y ocasiones sociales.

En cuanto a las desventajas, se destacan principalmente los altos costos asociados con el proceso de transformación, así como la considerable demanda de tiempo y energía durante la fase inicial del secado (Guallpa, 2021). La liofilización es una técnica costosa en comparación con otros métodos de deshidratación, debido a la necesidad de contar con equipo especializado y personal capacitado. Su uso se restringe principalmente a sectores donde los productos poseen un alto valor agregado, como en la medicina, la industria aeronáutica y la navegación (Guerra, 2021). No obstante, Saleem et al. (2023) sostienen que, a pesar de su mayor costo en comparación con otros métodos, la liofilización produce alimentos de calidad excepcionalmente alta.

2.7.2. Equipos de liofilización

2.7.2.1. Liofilizadores de microondas

Los calentadores que emplean ondas de radiofrecuencia presentan un gran potencial en el proceso de liofilización; sin embargo, su adopción en la industria es limitada debido a las dificultades en su manejo. Esto se debe a que el agua tiene una tasa de pérdida más alta que el hielo, lo que puede resultar en un sobrecalentamiento incontrolado si ocurre un derretimiento localizado (Borbor & Loor, 2021).

2.7.2.2. Liofilizadores por radiación

Este tipo de liofilizador emplea radiación infrarroja para calentar las capas superficiales de los alimentos colocados en bandejas planas, lo que permite un

secado uniforme sin provocar caídas de presión en el producto. Además, las bandejas planas son más económicas y fáciles de limpiar en comparación con otros tipos de bandejas (Borbor & Loor, 2021).

Figura 6

Liofilizador industrial por radiación



Nota. Tomado de (VIKUMER, 2023).

2.7.2.3. Liofilizadores de contacto

Los liofilizadores de contacto emplean bandejas con ranuras y placas térmicas para el secado de alimentos. Este diseño presenta una tasa de secado más lenta, ya que la transferencia de calor ocurre solo en un lado de la superficie del alimento, lo que puede resultar en caídas de presión y pérdida de partículas finas. No obstante, estos liofilizadores ofrecen una mayor capacidad en comparación con otros tipos (Borbor & Loor, 2021).

2.7.3. Secado convencional y liofilización

Tabla 6

Diferencias entre el secado convencional y la liofilización

Secado convencional	Liofilizado
<ul style="list-style-type: none"> • Cambios importantes en el sabor, color, olor y textura del producto. • El agua se transforma de líquido a gas mediante evaporación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las propiedades sensoriales del producto se mantienen. • El agua se sublima directamente de estado sólido a gaseoso, sin pasar por el estado líquido.

- Causa daño estructural, haciendo que el producto tenga una textura suave y flexible.
- Se utiliza una temperatura de alrededor de 37 a 39 °C.
- Los nutrientes del producto se reducen significativamente durante el proceso.
- El producto final tiene una menor capacidad para rehidratarse.
- Los costos de producción son bajos.
- El proceso de secado por aire caliente requiere de 8 a 12 horas de calor.
- Los productos resultantes son más duros, compactos y crujientes.
- Se utilizan temperaturas por debajo del punto de congelación.
- Se retienen mejor los nutrientes del producto.
- Los productos liofilizados tienen una mayor capacidad de rehidratación.
- Los costos de producción son más altos.
- Se requiere de 12 a 24 horas de calor para el proceso.

Nota. Tomado de *REPOSITORIO DIGITAL ESPOCH*, por (Guallpa, 2021).

2.8. Bebida instantánea

Según Alvarado (2021), la bebida mencionada es una preparación espesa que se puede disfrutar tanto caliente como fría, y en algunos casos es tan densa que se sirve con cuchara. Se elabora mediante la cocción de diversos cereales, granos, tubérculos, hortalizas o frutas, endulzada con panela o azúcar. Además, se puede añadir leche o agua aromatizada con especias, siendo la canela la más comúnmente utilizada. Vásquez (2021) señala que la máchica es una bebida popular, consumida durante el desayuno, la tarde o la noche, especialmente por niños y lactantes en sus primeros años de vida.

2.8.1. Beneficios de la bebida instantánea

Las bebidas o coladas están compuestas por una combinación de harinas enriquecidas con vitaminas y minerales, diseñadas como una alternativa para combatir la desnutrición. Estas bebidas presentan una alta concentración de nutrientes esenciales, tanto macronutrientes como micronutrientes, lo que las

convierte en una opción adecuada para proporcionar una nutrición adecuada, especialmente para los niños. En la cultura alimentaria de Ecuador, las coladas son un componente fundamental y se consumen en diversos estratos socioeconómicos, ya que son altamente aptas para la fortificación (Astudillo & Sánchez, 2019).

2.8.2. Bebida de máchica

Es una bebida tradicional de las regiones andinas, elaborada a partir de harina de máchica, que se obtiene del tostado de cebada. Para su preparación, esta harina se mezcla con agua, leche, panela y canela, y se cocina a fuego lento hasta alcanzar una textura cremosa, similar a la maicena. En Ecuador, la colada de máchica se consume principalmente durante el desayuno o como merienda, y es considerada un alimento delicioso, saludable y nutritivo.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en las instalaciones del Complejo Agroindustrial y los análisis en el Laboratorio del Departamento de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar - Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente.

3.1.1. Localización de la investigación

Tabla 7

Localización de la investigación

Ubicación	Localidad
País	Ecuador
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio de Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II. (Guaranda Km. 1 ½ vía San Simón)

3.1.2. Situación geográfica y climática de la localidad

Tabla 8

Aspectos generales del territorio

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2 560 msnm
Latitud	01° 34' 52" sur
Longitud	78° 59' 54" oeste
Temperatura máxima	21 °C
Temperatura mínima	8 °C
Precipitación media anual	980 mm

Nota. Tomado de Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB 2024.

3.1.3. Zona de vida

La ubicación del lugar donde se desarrolló la investigación se encuentra en la zona de vida según Holdridge, L. bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

3.2. Metodología

3.2.1. Material en estudio

- Cebada (*Hordeum vulgare*)

3.2.1.1. Materiales de oficina

- Laptop
- Impresora
- Hojas
- Esferos
- Calculadora
- Cámara fotográfica

3.2.1.2. Materiales de laboratorio

- Mortero
- Crisoles
- Pinzas
- Desecador
- Tubos de ensayo
- Pipetas
- Matraz
- Embudos
- Balanza digital
- Recipientes
- Bandejas
- Papel aluminio
- Envases

3.2.1.3. Materiales de campo

- Fósforos
- Ollas
- Vasos de precipitación (ml)
- Balanza
- Cucharas
- Cocina industrial

3.2.1.4. Equipos

- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Muffla
- Horno de secado
- Liofilizador
- Cámara de bioseguridad
- Incubadora
- Refrigeradora

Tabla 9

Equipos utilizados en la experimentación

Nombre	Marca
Incubadora	Nplus / sfplus – memmert
Mufla	F47915 Thermo scientific
Balanza analítica	DHAUS (0.001 g)
Liofilizador	Kaistein
Refrigeradora	LG
Agitador magnético	HANNA
Horno de secado	-

Nota. La ubicación de estos equipos se encuentra distribuidos en el Laboratorio del Departamento de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, 2024.

3.2.2. Factores en estudio para la bebida instantánea

Para la presente investigación sobre la obtención de máchica liofilizada se consideró como factores de estudio al Factor A (Tiempo de germinación) y Factor B (Temperatura en cámara de germinado).

Tabla 10

Factores de estudio para la investigación

Factores	Código	Niveles
Tiempo de germinación	A	$a_1= 3$ días
		$a_2= 4$ días
		$a_3= 5$ días
Temperatura en cámara de germinado	B	$C_1= 15^\circ\text{C}$
		$C_2= 20^\circ\text{C}$

3.2.3. Tratamientos

Los tratamientos constituyen la combinación de cada uno de los niveles de los factores A y B aplicados en la investigación.

Tabla 11

Tratamientos de estudio

Tratamiento	Código	Niveles	
		Factor A	Factor B
1	a_1b_1	3 días	15°C
2	a_1b_2	3 días	20°C
3	a_2b_1	4 días	15°C
4	a_2b_2	4 días	20°C
5	a_3b_1	5 días	15°C
6	a_3b_2	5 días	20°C

3.2.4. Características del experimento

Las características del experimento que se utilizó son las siguientes:

Tabla 12

Características de la experimentación

Características del diseño experimental	
Factores experimentales	2
Factor A	3
Factor B	2
Réplicas	2
Unidades experimentales	12
Tamaño de la muestra	700 g
Variable respuesta	2

3.2.5. Variable respuesta

En el proceso de investigación, se evaluaron como variables de respuesta el contenido de proteína y las características organolépticas de la máchica liofilizada. Estas variables, que se presentan en la tabla, son esenciales para determinar la calidad del producto.

Tabla 13

Variables respuestas

Variable	Método	Respuesta
Proteína	DUMAS	%
Análisis sensorial	Estadístico (Software Statgraphics)	Color, Olor, Sabor, Fluidez y Aceptabilidad

3.2.6. Tipo de diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial AxB, donde se estudia el efecto de dos factores con tres y dos niveles cada uno (AxB=3x2) con 2 repeticiones a nivel de laboratorio para la bebida instantánea, el modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : variable sujeta de medición.

μ : media general.

A_i : efecto del Factor A.

B_j : efecto del Factor B.

$(AB)_{ij}$: efecto de la Interacción (A x B).

E_{ijk} : efecto del error experimental.

3.2.6.1. Modelo de análisis de varianza ANOVA

Se aplicó el siguiente modelo de análisis de varianza:

Tabla 14

Modelo ANOVA para el diseño experimental AxB

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F _o	Valor-p
Efecto A	SC _A	a-1	CM _A	CM _A /CM _E	P(F > F ₀ ^A)
Efecto B	SC _B	b-1	CM _B	CM _B /CM _E	P(F > F ₀ ^B)
Efecto AB	SC _{AB}	(a-1)(b-1)	CM _{AB}	CM _{AB} /CM _E	P(F > F ₀ ^{AB})
Error	SC _E	ab(n -1)	CM _E		
Total	SC _T	abn-1			

Nota. Tomado de *Análisis y diseño de experimentos*, por (Gutiérrez & Salazar, 2008).

3.2.6.2. Prueba de rangos múltiples

Para determinar el mejor tratamiento, se aplicó una prueba de rangos múltiples por el método de LSD, el cual consiste en comparar las diferencias mínimas significativas entre las medias muestrales con el valor crítico que es dado por:

$$LSD = t_{\alpha/2, N-K} \sqrt{\frac{2CM_E}{n}}$$

Donde:

LSD: método diferencia mínima significativa.

$t_{\alpha/2, N-K}$: grados de libertad que corresponde al error.

CM_E : cuadrado medio del error.

n : número de observaciones.

$q_{\alpha}(k, N - k)$: son puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado.

3.3. Manejo de la investigación

A continuación, se presenta las diferentes metodologías que se aplicó para realizar la presente investigación:

3.3.1. Obtención del germinado

Selección y Preparación de la Cebada: Se seleccionaron granos de cebada, eliminando aquellos que presentaban imperfecciones o daños visibles. Los granos seleccionados se limpiaron cuidadosamente para eliminar las impurezas.

Remojo Inicial: Los granos de cebada se colocaron en un recipiente con agua potable y se dejaron en remojo durante 12 horas. Este paso facilitó la hidratación inicial de los granos, esencial para el proceso de germinación.

Drenaje y Aireación: Después del remojo, los granos se drenaron completamente para eliminar el exceso de agua. Se dejaron airear durante 2 horas para reducir la humedad superficial y evitar la formación de moho.

Distribución en Cámaras de Germinación: Los granos hidratados se distribuyeron en bandejas perforadas para asegurar una adecuada aireación. Se dividieron en los tratamientos de temperatura y tiempos establecidos, con muestras en un rango de 500 a 700 gramos.

Condiciones de Germinación:

- El primer grupo de granos se colocó en una cámara de germinación a una temperatura constante de 15°C.
- El segundo grupo se colocó en otra cámara de germinación a una temperatura constante de 20°C.
- Se empleó un tiempo de germinación de 3, 4 y 5 días para los dos grupos.

Mantenimiento y Monitoreo: Durante el proceso de germinación, se mantuvieron condiciones de humedad relativa alta (alrededor del 90%) en las cámaras. Se realizaron riegos ligeros y periódicos para mantener la humedad adecuada y evitar el encharcamiento.

Observación del Crecimiento: Se monitoreó diariamente el crecimiento de los germinados. Se registraron los parámetros como el brote y el tiempo de germinación.

Cosecha: Una vez que los germinados alcanzaron la longitud deseada (según los tiempos establecidos de 3, 4 y 5 días de germinación), se procedió a la cosecha. Los germinados se recogieron cuidadosamente para evitar daños y se prepararon para su posterior análisis, proceso o consumo.

3.3.2. Proceso de secado

Los germinados se sometieron a un proceso de secado en un secador de bandejas a una temperatura constante de 60°C durante un período aproximado de 24 horas. Este procedimiento permitió la eliminación uniforme de la humedad aproximadamente un 40-45% a un 10-12%, asegurando la preservación de las propiedades organolépticas y nutricionales de los germinados. Tras el secado, los germinados se enfriaron a temperatura ambiente y se almacenaron en recipientes herméticos para mantener su calidad y evitar la reabsorción de humedad.

3.3.3. Análisis fisicoquímico de la materia prima (cebada germinada y sin germinar)

Se realizaron los análisis correspondientes de humedad, ceniza, proteína, grasa, fibra y carbohidratos en la cebada germinada seca y sin germinar, con el propósito

de determinar su composición para la posterior elaboración de la máchica. Todos estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio del Departamento de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

Tabla 15

Parámetros del análisis fisicoquímico de la cebada

Parámetros	Unidad de medida	Método
Humedad	%	UNE-EN ISO 18134-3:2023
Ceniza	%	UNE-EN ISO 18122:2022
Proteína	%	DUMAS
Grasa	%	AOAC 2003. 06
Fibra	%	WEENDE
Carbohidratos	%	Por calculo

3.3.4. Proceso de elaboración de la bebida de máchica

Para el proceso de obtención de la bebida de máchica, se realizó los siguientes procedimientos:

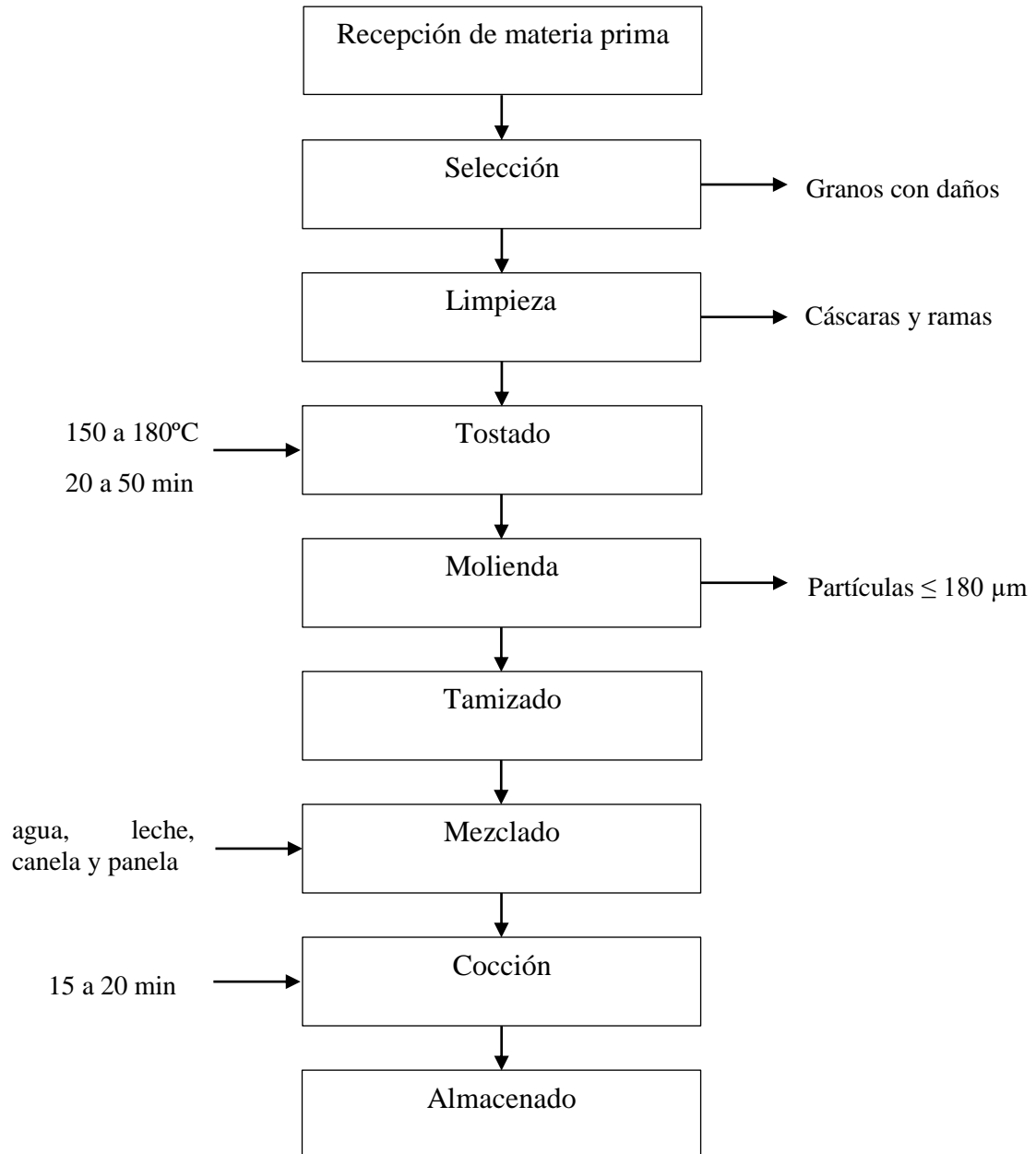
- 1. Recepción de materia prima:** En este primer paso, se recibió los granos de cebada en la planta de procesamiento y se realizó una inspección visual para asegurar la calidad del producto.
- 2. Selección:** Se seleccionó los granos de cebada de alta calidad para garantizar que la bebida tenga un sabor y aroma agradable.
- 3. Limpieza:** Se procedió a eliminar los restos de piedras, palos y otros materiales extraños que puedan estar mezclados con el grano de cebada.
- 4. Tostado:** Se tostó los granos de cebada en un tiesto de metal o barro a una temperatura adecuada de 150°C a 180°C durante un tiempo de 30 a 50 min, para lograr la coloración y sabor deseado.
- 5. Molienda:** El grano tostado se molió hasta obtener una harina fina.
- 6. Tamizado:** Se tamizó la harina en un tamizador de malla con el fin de separar la harina fina y las partículas grandes o cascarillas.
- 7. Mezclado:** Se mezcló la harina de máchica con agua en una proporción adecuada para obtener la consistencia deseada de la bebida.

- 8. Cocción:** Se cocinó la mezcla a fuego medio durante 15 a 20 min, revolviendo constantemente para evitar que se formen grumos, y se agregó leche, canela y panela. La mezcla debe tener una consistencia suave y espesa, similar a la de una sopa cremosa.
- 9. Envasado.** Se envasó en botellas de vidrio para su posterior proceso de liofilización.

3.3.5. Diagrama de flujo de la elaboración de la bebida de máchica

Figura 7

Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida de máchica



3.3.6. Proceso de liofilización de la bebida de máchica

Para el proceso de liofilización de la bebida de máchica, se realizó los siguientes procedimientos:

1. **Toma de muestras:** Se procedió a tomar las muestras realizadas acorde a los 6 tratamientos para su proceso de liofilización.
2. **Congelación:** La bebida de máchica se colocó en bandejas y se procedió a congelar a una temperatura de -40 a -50°C durante 35 horas.
3. **Sublimación:** Una vez que la bebida está congelada, se sometió a un vacío de alrededor de 10^{-3} a 10^{-5} mbar.
 - El condensador se mantuvo a $-54,7^{\circ}\text{C}$ para atrapar el vapor de agua.
 - La bebida de máchica se sublimó a una temperatura de alrededor de -20 a -30°C durante 96 horas (este tiempo ha sido ajustado para incluir un proceso más prolongado de sublimación primaria, alineado con los datos de 96 horas mencionados).
4. **Secado:** Después de la sublimación, la bebida de máchica se procedió a secarlo a una temperatura de alrededor de 25°C durante 16 horas para eliminar la humedad restante.
5. **Envasado:** Finalmente, la bebida de máchica liofilizada se envasó en recipientes herméticos y se almacena a temperatura ambiente, preferiblemente entre 10 a 25°C y a una humedad relativa baja, inferior al 60%.

3.4. Análisis sensorial

Para determinar el mejor tratamiento y evaluar la calidad del producto, se realizará un análisis sensorial a través de un test de aceptabilidad dirigido a catadores semientrenados. Se aplicó el análisis de evaluación sensorial, según la escala hedónica de Wittin (2001) modificado, quienes calificaron el atributo aceptabilidad utilizando una escala hedónica de 5 puntos siendo: 5=Excelente, 4=Muy bueno, 3=Bueno, 2=Regular y 1=Malo, donde se evaluó los siguientes atributos:

- Color
- Olor
- Sabor

- Fluidez
- Aceptabilidad

3.5. Análisis de proteína

Se realizó el análisis del contenido proteico en todos los tratamientos de la máchica liofilizada. Se empleó el método DUMAS, el cual se basa en la combustión cuantitativa de la muestra y la medición del nitrógeno liberado, utilizando la siguiente fórmula para calcular el contenido de proteína:

$$\%Proteína = \%nitrógeno \times 6,25$$

3.6. Análisis estadístico

Se emplearon técnicas estadísticas en la investigación para el análisis de la proteína y la evaluación sensorial de los tratamientos. Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de rangos múltiples utilizando el método de Diferencia Mínima Significativa (LSD). Estas herramientas fueron aplicadas mediante el software Statgraphics para ofrecer una representación precisa y visualmente clara de los resultados obtenidos en la investigación.

3.7. Determinación bromatológica y microbiológica del mejor tratamiento de la máchica liofilizada

3.7.1. Análisis bromatológico de la máchica liofilizada

Se llevó a cabo un análisis bromatológico de la máchica liofilizada con el propósito de examinar tanto su composición nutricional como la seguridad del producto, lo cual se presenta a continuación en la tabla:

Tabla 16

Parámetros del análisis bromatológico para la máchica liofilizada

Parámetros	Unidad de medida	Método
Humedad	%	AOAC 925.10
Ceniza	%	AOAC 923.03
Grasa	%	AOAC 2003.06
Fibra	%	WEENDE

Proteína	%	DUMAS
Carbohidratos	%	Por cálculo
Calorías	kcal	Por cálculo

3.7.2. Análisis microbiológico

En este proceso, se seleccionó y preparó adecuadamente la muestra mediante una toma aséptica. Posteriormente, se realizó la siembra en medios de cultivo específicos para la detección y cuantificación de microorganismos como coliformes, mohos y levaduras. Además, se realizó la búsqueda de patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella*. Las condiciones de incubación se siguieron conforme a la normativa específica para cada tipo de microorganismo, garantizando así resultados precisos y reproducibles. Finalmente, se interpretaron los resultados y se compararon con los límites establecidos por las normas y regulaciones aplicables, asegurando la calidad microbiológica del producto.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el desarrollo de la investigación, se implementaron diversas metodologías que contribuyeron a obtener los resultados previstos, alineados con los objetivos establecidos para una bebida instantánea liofilizada a base de harina de cebada germinada tostada.

4.1. Condiciones de la germinación de cebada en base a la proteína

Las condiciones aplicadas para la obtención del germinado de cebada optimizaron las propiedades de la materia prima, haciéndola ideal para la producción de harina.

Tabla 17

Parámetros utilizados en la germinación

Materia prima	Tiempo (días)	Temperatura de cámara (°C)	Peso inicial /promedio (g)	Peso final /promedio (g)
Cebada	3	15	680	1758
	4	20		
	5			

En la tabla 17 se muestran los resultados obtenidos acorde al proceso de germinado de la cebada, se puede atribuir que el tiempo empleado fue un parámetro importante por lo que entre más tiempo aplicado mucho mejor fue el desarrollo del germinado. Sin embargo, la temperatura es importante mantenerla por debajo de los 20°C ya que de esta manera la cebada absorbió mayor cantidad de agua y la humedad ayudó a que el embrión se desarrolle y empiece a crecer la plántula.

Según Carhuatanta (2021), el aumento de peso en los germinados en comparación con el grano seco se explica principalmente por la absorción de agua, la cual hidrata las células y activa procesos metabólicos esenciales para el crecimiento. La activación enzimática juega un papel esencial, descomponiendo los compuestos

almacenados como almidones y proteínas en moléculas más simples que son utilizadas por la plántula en desarrollo. Además, la formación de nuevas estructuras, como raíces y brotes, contribuye al incremento de la masa total del germinado. Tras un proceso de secado y tostado de los germinados, se realizó un análisis de contenido proteico con el objetivo de determinar las condiciones óptimas de germinación de la cebada para la elaboración de la bebida de máchica liofilizada.

Tabla 18

Análisis de proteína de los tratamientos de la harina de cebada germinada y harina de cebada sin germinar

Tratamientos	Harina de cebada germinada tostada (%)	Harina de cebada tostada (%)
T1: 3 días; 15°C	11,45	
T2: 3 días; 20°C	10,14	
T3: 4 días; 15°C	11,21	
T4: 4 días; 20°C	10,20	7,18
T5: 5 días; 15°C	11,19	
T6: 5 días; 20°C	10,18	

Tabla 19

Análisis de varianza del porcentaje de proteína de los tratamientos

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Tiempo de germinado	0,0385	2	0,0192	1,85	0,1994 <i>ns</i>
B: Temperatura de germinado	5,5112	1	5,5112	528,51	0,0000 **
Interacciones AB	0,0841	2	0,0420	4,03	0,0457 *
Residuos	0,1251	12	0,0104		
Total (corregido)	5,7590	17			

Nota. **: Altamente significativo; *: significativo; *ns*: no significativo.

La Tabla 19 presenta el análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de proteína en de la harina de cebada germinada tostada. Se observa una diferencia altamente significativa en el factor B (temperatura de germinado), el cual ejerce un efecto considerable en el porcentaje de proteína, con un nivel de confianza del 95%. Esta significancia se debe a que la temperatura en la germinación influye directamente en la tasa de las reacciones enzimáticas durante la germinación. Una duración subóptima del germinado puede ralentizar o acelerar excesivamente estos procesos, afectando tanto la calidad como la cantidad de proteína sintetizada. También se evidencia diferencia estadística significativa en la interacción doble AxB. Mientras que en el factor A no hay diferencia estadística significativa.

Para respaldar la significancia de los factores bajo estudio, se aplicó una prueba de rangos múltiples de Diferencia Mínima Significativa (LSD, por sus siglas en inglés). Los resultados de esta prueba se presentan en la tabla subsiguiente, proporcionando una comparación detallada de las medias y la identificación de diferencias significativas entre los tratamientos.

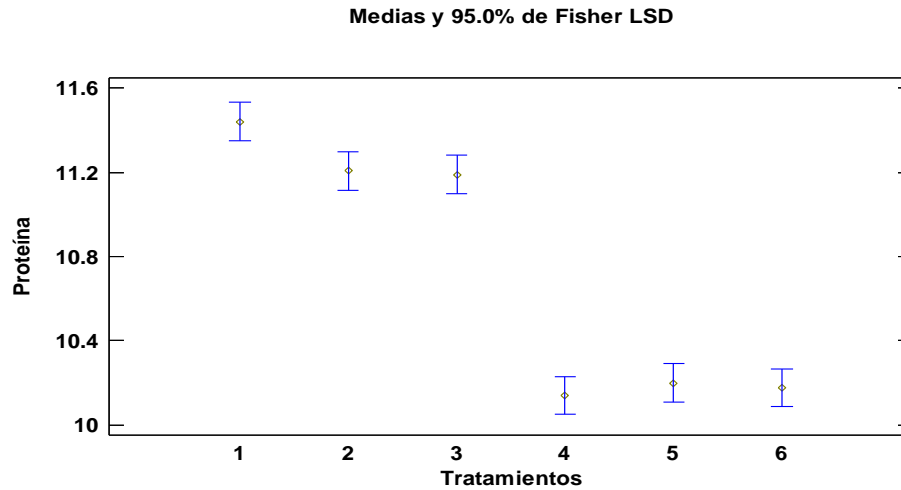
Tabla 20

Prueba de rangos múltiples para el porcentaje de proteína

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
4	3	10,14	A
6	3	10,18	A
5	3	10,20	A
3	3	11,19	B
2	3	11,21	B
1	3	11,45	C

Figura 8

Medias de los tratamientos en el porcentaje de proteína



En la Tabla 20 y figura 8 se detallan los resultados de la prueba de rangos múltiples mediante el método de Diferencia Mínima Significativa (LSD) para el porcentaje de proteína en la harina, elaborada a partir de germinados tostados de cebada. Los resultados muestran que el valor más alto de la media LS para el porcentaje de proteína corresponde al tratamiento 1 con de 11,45% de proteína, el cual consiste en un tiempo de germinado de 3 días a una temperatura de 15°C. Este tratamiento destaca significativamente sobre los demás, indicando que estas condiciones de germinación son óptimas para maximizar el contenido de proteína en la harina. Al comparar los resultados con el contenido proteico de la cebada sin germinar, se observa que todos los tratamientos de germinación presentan un incremento en el contenido de proteína. Este aumento se debe a que el proceso de germinación activa enzimas que descomponen las reservas de almidón, transformándolas en aminoácidos y otros compuestos nitrogenados, lo que resulta en una mayor concentración de proteína en la cebada germinada.

Torruco et al. (2020) mencionan que los germinados generalmente contienen más proteína que los granos secos. Durante el proceso de germinación, se activan varias enzimas que descomponen los almidones y otros componentes complejos del grano, transformándolos en nutrientes más fácilmente digeribles.

4.2. Análisis fisicoquímico de la harina de cebada germinada y sin germinar

Tabla 21

Valores del análisis físico-químico de la harina de cebada

Parámetro	Tratamiento						Cebada sin germinar
	a_1b_1	a_1b_2	a_1b_3	a_2b_1	a_2b_2	a_2b_3	
Humedad (%)	8,54	7,61	9,84	7,16	8,89	7,55	5,08
Fibra (%)	11,96	9,29	13,00	10,87	14,84	12,65	11,90
Ceniza (%)	2,00	2,04	2,03	1,88	2,00	1,78	1,80
Grasa (%)	1,95	1,79	1,38	1,59	2,95	2,15	2,99
Carbohidrato (%)	63,50	69,23	62,54	68,65	60,13	65,69	63,65
Proteína (%)	11,5	10,14	11,21	10,20	11,19	10,18	7,18

En la tabla 21, se presenta los valores de humedad, fibra, ceniza, grasa, carbohidratos y proteína de la harina de cebada germinada y sin germinar.

La humedad obtenida fue entre 7,16% a 9,84%, estos valores son similares a los presentados por Vivar & Gordillo (2021), con 8,16% y 8,56%. Sin embargo, Navia et al. (2019) reportaron valores superiores de 11,45%.

En el contenido de fibra se obtuvo rangos de 9,29% a 14,64%, sin embargo Vivar (2021) reportó un valor similar de 10,25%. Mariño (2020); Coque (2020), reportaron valores inferiores de 5,42% y 6,62% respectivamente.

Se obtuvo diferentes valores de ceniza comprendido entre 1,78% y 2,60%, estos valores son inferiores a los obtenidos por Coque (2020) con 3,05%.

La cantidad de grasa presente fue de 1,38% a 2,95%, sin embargo, Lukinac & Jukić (2022) reportaron valores similares de 2,5% y 2,7% en el análisis de harina de cebada con cubierta y sin cubierta.

El porcentaje de carbohidrato reportado fue de 60,13% a 69,23%, por el contrario, no se encontró valores bibliográficos reportados acorde al contenido de carbohidratos de la cebada o máchica.

Se obtuvo valores de 9,85% a 11,45% en el contenido de proteína, estos valores son inferiores a los reportados por Lukinac & Jukić (2022) con 12,2% y 15,1% en el análisis de harina de cebada con cubierta y sin cubierta. Sin embargo, Coque (2020), encontró un valor similar de 11,05% de proteína en la máchica. Durante la germinación de la cebada, el contenido de proteína aumenta debido a la activación de enzimas que descomponen el almidón en azúcares simples, reduciendo así la proporción de almidón en el grano y aumentando la proporción relativa de proteínas. Además, se sintetizan nuevas proteínas esenciales para el crecimiento de la plántula, y las proteínas almacenadas en forma de prolaminas y glutelinas se hidrolizan para proveer aminoácidos necesarios. La pérdida de materia seca durante la respiración del grano también contribuye a este aparente incremento en el contenido de proteína (Perri et al., 2023).

Se evidencia que la diferencia y similitud entre los resultados presentados en correlación a bibliografía, se debe al método aplicado de germinación donde se utilizó diferentes temperaturas y tiempos, también se puede añadir al lugar de cultivo de la materia prima y los factores edafoclimáticos tales como: suelos, climas, pendiente del terreno, agua, vientos, luz, entre otros.

4.3. Obtención de la bebida liofilizada de máchica

El presente estudio estuvo destinado a la elaboración de una bebida instantánea a base de cebada germinada. La bebida consta de materias primas principales: agua, panela, canela y harina de cebada germinada. Para la obtención de la harina de cebada germinada, se realizó un proceso de secado y tostado, estableciendo los siguientes parámetros:

Tabla 22

Parámetros de la obtención de la harina de cebada germinada

Materia prima	Método	Temperatura (°C)	Tiempo de secado (h)	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)
Cebada germinada	Secado por bandejas	60	8 - 10	45	8,22

En la Tabla 22 se presentan los parámetros óptimos para la obtención de harina de cebada germinada, los cuales fueron implementados mediante un secado en bandejas. Se tomó como referencia una temperatura de 60°C, un tiempo de secado de 8 a 10 horas, y se alcanzó una humedad final del 8,22%. Estos parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos en la normativa INEN 1559 “Granos y cereales. Cebada. Requisitos”, que establece una humedad máxima del 13% para el estado seco antes de convertirla en harina.

4.3.1. Liofilización de la bebida de máchica

La bebida de máchica a partir de harina de cebada germinada fue liofilizada bajo los siguientes parámetros técnicos:

Tabla 23

Parámetros de la liofilización de la bebida de máchica

Materia prima	Método	Congelación		Secado inicial		Secado final		Humedad final (%)
		Temp. (°C)	Tiempo (h)	Temp. (°C)	Tiempo (h)	Temp. (°C)	Tiempo (h)	
Bebida de máchica	Liofilización	-40 a 50°C	35 horas	-20 a 30°C	96 horas	25°C	16 horas	1 - 5

Tabla 24

Parámetros de la liofilización de la bebida de máchica

Código de laboratorio	Muestras	Método	Condiciones	Rendimiento (%)
INV 127 - INV 133	Bebida de máchica	Liofilización	-56 °C – 0,03 milibar	Aprox. 33,33

En las Tablas 23 y 24 se presentan los parámetros utilizados en el proceso de liofilización de la bebida de máchica a partir de harina de germinados de cebada. Las condiciones específicas incluyen una temperatura de congelación de -40°C a -

50°C durante 35 horas, seguida de un secado inicial a temperaturas de -20°C a -30°C durante 96 horas, y un secado final a 25°C durante 16 horas. Este proceso permite alcanzar una humedad final promedio de 1-5%, operando bajo condiciones de -56°C y 0,03 milibares, con un rendimiento aproximado del 33,33%. Este enfoque riguroso está diseñado para conservar las propiedades organolépticas y nutricionales del producto original, lo cual es crucial para alimentos y bebidas sensibles al calor.

4.3.2. Análisis de proteína de todos los tratamientos de la máchica liofilizada

Se expone el análisis de varianza (ANOVA) relacionado con la cuantificación del porcentaje de proteína en la máchica liofilizada para cada tratamiento.

Tabla 25

Análisis de varianza del porcentaje de proteína de los tratamientos

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Tiempo de germinado	0,4922	2	0,2461	2,41	0,1318 <i>ns</i>
B: Temperatura de germinado	2,3328	1	2,3328	22,86	0,0004 **
Interacciones AB	0,6186	2	0,3093	3,03	0,0860 *
RESIDUOS	1,2248	12	0,1020		
TOTAL (CORREGIDO)	4,6684	17			

Nota. **: Altamente significativo; *: significativo; *ns*: no significativo.

La Tabla 25 presenta el análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de proteína en la bebida liofilizada de cebada germinada. Se observa una diferencia altamente significativa en el factor B (temperatura de germinado), el cual ejerce un efecto considerable en el porcentaje de proteína, con un nivel de confianza del 95%. También se evidencia diferencia estadística significativa en la interacción doble AxB. Mientras que en el factor A no hay diferencia estadística significativa.

Para respaldar la significancia de los factores bajo estudio, se aplicó una prueba de rangos múltiples de Diferencia Mínima Significativa (LSD). Los resultados de esta prueba se presentan en la tabla siguiente, proporcionando una comparación detallada de las medias y la identificación de diferencias significativas entre los tratamientos.

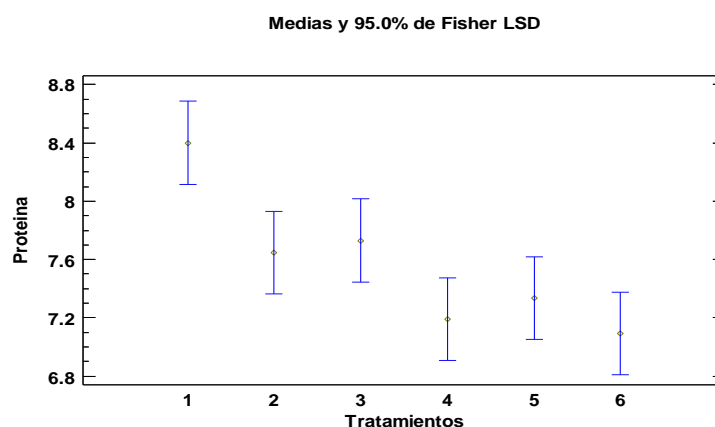
Tabla 26

Prueba de rangos múltiples para el porcentaje de proteína

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
6	3	7,09	A
4	3	7,19	AB
5	3	7,33	AB
2	3	7,64	AB
3	3	7,73	B
1	3	8,40	C

Figura 9

Medias de los tratamientos en el porcentaje de proteína



En la Tabla 26 y figura 9 se detallan los resultados de la prueba de rangos múltiples mediante el método de Diferencia Mínima Significativa (LSD) para el porcentaje de proteína en la bebida liofilizada, elaborada a partir de germinados tostados de cebada. Los resultados muestran que el valor más alto de la media LS para el porcentaje de proteína corresponde al tratamiento 1 con de 8,40% de proteína, el

cual consiste en un tiempo de germinado de 3 días a una temperatura de 15°C. Este tratamiento destaca significativamente sobre los demás, ya que el uso de otros ingredientes hace que disminuya la cantidad de proteína en el producto. Sin embargo, se realizó el mismo análisis a la harina de cebada sin germinar, obteniendo un contenido proteico de 6,19%.

Torruco et al. (2020), en su estudio sobre harina de frejol liofilizada, obtuvieron un contenido de proteína del 26,24% utilizando un tiempo de germinado de 5 días y posterior liofilización a -47°C y 13×10^{-3} mbar. Del mismo modo, Ponce (2018) elaboró harina de chocho liofilizada, la cual mostró un elevado contenido de proteína del 52,77%, debido a que esta materia prima posee inherentemente altos niveles de proteína.

4.4. Análisis sensorial de la bebida liofilizada

Con el fin de identificar la combinación óptima de la bebida liofilizada de máchica mediante una valoración sensorial, se aplicó un panel de catación compuesto por 20 evaluadores semi-entrenados. Estos evaluaron los atributos: color, olor, sabor, fluidez y nivel de aceptación, utilizando una escala de evaluación hedónica, empleando una versión modificada del método de Wittig, E. (2001).

4.4.1. Atributo color

Tabla 27

Anova del atributo color

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Tratamientos	13,21	5	2,64	5,51	0,000 **
Catadores	14,39	9	1,60		
Residuos	50,39	105	0,48		
Total (corregido)	78,00	119			

Nota. **: diferencia altamente significativa.

En la tabla 27 se presenta el análisis de varianza del atributo color de la máchica liofilizada. Se observa que existe diferencia estadística altamente significativa $p = 0,000$ en los diferentes tratamientos, indicando que no existe evidencia estadística

suficiente para aceptar la hipótesis nula (H_0) por tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_a), señalando que los catadores semi-entrenados detectan que al menos un tratamiento es diferente. Dado que se observó una diferencia altamente significativa entre los distintos tratamientos, se empleó una prueba de comparación de rangos ordenados LSD para identificar cuál de los tratamientos obtiene la puntuación más alta.

Tabla 28

Pruebas de rangos ordenados LSD para color

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
4	20	3,37	A
2	20	3,77	AB
1	20	3,92	B
3	20	3,97	B
6	20	3,97	B
5	20	4,50	C

En la tabla 28 se presenta los valores de la calificación del atributo color de los diferentes tratamientos, se muestra al tratamiento T5 que corresponde a los niveles de a_3b_1 (5 días de germinación a 15 °C) que presentó la mejor calificación de 4,50 debido a la notable apariencia visual de la bebida.

4.4.2. Atributo olor

Tabla 29

Anova del atributo olor

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Tratamientos	13,34	5	2,67	7,37	0,000 **
Catadores	14,93	9	1,66		
Residuos	38,01	105	0,36		
Total (corregido)	66,28	119			

Nota. **: diferencia altamente significativa.

En la tabla 29 se presenta el análisis de varianza del atributo olor de la bebida liofilizada, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa $p = 0,000$ en los diferentes tratamientos, indicando que no existe evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis nula (H_0), aceptando la hipótesis alterna (H_a).

Se aplicó una prueba de rangos ordenados LSD para determinar que tratamiento presenta mayor calificación en cuanto al atributo olor.

Tabla 30

Pruebas de rangos ordenados LSD para olor

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
1	20	3,35	A
5	20	3,75	B
6	20	4,00	B
3	20	4,03	B
4	20	4,05	B
2	20	4,45	C

Se evidencia la evaluación de cada tratamiento, destacando la mezcla correspondiente al tratamiento T2, con los niveles $a_1 b_2$ (3 días de germinación a 20°C), como la de mejor puntuación con 4,45, lo que indica que la bebida exhibió un aroma agradable.

4.4.3. Atributo sabor

Tabla 31

Anova del atributo sabor

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Tratamientos	14,15	5	2,83	9,58	0,000 **
Catadores	21,83	9	2,43		
Residuos	31,02	105	0,30		
Total (corregido)	67,00	119			

Nota. **: diferencia altamente significativa.

La tabla 31 indica el análisis de varianza del atributo sabor de la bebida liofilizada, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa $p = 0,000$ en los diferentes tratamientos, demostrando que no existe evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis nula (H_0), aceptando la hipótesis alterna (H_a). Al presentar diferencia altamente significativa entre los tratamientos se aplicó una prueba de rangos ordenados LSD para determinar que tratamiento presenta mayor calificación en cuanto al atributo sabor.

Tabla 32

Pruebas de rangos ordenados LSD para sabor

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
1	20	3,43	A
3	20	3,90	B
6	20	3,98	B
5	20	4,03	B
2	20	4,08	B
4	20	4,60	C

En la Tabla 32 se analiza la evaluación de cada tratamiento respecto al atributo de sabor. Se destaca que la combinación del tratamiento T4, caracterizado por los niveles a_2b_2 (4 días de germinación a 20°C), recibió la puntuación más alta con 4,60, indicando que la bebida fue evaluada “agradable” en términos de su sabor por los catadores.

4.4.4. Atributo fluidez

Tabla 33

Anova del atributo fluidez

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Tratamientos	7,1354	5	1,427	1,500	0,195 <i>ns</i>
Catadores	16,5854	9	1,843		

Residuos	99,6771	105	0,949
Total (corregido)	123,3980	119	

Nota. ns: diferencia no significativa.

La tabla 33 muestra el ANOVA del atributo fluidez de la bebida liofilizada, se observa que no existe diferencia estadística significativa $p = 0,195$ en los tratamientos, indicando que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula procediendo a aceptar la H_0 , pudiendo ser escogido cualquier tratamiento. Pese a no existir diferencia estadística significativa en el atributo fluidez, se aplicó una prueba de rangos ordenados LSD para ver que tratamiento presenta mayor ponderación.

Tabla 34

Pruebas de rangos ordenados LSD para fluidez

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
1	20	3,13	A
3	20	3,23	A
4	20	3,25	A
6	20	3,30	AB
2	20	3,30	AB
5	20	3,88	B

La Tabla 34 presenta la evaluación de cada tratamiento en relación al atributo de fluidez. El tratamiento T5, que corresponde a la combinación de una cebada germinada (5 días de germinación a 15°C) (a_3b_1), obtuvo la mejor calificación con un puntaje de 3,88, indicando que la bebida resultante presenta una fluidez aceptable.

4.4.5. Atributo aceptabilidad

Tabla 35

Anova del atributo aceptabilidad

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Tratamientos	7,59	5	1,52	6,87	0,000 **
Catadores	16,68	9	1,85		
Residuos	23,20	105	0,22		
Total (corregido)	47,47	119			

Nota. **: diferencia altamente significativa.

La tabla 35 indica el análisis de varianza del atributo aceptabilidad de la debida liofilizada, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa $p = 0,000$ en los diferentes tratamientos, demostrando que no existe evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis nula (H_0), aceptando la hipótesis alterna (H_a).

Al presentar diferencia altamente significativa entre los tratamientos se aplicó una prueba de rangos ordenados LSD para determinar que tratamiento presenta mayor calificación en cuanto al atributo aceptabilidad.

Tabla 36

Pruebas de rangos ordenados LSD para aceptabilidad

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
1	20	3,65	A
3	20	4,00	B
4	20	4,03	B
6	20	4,05	B
2	20	4,18	B
5	20	4,50	C

La tabla 36 muestra la calificación de cada tratamiento en relación al atributo aceptabilidad, siendo la mezcla del tratamiento T5 que corresponde a los niveles

a_3b_1 (5 días de germinación a 15°C) como la mejor puntuada con 4,50 demostrando que la bebida liofilizada presentó una aceptabilidad adecuada.

A través del análisis de varianza realizado en relación con las características sensoriales y utilizando pruebas de comparación de rangos ordenados LSD con un nivel de confianza del 95%, se procedió a identificar el tratamiento más sobresaliente, que fue el T5, correspondiente a los niveles a_3b_1 (5 días de germinación a 15 °C). De los 5 atributos evaluados, en 3 de ellos obtuvo la calificación más alta de 4,50, correspondiente a “Muy bueno”, con tendencia a “Excelente”, lo que justifica su elección como el mejor tratamiento.

4.5. Determinación bromatológica y microbiológica de la bebida de máchica liofilizada del tratamiento óptimo

Para el análisis bromatológico, se preparó una bebida liofilizada de máchica de cebada sin germinar para compararla con el tratamiento óptimo T5 (5 días de germinación a 15°C), que se deriva de una harina de cebada germinada. El proceso de liofilización se realizó bajo parámetros controlados para asegurar la preservación de los nutrientes y compuestos bioactivos, con el objetivo de evaluar las diferencias composicionales y de calidad entre ambas muestras.

4.5.1. Análisis bromatológico de la bebida de máchica liofilizada

Tabla 37

Resultados obtenidos del análisis bromatológico de la bebida del T5

Parámetro	Tratamiento 5	Comparación	Bebida de máchica sin germinar
Humedad (%)	5,63	>	5,37
Fibra (%)	4,58	<	5,34
Ceniza (%)	1,29	<	1,37
Grasa (%)	0,78	<	2,65
Carbohidratos (%)	80,29	>	74,54
Proteína (%)	7,73	>	6,19
Calorías (kcal)	357,37	>	349,33

La tabla 37 muestra los valores comparativos de la bebida de máchica a partir de cebada germinada liofilizada y una bebida de máchica sin germinar liofilizada, donde se presenta los parámetros de humedad, ceniza, fibra, grasa, carbohidratos, proteína y calorías.

Es importante mencionar que el proceso de germinación presentó mayor obtención de nutrientes en la semilla de cebada por lo que al comparar esta bebida, se puede aludir que la bebida de máchica germinada presenta mayor contenido en humedad (5,63%), carbohidratos (80,29%), proteína (7,73%) y calorías (357,37 kcal), es importante mencionar que este incremento de propiedades se debe a la adición de azúcar, panela, canela y leche. Se obtuvo un menor contenido en fibra (4,58%), ceniza (1,29%) y grasa (0,78%).

Wodajo & Admassu (2022) evaluaron el efecto de la liofilización en las propiedades fisicoquímicas de la harina de calabaza, obteniendo valores de humedad (5,88%), cenizas (6,57%), fibra (13,11%), proteína (11,32%) y carbohidratos (61,47%). Este método de secado permitió estudiar los cambios en las propiedades funcionales, la función fisicoquímica, la percepción sensorial y la calidad microestructural, similares a los hallazgos de Alam et al. (2023), quienes aplicaron liofilización a la harina de plátano y reportaron humedad (3,96%), cenizas (3,54%), fibra (0,25%), proteína (3,77%) y carbohidratos (88,26%). Por otro lado, Buzera et al. (2023) destacaron que la liofilización, realizada a bajas temperaturas, preserva las propiedades nutricionales sensibles al calor en la harina de papa, con valores de humedad (10,44%), cenizas (4,08%), fibra (1,51%), proteína (10,17%) y carbohidratos (73,43%).

Por otro lado, cabe recalcar que la liofilización de la bebida o bebida es un proceso valioso para preservar la calidad, extender la vida útil, reducir el peso y volumen para facilitar el transporte, almacenamiento, y garantizar una rápida y efectiva rehidratación, haciendo que sea una técnica ampliamente utilizada en diversas aplicaciones industriales y comerciales.

4.5.2. Análisis microbiológico de la bebida de máchica liofilizada

Tabla 38

Resultados obtenidos del análisis microbiológico de la bebida del T5

Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Bebida de máchica de cebada germinada (5 días/15°C)	<i>E. Coli</i>		Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
	Coliformes totales	Ufc	Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
	<i>Salmonella</i>		Petrifilm	Ausencia
	Mohos y levaduras		Petrifilm (AOAC 997.02)	Ausencia
Bebida de máchica de cebada sin germinar	<i>E. Coli</i>		Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
	Coliformes totales	Ufc	Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
	<i>Salmonella</i>		Petrifilm	Ausencia
	Mohos y levaduras		Petrifilm (AOAC 997.02)	Ausencia

La Tabla 38 muestra los resultados del análisis microbiológico realizado en la bebida de máchica liofilizada a partir de cebada germinada y en la bebida de máchica liofilizada de cebada sin germinar. En ambas muestras se observó la ausencia de *Escherichia coli*, coliformes totales, *Salmonella*, mohos y levaduras. Estos resultados indican un alto nivel de calidad microbiológica del producto, cumpliendo con los requisitos de la normativa INEN 2304, 2008, "Bebidas. Requisitos," que establece un límite máximo de <10 unidades formadoras de colonias (ufc). La ausencia de estos microorganismos confirma que la bebida de máchica liofilizada cumple con los estándares microbiológicos y las normas de seguridad alimentaria vigentes.

CAPÍTULO V

5.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

5.1.1. Hipótesis nula (H_0)

El proceso de germinación no influye en las características físico-químicas y sensoriales de la bebida instantánea.

5.1.2. Hipótesis alterna (H_a)

El proceso de germinación influye en las características físico-químicas y sensoriales de la bebida instantánea.

5.1.3. Verificación de hipótesis

Tabla 39

Comparación de los valores F calculado con F de tablas en el % de proteína de la harina de cebada germinada

Factores	F – Calculada	F – Tablas
Tiempo de germinado	1,85	3,88
Temperatura de germinado	528,51	4,74
Interacciones AB	4,03	3,88

En la tabla 39 se presentan los valores de F calculado y F tabulado para los distintos tratamientos considerados en este estudio. Los resultados indican que el valor de F calculado supera al valor de F tabulado, sugiriendo que tanto la temperatura de germinado como la interacción AB tienen un impacto significativo en el porcentaje de proteína de la harina de cebada germinada. Este hallazgo proporciona suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 40

Comparación de los valores F calculado con F de tablas en el análisis sensorial

Factores	F – Calculada	F – Tablas
Color	5,51	2,305
Olor	7,37	2,305
Sabor	9,58	2,305
Fluidez	1,50	2,305
Aceptabilidad	6,87	2,305

En la tabla 40 se presentan los resultados de la comparación entre los valores de F calculado y los valores reportados en F-tablas, identificados con un nivel de confianza del 95%. Los resultados indican una diferencia estadísticamente significativa en las características de color, olor, sabor y aceptabilidad. Esto se evidencia claramente al observar que el valor de F calculado supera de manera significativa el valor de F tabulado. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (Ha).

Una vez realizado la experimentación, se encontró que el proceso de germinación en la comparación de los valores los valores de F calculado y F tabulado de las variables experimentales del porcentaje de proteína y el análisis sensorial si influye en las características físico-químico y sensoriales de la bebida instantánea. Dicho lo anterior se procede a rechazar la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha).

$$H_a = T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4 \neq T_5 \neq T_6$$

5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2.1. Conclusiones

- El proceso de germinación se realizó a una temperatura controlada por debajo de los 20°C, lo que permitió a la cebada absorber una mayor cantidad de agua y humedad. Este entorno favoreció el crecimiento adecuado de las plántulas en un periodo de 5 días, demostrando que la germinación es un método eficaz para incrementar el contenido de nutrientes en las semillas. En promedio, los tratamientos de cebada germinada mostraron un contenido de proteína del 10,72%, mientras que la cebada sin germinar presentó un 7,18% de proteína.
- Se caracterizaron exitosamente las propiedades fisicoquímicas de la cebada germinada y sin germinar. Los análisis revelaron valores favorables de humedad, ceniza, fibra, grasa, carbohidratos y proteína, demostrando así que esta materia prima posee un gran potencial para la producción de la bebida de máchica.
- Se efectuó el proceso de liofilización de la bebida de máchica a partir de cebada germinada y sin germinar bajo las siguientes condiciones: temperatura de -56°C, presión de 0,03 milibar y una duración de 96 horas. El rendimiento obtenido fue del 33,33% respecto a una muestra inicial de 75 g. El análisis del contenido de proteína para cada tratamiento reveló un promedio del 7,54% para la bebida de máchica a partir de cebada germinada, mientras que la bebida de máchica elaborada con cebada sin germinar mostró un 6,19% de proteína.
- El análisis de aceptabilidad de la bebida de máchica mostró puntuaciones favorables para el tratamiento 5, que consistió en 5 días de germinación a 15°C. De los cinco atributos evaluados, tres obtuvieron la calificación más alta de 4,50, lo cual se categoriza como "Muy bueno" con tendencia a "Excelente". Estos resultados justifican la elección del tratamiento 5 como el más adecuado.
- Se puede aludir que la bebida de máchica liofilizada de cebada germinada presentó mayor contenido en humedad (5,63%), carbohidratos (80,29%),

proteína (7,73%) y calorías (357,37 kcal) y menos contenido en fibra (4,58%), ceniza (1,29%) y grasa (0,78%), es importante mencionar que este incremento de propiedades se debe a la adición de azúcar, panela, canela y leche.

5.2.2. Recomendaciones

- Para un proceso óptimo de germinación, se recomienda el uso de una cámara de germinado que permita controlar de manera precisa la temperatura y el tiempo. En el caso de la cebada, se sugiere mantener la temperatura por debajo de los 20°C para asegurar una adecuada absorción de agua y humedad. Esto facilita un crecimiento uniforme y eficiente de las plántulas, incrementando así el contenido de nutrientes en las semillas y mejorando la calidad del producto final.
- Es importante mantener los equipos de análisis bien calibrados y seguir las normativas actuales para garantizar un análisis fisicoquímico preciso. Esto asegura la obtención de datos fiables que puedan ser utilizados para comparaciones y discusiones con otros estudios sobre germinados.
- En el proceso de liofilización, es importante evaluar la posibilidad de ajustar la duración del proceso y variar las temperaturas para mejorar el rendimiento y la calidad del producto final sin comprometer su integridad nutricional.
- Para mejorar la bebida de máchica liofilizada, se recomienda la adición de otros ingredientes o saborizantes que puedan incrementar su color, sabor, fluidez y, sobre todo, su contenido nutricional.
- Es importante realizar un seguimiento detallado del contenido de proteínas desde el inicio del grano seco, pasando por el grano germinado, el grano germinado tostado, la harina del germinado y finalmente la bebida liofilizada. Este manejo integral permite comprender cómo la proteína disminuye a lo largo de los distintos procesos aplicados, proporcionando información valiosa para optimizar cada etapa y mantener la calidad nutricional del producto final.

BIBLIOGRAFÍA

- Adali, M. B., Barresi, A. A., Boccardo, G., & Pisano, R. (2020). Spray Freeze-Drying as a Solution to Continuous Manufacturing of Pharmaceutical Products in Bulk. *Processes*, 8(6), 709. <https://doi.org/10.3390/pr8060709>
- Aga Vera, S. R., & Rodríguez Gordillo, M. E. (2021). *Aprovechamiento de biomasa a partir de bagazo de cebada de malta para la elaboración de pellets como biocombustible* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57451/1/BINGQ-IQ-21P24.pdf>
- Alam, M., Biswas, M., Hasan, M. M., Hossain, M. F., Zahid, M. A., Al-Reza, M. S., & Islam, T. (2023). Quality attributes of the developed banana flour: Effects of drying methods. *Heliyon*, 9(7), e18312. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18312>
- Alpusig Granja, C. S. (2020). *La machica, elaboración, historia e importancia en la gastronomía del cantón Latacunga* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31076/1/0503213936%20Alpusig%20Granja%20Cristian%20Santiago.pdf>
- Alvarado Zambrano, R. M. (2021). *Aprovechamiento de la harina de las cáscaras de sandía (Citrullus lanatus) y banano (Musa × paradisiaca) como mezcla base para una colada* [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO%20ZAMBRANO%20ROSA%20MISSHEL.PDF>
- Astudillo Heras, L. L., & Sánchez Salamea, A. L. (2019). *Extracción de Almidón a partir del banano (plátano) de categoría II (Musa paradisiaca) en*

estado verde, para la elaboración de colada instantánea fortificada y utilización de su fibra para balanceado de ganado porcino [Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33521/1/Trabajo%20de%20titulaci%3%b3n.pdf>

Bajaña Pincay, J. A., & Jara Garzon, D. M. (2019). *Elaboración de una barra energética a base de máchica y su comercialización en los gimnasios del norte de Guayaquil* [Universidad de Guayaquil].

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/44299/1/Tesis%20m%C3%A1chica%20septiembre%202019-convertido.pdf>

Borbor Auria, C., & Loor Calle, E. (2021). *Elaboración de un producto liofilizado a partir de pulpa de pitahaya roja* [Escuela Superior Politécnica del Litoral].

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53660/1/T-111116%20%20BORBOR%20AURIA%2c%20CRISTINA%20%26%20LOOR%20CALLE%2c%20EDGAR.pdf>

Britannica. (2023). *Barley*. Encyclopedia Britannica.

<https://www.britannica.com/plant/wheat>

Butreddy, A., Dudhipala, N., Janga, K. Y., & Gaddam, R. P. (2020).

Lyophilization of Small-Molecule Injectables: An Industry Perspective on Formulation Development, Process Optimization, Scale-Up Challenges, and Drug Product Quality Attributes. *AAPS PharmSciTech*, 21(7), 252.

<https://doi.org/10.1208/s12249-020-01787-w>

- Buzera, A., Nkirote, E., Abass, A., Orina, I., & Sila, D. (2023). Chemical and Pasting Properties of Potato Flour (*Solanum tuberosum* L.) in relation to Different Processing Techniques. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2023/3414760>
- Carhuatanta Samillan, S. (2021). *Aprobada por el siguiente jurado*: [Universidad Nacional «Pedro Ruiz Gallo»]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11983>
- Chamba Valarezo, B. S., & Ochoa Procel, A. K. (2021). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57459/1/BINGQ-IQ-21P40.pdf>
- Choi, J., Kim, J., Min, D. Y., Jung, E., Lim, Y., Shin, S. Y., & Lee, Y. H. (2019). Inhibition of TNF α -induced interleukin-6 gene expression by barley (*Hordeum vulgare*) ethanol extract in BV-2 microglia. *Genes & Genomics*, 41(5), 557-566. <https://doi.org/10.1007/s13258-018-00781-8>
- Chugcho Chugcho, C. D. (2023). *Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias de cebada desnuda bajo las condiciones agroecológicas del sector Querochaca* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38345/1/043%20Agronom%20c3%ada%20-%20Chugcho%20Chugcho%20Christian%20Daniel.pdf>
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22364/1/T-UCE-0004-CAG-276.pdf>

Coque Guacollante, K. P. (2020). *Evaluación de la calidad maltera para la elaboración de cerveza con la línea promisorio CM-09-003 procedente de siete localidades* [Universidad Central del Ecuador].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22364/1/T-UCE-0004-CAG-276.pdf>

Dziki, D. (2020). Recent trends in pretreatment of food before freeze-drying.

Processes, 8(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/pr8121661>

Eguilas Caushi, Y. M., & Luna Huaman, C. E. (2020). *Evaluación de la vida útil de rodajas de palta Hass (Persea americana Mill.) liofilizadas y empacadas en dos diferentes envases*. [Universidad Nacional de Barranca].

<https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12935/70/TESIS%20Eguilas%20Caushi%2C%20Yolanda%20Maricruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gadissa, F., Abebe, M., & Bekele, T. (2021). Agro-morphological traits-based genetic diversity assessment in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landrace collections from Bale highlands, Southeast Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 10(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00335-4>

Gauss, S. M. (2024). Malt barley in twentieth-century Mexico: The brewing industry, centralized knowledge, and the Green Revolution. *Jahrbuch Für Wirtschaftsgeschichte / Economic History Yearbook*, 65(1), 101-132.

<https://doi.org/10.1515/jbwg-2024-0007>

- Geng, J., Li, J., Zhu, F., Chen, X., Du, B., Tian, H., & Li, J. (2022). Plant sprout foods: Biological activities, health benefits, and bioavailability. *Journal of Food Biochemistry*, 46(3). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13777>
- González Mejía, J. F. (2022). *Cebada cervecera—Cultivo con perspectivas para la industria cervecera, estudios actuales 2018-2022. Revisión bibliográfica* [Universidad Técnica de Cotopaxi].
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9220/1/PC-002334.pdf>
- Gordillo Alvarado, M., & Viteri Carrillo, T. P. (2020). Elaboración de snack con harina de machica y frutos secos para combatir la desnutrición en Unidad Educativa Monte Sinaí Guayaquil- Ecuador. *Revista Ingeniería Química y Desarrollo Universidad de Guayaquil*, 02(02).
<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/article/view/1808/2585>
- Gualpa Allaico, A. N. (2021). *Evaluación del proceso de liofilización en fresa (Fragaria ananassa) para su aplicación en la industria alimentaria* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15528/1/27T00481.pdf>
- Guerra García, J. (2021). *Liofilización y caracterización de pulpa de Annona muricata (guanábana)* [Universidad Nacional de San Martín].
<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/4181/1/FIAI%20-%20Jaime%20Guerra%20Garc%C3%ADa.pdf>
- Gutiérrez Pulido, H., & Salazar, R. de la vara. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda). McGrawHill.
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

- Han, H.-S., Kim, S.-Y., Shin, J.-S., Lee, H.-H., Chung, K.-S., Rhee, Y. K., Cho, C.-W., Hong, H.-D., & Lee, K.-T. (2021). Polysaccharide fraction isolated from the leaves of *Hordeum vulgare* L. protects against colonic inflammation of systemic immune responses. *Journal of Functional Foods*, 87, 104765. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104765>
- Hipo Hipo, P. A. (2021). *Estudio de una mezcla de sacarosa más mora (Rubus glaucus) liofilizada para su aplicación en la industria alimentaria* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15529/1/27T00482.pdf>
- INEN 2304. (2008). *Refrescos o bebidas no carbonatadas. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://es.scribd.com/document/537817176/n-te-inen-2304-1>
- Kommineni, N., Butreddy, A., Sainaga Jyothi, V. G. S., & Angsantikul, P. (2022). Freeze-drying for the preservation of immunoengineering products. *iScience*, 25(10), 1-32. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105127>
<https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105127>
- León Riofrío, K. D. (2019). *Determinación de gluten en harina compuesta de trigo, cebada y centeno destinada para la obtención de piezas de pan* [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13587/1/LEON%20RIOFRIO%20KATHIA%20DAYANNARA.pdf>
- Liu, Y., Zhang, Z., & Hu, L. (2022). High efficient freeze-drying technology in food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(12), 3370-3388. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1865261>

- López, A. (2023). *Harina de cebada. Propiedades y beneficios de este cereal*. De rechupete. <https://www.recetasderechupete.com/harina-de-cebada-propiedades-y-beneficios-de-este-cereal/50947/>
- Lukinac, J., & Jukić, M. (2022). Barley in the Production of Cereal-Based Products. *Plants*, 11(24), 3519. <https://doi.org/10.3390/plants11243519>
- Mariño Quintana, R. I. (2020). *Caracterización agrosocioeconómica de los productores de cebada (Hordeum vulgare L) de la parroquia Guanujo, Guaranda, provincia Bolívar* [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MARI%C3%91O%20QUINTANA%20RICHARD%20ISRAEL.pdf>
- Marpa Vaccum. (2021). *Liofilización de alimentos: ¿qué es y qué procesos implica?* Marpa Vaccum. <https://marpavacuum.com/liofilizacion-de-alimentos/>
- Merivaara, A., Zini, J., Koivunotko, E., Valkonen, S., Korhonen, O., Fernandes, F. M., & Yliperttula, M. (2021). Preservation of biomaterials and cells by freeze-drying: Change of paradigm. *Journal of Controlled Release*, 336, 480-498. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2021.06.042>
- Merone, D., Colucci, D., Fissore, D., Sanjuan, N., & Carcel, J. A. (2020). Energy and environmental analysis of ultrasound-assisted atmospheric freeze-drying of food. *Journal of Food Engineering*, 283, 110031. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110031>
- Mohammadi, S. A., Abdollahi Sisi, N., & Sadeghzadeh, B. (2020). The influence of breeding history, origin and growth type on population structure of

barley as revealed by SSR markers. *Scientific Reports*, 10(1), 19165.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-75339-4>

Nakagawa, K., Horie, A., Nakabayashi, M., Nishimura, K., & Yasunobu, T. (2021). Influence of processing conditions of atmospheric freeze-drying/low-temperature drying on the drying kinetics of sliced fruits and their vitamin C retention. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6, 100231. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100231>

Navia Coarite, N. A., Nina Mollisaca, G. L., Mena Gallardo, E. P., & Salcedo Ortiz, L. (2019). Enzymatic hydrolysis in quinoa y tarwi flour by α -amylase effect. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1). <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1205>

Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>

Palma Amores, K. S. (2022). *Creación de un proyecto turístico con una experiencia interactiva basada en la cosecha y elaboración de productos a base de machica en la ciudad de Latacunga* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/20047/TESIS%20-%20PALMA%20AMORES%20KARINA%20SOLANGE.pdf?sequence=](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/20047/TESIS%20-%20PALMA%20AMORES%20KARINA%20SOLANGE.pdf?sequence=1)

1

Panizo Casado, M., Déniz Expósito, P., Rodríguez Galdón, B., Alfonso Morales, D., Ríos Mesa, D., Díaz Romero, C., & Rodríguez Rodríguez, E. M.

- (2020). The chemical composition of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) landraces from the Canary Islands. *Journal of Food Science*, 85(6), 1725-1734. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15144>
- Park, J., Cho, J. H., & Braatz, R. D. (2021). Mathematical modeling and analysis of microwave-assisted freeze-drying in biopharmaceutical applications. *Computers & Chemical Engineering*, 153, 107412. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107412>
- Pérez Albela. (2021). *Los beneficios de la cebada en la longevidad*. El Popular. <https://elpopular.pe/vida/2021/07/05/beneficios-cebada-longevidad-72431>
- Perri, G., Minisci, A., Montemurro, M., Pontonio, E., Verni, M., & Rizzello, C. G. (2023). Exploitation of sprouted barley grains and flour through sourdough fermentation. *LWT*, 187, 115326. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115326>
- Ponce Molina, L., Garófalo, J., Noroña, P., & Campaña, D. (2021). *Actividad de investigación en cereales* (Boletín Técnico No. 181). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5973/1/ACTIVIDADES%20DE%20INVESTIGACION%20EN%20CEREALES%20A%20IMPRESA.pdf>
- Ponce Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, & Cruz, E. (2020). *LA CEBADA (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana* (Manual No. 116). INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>

- Rivas Holguín, M. B., & Yautibug Zumba, D. R. (2021). “*Elaboración de un helado de machica para su aplicación en postres ecuatorianos como quimbolitos, pristiños y torta de guineo* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/54124/1/BINGQ-GS-21P04.pdf>
- Rybak, K., Parniakov, O., Samborska, K., Wiktor, A., Witrowa-Rajchert, D., & Nowacka, M. (2021). Energy and Quality Aspects of Freeze-Drying Preceded by Traditional and Novel Pre-Treatment Methods as Exemplified by Red Bell Pepper. *Sustainability*, 13(4), 2035. <https://doi.org/10.3390/su13042035>
- Saleem, M., Tahir, A., Ahmed, M., Khan, A., Burak, L. C., Hussain, S., & Song, L. (2023). Development of functional yogurt by using freeze-drying on soybean and mung bean peel powders. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1083389. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1083389>
- Tayupanda Tayupanda, P. S. (2018). *Estudio de la Machica y Nuevas Propuestas en el Área De Pastelería* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/36081/1/TESIS%20Gs.%20343%20-%20Estudio%20Machica%20Nuevas%20Prop%20area%20Pasteleria.pdf>
- Torruco-Uco, J. G., Rodríguez-Ortiz, J. D., Rodríguez-Miranda, J., Hernández-Santos, B., & Ramírez-Figueroa, E. (2020). Evaluación del germinado sobre la composición química y el color del frijol costeño (*Vigna unguiculata*). *Ingeniería Química*, 8.

- Uscanga, M. A., Salvador, A., Camacho, M. D. M., & Martínez-Navarrete, N. (2021). Impact of freeze-drying shelf temperature on the bioactive compounds, physical properties and sensory evaluation of a product based on orange juice. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(10), 5409-5416. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15086>
- USDA. (2023). *World Agricultural Production*. United States Department of Agriculture. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>
- Vanegas Romero, G. F., & Vera Sánchez, Y. T. (2019). *Efecto de la utilización de dos cereales *Hordeum vulgare* (Cebada), *Chenopodium quinoa* (Quinoa) y tres fuentes de almidón *Manihot esculenta* (Yuca), *Colocasia esculenta* (Malanga) E *Ipomoea batatas* (Camote), en la elaboración de cerveza artesanal* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3694/3/T-UTEQ-0078.pdf>
- Vásquez Rosero, C. A. (2021). *Aplicación tecnológica de las harinas de las provenientes de las cáscaras de banano (*Musa paradisiaca*) y piña (*Ananas comusus*) en la elaboración de una bebida láctea* [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VASQUEZ%20ROSERO%20CARMEN%20ADRIANA.pdf>
- Vega Aguirre, J. V. (2021). *La machica y la repostería clásica* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34522/1/Tesis%20final%20Vega%20Viviana.pdf>

- VIKUMER. (2023). *Liofilizadores Industrial para Alimentos*. Vikumer.
<https://vikumer.com/es/liofilizador-industrial-de-alimentos/>
- Vivar Romero, M. E. (2021). *Selección de líneas avanzadas de cebada (Hordeum vulgare L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad* [Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35986/6/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>
- Vivar Romero, M. E., & Gordillo Ortíz, T. de J. (2021). “*Selección de líneas avanzadas de cebada (Hordeum vulgare L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad* [Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35986/6/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>
- Waghmare, R. B., Perumal, A. B., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2021). Recent Developments in Freeze Drying of Foods. *Innovative Food Processing Technologies*, 3, 82-99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815781-7.00017-2>
- Ward, K. R., & Matejtschuk, P. (2021). *The Principles of Freeze-Drying and Application of Analytical Technologies*. 2180, 99-127.
https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0783-1_3
- Wodajo Bekele, D., & Admassu, S. (2022). Pumpkin flour qualities as affected by ultrasound and microwave pre-drying treatment. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 2409-2424.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2135536>

Wu, X.-T., Xiong, Z.-P., Chen, K.-X., Zhao, G.-R., Feng, K.-R., Li, X.-H., Li, X.-R., Tian, Z., Huo, F.-L., Wang, M.-X., & Song, W. (2022). Genome-Wide Identification and Transcriptional Expression Profiles of PP2C in the Barley (*Hordeum vulgare* L.) Pan-Genome. *Genes*, *13*(5), 834.
<https://doi.org/10.3390/genes13050834>

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



Anexo 2. Ficha de evaluación sensorial



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
 Carrera de Ingeniería Agroindustrial



EVALUACIÓN SENSORIAL

Fecha:.....**Nombre:**.....

Instrucciones: Evaluar cada una de las características de calidad y aceptabilidad.

Marque con una **X** la casilla que mejor indique su sentido a cerca de la muestra.

Características	Alternativas	Muestra 01	Muestra 02
Color	1. Malo		
	2. Regular		
	3. Bueno		
	4. Muy bueno		
	5. Excelente		
Olor	1. Malo		
	2. Regular		
	3. Bueno		
	4. Muy bueno		
	5. Excelente		
Sabor	1. Malo		
	2. Regular		
	3. Bueno		
	4. Muy bueno		
	5. Excelente		
Fluidez	1. Muy espeso		
	2. Espeso		
	3. Líquido		
	4. Semi-líquido		
	5. Ligero		
Aceptabilidad	1. Malo		
	2. Regular		
	3. Bueno		
	4. Muy bueno		
	5. Excelente		

Fuente: Wittig, E. (2001) modificado

Observaciones.....

Anexo 3. Análisis fisicoquímico de las materias primas (harina de cebada germinada y no germinada)

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYOS N° 293

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante	Jessica Jackelien Lucintuña Ramos y Mishel Rosalía Patín Báez				
Muestra	Harina de cebada germinada 15°/3 días, harina de cebada germinada 15°/4 días, harina de cebada germinada 15°/5 días, harina de cebada germinada 20°/3 días, harina de cebada germinada 20°/4 días, harina de cebada germinada 20°/5 días y harina de cebada tostada				
Código asignado UEB	INV- 522, INV- 523, INV-524; INV – 525 ; INV- 526; INV – 527 ; INV- 556				
Estado de la muestra	Sólido				
Envase de recepción	Bolsas plásticas				
Análisis requerido(s)	Humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína, carbohidratos				
Fecha de recepción	08 de noviembre del 2023				
Fecha de análisis	08-22 de noviembre del 2023				
Fecha de informe	27 de noviembre del 2023				
Técnico (s) asignado	MPWF				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Código de laboratorio	Muestra	Parámetros	Unidad	Método	Resultado
INV- 522	Harina de cebada germinada a 15°/3 días	Fibra	%	WEENDE	11,96
		Humedad	%	AOAC 925.10	8,54
		Ceniza	%	AOAC 923.03	2,00
		Grasa	%	AOAC 2003.06	1,95
		Carbohidratos	%	Por cálculo	63,5
		Proteína	%	DUMAS	11,5
INV- 523	Harina de cebada germinada a 15°/4 días	Fibra	%	WEENDE	13,00
		Humedad	%	AOAC 925.10	9,84
		Ceniza	%	AOAC 923.03	2,03
		Grasa	%	AOAC 2003.06	1,38
		Carbohidratos	%	Por cálculo	62,54
		Proteína	%	DUMAS	11,21
INV- 524	Harina de cebada germinada a 15°/5 días	Fibra	%	WEENDE	14,84
		Humedad	%	AOAC 925.10	8,89
		Ceniza	%	AOAC 923.03	2,00
		Grasa	%	AOAC 2003.06	2,95
		Carbohidratos	%	Por cálculo	60,13
		Proteína	%	DUMAS	11,19
INV- 525	Harina de cebada germinada a 20°/3 días	Fibra	%	WEENDE	9,29
		Humedad	%	AOAC 925.10	7,61
		Ceniza	%	AOAC 923.03	2,04
		Grasa	%	AOAC 2003.06	1,79
		Carbohidratos	%	Por cálculo	69,23
		Proteína	%	DUMAS	10,14

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA	Código	FPG12-01
	<small>Laguacoto II Km 1 1/2 vía a San Simón Cantón Guaranda Provincia Bolívar Ecuador</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 2 de 2

INV- 526	Harina de cebada germinada a 20°/4 días	Fibra	%	WEENDE	10,87
		Humedad	%	AOAC 925.10	7,16
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,88
		Grasa	%	AOAC 2003.06	1,59
		Carbohidratos	%	Por cálculo	68,65
		Proteína	%	DUMAS	10,20
INV- 527	Harina de cebada germinada a 20°/5 días	Fibra	%	WEENDE	12,65
		Humedad	%	AOAC 925.10	7,55
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,78
		Grasa	%	AOAC 2003.06	2,15
		Carbohidratos	%	Por cálculo	65,69
		Proteína	%	DUMAS	10,18
INV- 556	Harina de cebada tostada	Fibra	%	WEENDE	11,90
		Humedad	%	AOAC 925.10	5,08
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,80
		Grasa	%	AOAC 2003.06	2,99
		Carbohidratos	%	Por cálculo	63,65
		Proteína	%	DUMAS	7,18

Los resultados de los análisis corresponden a tres determinaciones por análisis.


 Ing. Favián Bayas, PhD
 Director DIVIUEB

Anexo 4. Análisis de proteína de todos los tratamientos de la harina germinada

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II Km 1 1/2 vía a San Simón Cantón Guaranda Provincia Bolívar Ecuador	Código	FG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 2

INFORME N° 234-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Jessica Jackeline Lucintuña Ramos, Mishel Rosalia Patín Baez					
Muestra	Germinados de cebada a diferentes temperaturas y harina de cebada tostada					
Código asignado UEB	INV- 522; INV- 523; INV- 524; INV- 525; INV- 526; INV- 527- INV- 556					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Funda plástica					
Análisis requerido(s)	Porcentaje de Proteína total					
Fecha de recepción	13-20/10/2023					
Fecha de análisis	08-21/11/2023					
Fecha de informe	24/11/2023					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Código de laboratorio	Muestra	Parámetros	Unidad	Método	Resultado	Promedio
INV- 522	Harina germinada de cebada a 15 °C por tres días- R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	11,48	11,45
	Harina germinada de cebada a 15 °C por tres días- R2				11,42	
	Harina germinada de cebada a 15 °C por tres días- R3				11,42	
INV- 523	Harina germinada de cebada a 15 °C por cuatro días- R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	11,07	11,21
	Harina germinada de cebada a 15 °C por cuatro días- R2				11,36	
	Harina germinada de cebada a 15 °C por cuatro días- R3				11,19	
INV- 524	Harina germinada de cebada a 15 °C por cinco días- R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	11,25	11,19
	Harina germinada de cebada a 15 °C por cinco días- R2				11,13	
	Harina germinada de cebada a 15 °C por cinco días- R3				11,19	
INV- 525	Harina germinada de cebada a 20 °C por tres días- R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	10,02	

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FPG12-01
	<small>Laguacoto II Km 1 1/2 via a San Simón Canton Guaranda Provincia Bolívar Ecuador</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 2 de 2

	Harina germinada de cebada a 20 °C por tres días- R2				10,14	10,14
	Harina germinada de cebada a 20 °C por tres días- R3				10,26	
INV- 526	Harina germinada de cebada a 20 °C por cuatro días- R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	10,19	10,20
	Harina germinada de cebada a 20 °C por cuatro días- R2				10,18	
	Harina germinada de cebada a 20 °C por cuatro días- R3				10,23	
INV- 527	Harina germinada de cebada a 20 °C por cuatro días- R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	10,31	10,18
	Harina germinada de cebada a 20 °C por cuatro días- R1				10,02	
	Harina germinada de cebada a 20 °C por cuatro días- R1				10,20	
INV- 556	Harina cebada tostada- R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	7,19	7,18
	Harina cebada tostada- R2				7,11	
	Harina cebada tostada- R3				7,25	

Las muestras son realizadas con tres réplicas




Dr. Favian Bayas Morejón
Director DIVIUEB

Anexo 5. Análisis de proteína de todos los tratamientos de la bebida liofilizada

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II Km 1 1/2 via a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador	Código	FG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2024
		Página	Página 1 de 2

INFORME N° 151-2024

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Jessica Jackelien Lucintuña Ramos y Mishel Rosalía Patín Báez					
Muestra	Colada de harina de cebada germinada liofilizada a diferente temperatura y tiempo.					
Código asignado UEB	INV- 127, INV- 128; INV- 129; INV – 130 ; INV- 131; INV – 132 ; INV- 133					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Bolsas plásticas					
Análisis requerido(s)	Porcentaje de Proteína total					
Fecha de recepción	13/05/2024					
Fecha de análisis	07/05/2024					
Fecha de informe	15/05-2024					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Código de laboratorio	Muestra	Parámetros	Unidad	Método	Resultado	Promedio
INV- 127	Colada de harina de cebada germinada 15°C/3 días liofilizada, tres réplicas	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	8,38	8,40
					8,38	
					8,44	
INV- 128	Colada de harina de cebada germinada 15°C/4 días liofilizada, tres réplicas	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	7,94	7,65
					7,69	
					7,31	
INV- 129	Colada de harina de cebada germinada 15°C/5 días liofilizada, tres réplicas	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	7,38	7,73
					8,25	
					7,56	
INV- 130	Colada de harina de cebada germinada 20°C/3 días liofilizada, tres réplicas	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	7,75	7,19
					7,13	
					6,69	
INV- 131	Colada de harina de		%	Dumas	7,25	

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		Código	FPG12-01
	Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS		Año	2024
			Página	Página 2 de 2

	cebada germinada 20°C/4 días liofilizada, tres réplicas	Porcentaje de proteína total			7,44	7,33
					7,31	
INV- 132	Colada de harina de cebada germinada 20°C/5 días liofilizada, tres réplicas	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	7,00	7,09
					7,15	
					7,13	
INV- 133	Colada de harina de cebada liofilizada, tres réplicas	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	6,25	6,19
					6,14	
					6,19	

Los análisis se realizaron con tres réplicas



Dr. Faviah Bayas Morejón
Director DIVIUEB

Anexo 6. Parámetros de liofilización de la colada de máchica

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador	version	1
		Año	2024
		Página	Página 1 de 1
INFORME DE RESULTADOS			

INFORME DE ENSAYOS N°175

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				
Solicitante	Jessica Lucintuña – Mishel Patín			
Muestra	Coladas de cebada			
Código asignado UEB	INV127-INV128-INV129-INV130-INV131-INV132-INV133			
Estado de la muestras	Viscosos			
Envase de recepción	Frascos de vidrio			
Análisis requerido(s)	Proceso de liofilización			
Fecha de recepción	03 de junio de 2024			
Fecha de análisis	03 -12 de junio 2024			
Fecha de informe	12 de junio de 2024			
Técnico (s) asignado	MPWF			
RESULTADOS OBTENIDOS				
PARAMETROS BROMATOLÓGICOS				
Código laboratorio	Muestra	Método	Condiciones	Rendimiento [%]
INV127- INV133	Colada de cebada	Liofilización	-56°C – 0,03 milibar	Aprox. 33,33


 Ing. Fawán Bayas, PhD.
 Director DIVIUEB

Anexo 7. Análisis bromatológico de la bebida de máchica liofilizada

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA <small>Leguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2024
		Página	Página 1 de 1



INFORME DE ENSAYOS N°150

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Solicitante	Jessica Lucintuña – Mishel Patín
Muestra	Colada de harina de cebada germinada 15°C/5 días liofilizada – Colada de harina de cebada liofilizada
Código asignado UEB	INV131 – INV133
Estado de la muestras	Pulverizadas
Envase de recepción	Bolsas plásticas
Análisis requerido(s)	Humedad, ceniza, grasa, fibra, carbohidratos, calorías
Fecha de recepción	13 de mayo de 2024
Fecha de análisis	13-15 de mayo de 2024
Fecha de informe	15 de mayo de 2024
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV131	Colada de harina de cebada germinada 15°C/5 días liofilizada	Humedad	%	AOAC 925.10	5,63
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,29
		Grasa	%	AOAC 2003.06	0,78
		Fibra	%	WEENDE	4,58
		Carbohidratos	%	Por cálculo	80,29
		Calorías	Kilocalorías	Por cálculo	357,37
INV133	Colada de harina de cebada liofilizada	Humedad	%	AOAC 925.10	5,37
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,37
		Grasa	%	AOAC 2003.06	2,65
		Fibra	%	WEENDE	5,34
		Carbohidratos	%	Por cálculo	74,54
		Calorías	Kilocalorías	Por cálculo	349,33

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis.



 Ing. Favian Bayas, PhD.
 Director DIVIUEB

Anexo 8. Análisis microbiológico de la bebida de máchica liofilizada

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2024
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°174

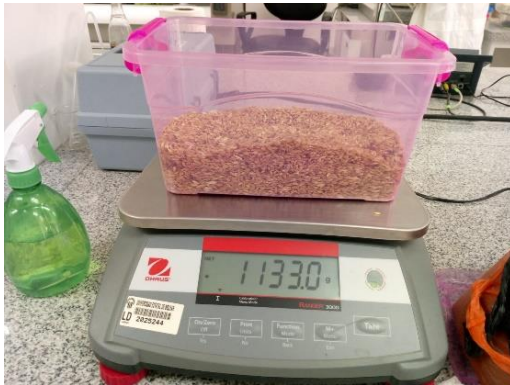
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante	Jessica Lucintuña – Mishel Patin				
Muestra	Colada de harina de cebada germinada 15°C/5 días liofilizada – Colada de harina de cebada liofilizada				
Código asignado UEB	INV131 – INV133				
Estado de la muestras	Pulverizados				
Envase de recepción	Bolsas plásticas				
Análisis requerido(s)	<i>E. Coli – Coliformes Totales – Salmonella – Mohos y Levaduras</i>				
Fecha de recepción	03 de junio de 2024				
Fecha de análisis	03-11 de junio 2024				
Fecha de informe	12 de junio de 2024				
Técnico (s) asignado	MPWF				
RESULTADOS OBTENIDOS					
PARAMETROS BROMATOLÓGICOS					
Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV131	Colada de harina de cebada germinada 15°C/5días liofilizada	<i>E. Coli</i>	Ufc	Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
		<i>Coliformes Totales</i>		Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
		<i>Salmonella</i>		Petrifilm	Ausencia
		<i>Mohos y Levaduras</i>		Petrifilm (AOAC 997.02)	Ausencia
INV133	Colada de harina de cebada liofilizada	<i>E. Coli</i>	Ufc	Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
		<i>Coliformes Totales</i>		Petrifilm (AOAC 991.14)	Ausencia
		<i>Salmonella</i>		Petrifilm	Ausencia
		<i>Mohos y Levaduras</i>		Petrifilm (AOAC 997.02)	Ausencia

Los análisis realizados fueron con tres diluciones y tres réplicas

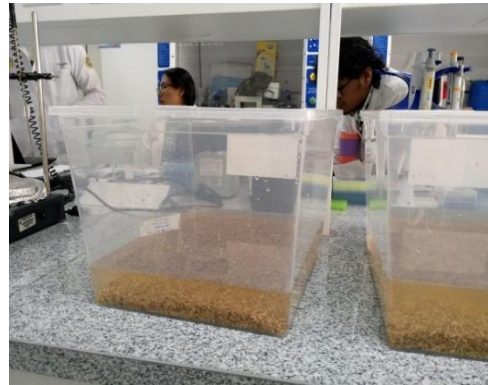


Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

Anexo 9. Fotografías del proceso de germinación de la cebada



Preparación de la cebada



Cámaras de germinados



Control de pesos de germinados



Germinados de cebada

Anexo 10. Fotografías de los análisis fisicoquímicos de la materia prima



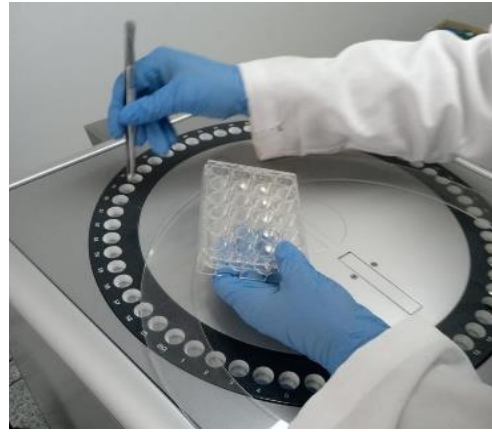
Muestras de cebada germinada



Análisis de cenizas



Determinación de grasa



Análisis bromatológico

Anexo 11. *Elaboración de la bebida de máchica*



Triturado de los germinados secos



Tamizado de la harina



Ingredientes para la bebida



Cocción de la bebida de máchica

Anexo 12. Proceso de liofilización de la bebida de máchica



Preparación de la bebida de máchica



Muestras de la bebida de máchica



Liofilización de la bebida de máchica



Empacado de la bebida liofilizada

Anexo 13. Pruebas sensoriales de la bebida de máchica liofilizada



Catadores



Pruebas sensoriales

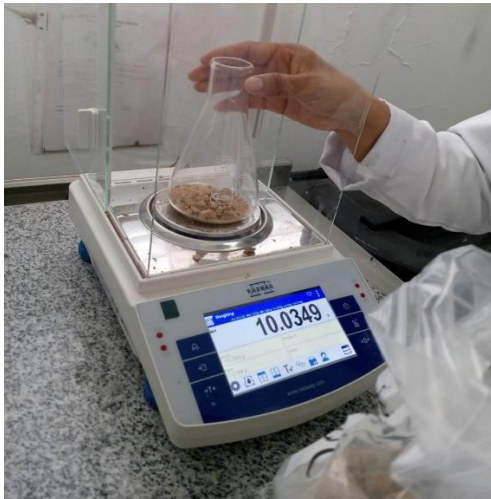


Degustación de la bebida de máchica

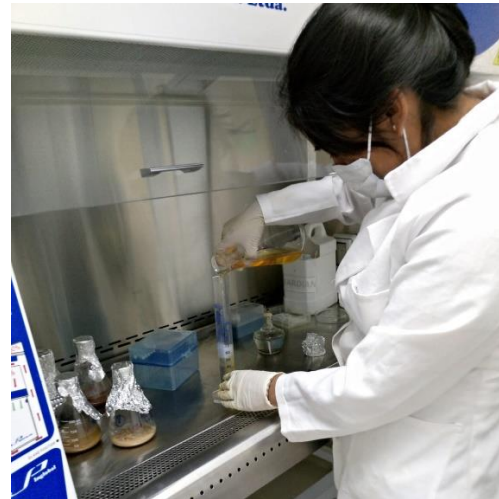


Explicación de la prueba sensorial

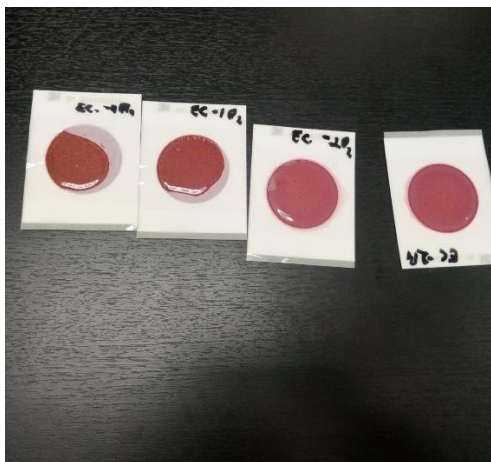
Anexo 14. Análisis microbiológico de la bebida de máchica liofilizada



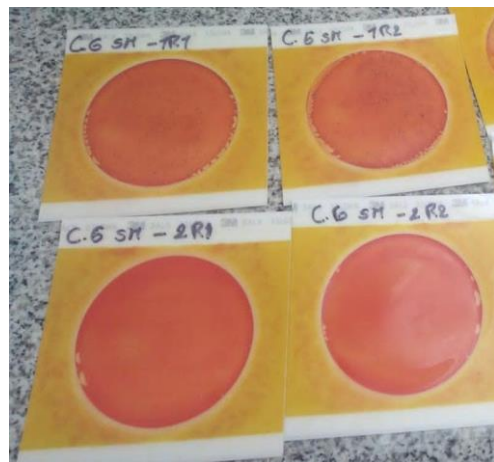
Peso de muestra del polvo liofilizado



Preparación de muestras



Cultivos



Cuantificación de microorganismos

GLOSARIO

Cámara de liofilización: es el equipo utilizado para la liofilización, que consiste en una cámara sellada donde se colocan los productos a liofilizar y se aplican los diferentes procesos.

Cebada: es una planta cerealera que se utiliza en la producción de bebidas alcohólicas, alimentos y piensos para animales.

Colada: es una bebida caliente que se prepara a partir de la mezcla de harina de cereales con agua, azúcar y canela, entre otros ingredientes.

Liofilización: es un proceso de deshidratación en el que se congela el producto y luego se somete a un vacío para eliminar el agua por sublimación.

Máchica: es un alimento tradicional andino que se obtiene a partir de la molienda y tostado de granos de cereales como la cebada, el maíz o la quinua.

Molienda: es el proceso de triturar o moler los granos de cereales para obtener una harina fina.

Precongelación: es la etapa previa a la liofilización en la que se congela el producto para proteger su estructura durante la deshidratación.

Pirólisis: es la degradación térmica de un compuesto orgánico en ausencia de oxígeno.

Tostado: es el proceso de calentar los granos de cereales para eliminar la humedad y desarrollar su sabor y aroma.

Tamizado: es el proceso de separar las partículas de diferente tamaño en una mezcla utilizando un tamiz o cedazo.

Vida útil: es el tiempo durante el cual un alimento mantiene su calidad y propiedades nutricionales y organolépticas después de su elaboración.

Vitrificación: es un proceso en el que la solución de un producto se solidifica sin cristalizarse, lo que puede ocurrir en la liofilización si no se controlan adecuadamente las variables del proceso.