



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINAS
PRECOCIDAS DE DOS VARIETADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)
RITA E INIAP-CAÑICAPA 2003”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Agroindustriales

AUTORES:

Pila Faz Roxana Eveling

Sigcha López Jefferson David

TUTOR:

Romero Corral Renato Agustín

LATACUNGA - ECUADOR

Agosto – 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Pila Faz Roxana Eveling, con cédula de ciudadanía N° 1726855255; y Sigcha López Jefferson David, con cédula de ciudadanía N° 0504290065 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) RITA E INLAP CAÑICAPA 2003”**, siendo el Ingeniero Mg. Renato Agustín Romero Corral, Tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 14 de agosto del 2024



Roxana Eveling Pila Faz

CC: 1726855255

Estudiante



Jefferson David Sigcha López

CC: 0504290065

Estudiante

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PILA FAZ ROXANA EVELING**, identificado con cédula de ciudadanía N° 1726855255, de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Dr. Idalia Eleonora Pacheco Tigsalema, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Estudio de las propiedades funcionales de harinas precocidas de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico:

Fecha de inicio de la carrera: Octubre 2020 – Marzo 2021

Fecha de finalización: Abril 2024 – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ingeniero Mg. Renato Agustín Romero Corral

Tema: “Estudio de las propiedades funcionales de harinas precocidas de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b. La publicación del trabajo de grado.
- c. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que LA CESIONARIA no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido LA CEDENTE declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de LA CESIONARIA el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo LA CEDENTE podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de LA CEDENTE en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga 14 de agosto del 2024.



Roxana Eveling Pila Faz
LA CEDENTE

Dr. Idalin Eleonora Pacheco Tigsalema
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SIGCHA LÓPEZ JEFFERSON DAVID**, identificado con cédula de ciudadanía N° 0504290065, de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Dr. Idalia Eleonora Pacheco Tigsalema, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Estudio de las propiedades funcionales de harinas precocidas de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico:

Fecha de inicio de la carrera: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Fecha de finalización: Abril 2024 – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ingeniero Mg. Renato Agustín Romero Corral

Tema: “Estudio de las propiedades funcionales de harinas precocidas de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b. La publicación del trabajo de grado.
- c. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que LA CESIONARIA no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido EL CEDENTE declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de LA CESIONARIA el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo EL CEDENTE podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de EL CEDENTE en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga 14 de agosto del 2024.

Jefferson David Sigcha López
EL CEDENTE

Dr. Idalia Elcomra Pacheco Tigsalema
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIETADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) RITA E INIAF-CAÑICAPA 2003”, de Roxana Eveling Pila Faz; y, Jefferson David Sigcha López, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 14 de agosto del 2024



Ing. Renato Agustín Romero Carral, Mg.
CC: 1717122483
DOCENTE TUTOR

AVAL DEL TRIBUNAL DE LECTORES

En calidad del Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Roxana Eveling Pila Faz; y, Jefferson David Sigcha López, con el título del Proyecto de Investigación: **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) RITA E INIAP-CAÑICAPA 2003”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 14 de agosto del 2024


Ing. Ana Mariela Trávez Castellano, Mg.
CC: 0502270937
Lector 1 (PRESIDENTA)


Ing. Nancy Fabiola Tenán Moreano, Mg.
CC: 0503352122
Lector 2 (MIEMBRO)


Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.
CC: 1714592746
Lector 3 (MIEMBRO)

DEDICATORIA

A mi amado hijo Adrian Pila, quien ha sido mi mayor fuente de inspiración. Su amor incondicional ha sido una parte fundamental en este camino de mi vida. Espero que mi dedicación a la educación y el conocimiento te motive a alcanzar tus propias metas. Te amo más de lo que las palabras pueden expresar.

A mi querida hermana Silvana Pila, quien ha sido la persona que me ha brindado su apoyo incondicional en los momentos buenos y malos, quien me ha mostrado que el esfuerzo, la dedicación y la perseverancia valen la pena, que el rendirse no es opción, por el contrario, se debe luchar cada día. Esta tesis es un reflejo de nuestro viaje juntas.

A mis queridos padres, Alfonso Pila y Digna Faz quienes han sido mi pilar y guía en la búsqueda de mis sueños, quienes me han enseñado a superar cada obstáculo a lo largo de mi vida. Su constante sacrificio para apoyarme y formarme ha sido invaluable. Sus enseñanzas han sido la base de cada uno de mis logros.

A mis hermanos Victor Pila, Guillermo Pila, Andres Pila quienes han sido mi apoyo y motivación. Su amor y complicidad me han motivado a ser la mejor versión de mí misma. A mis queridos sobrinos que con sus ocurrencias llenan mi vida de alegría.

Este proyecto es un testimonio de su profunda influencia en mi vida, y les dedico con mucho cariño y amor. Que Dios los guarde y la vida permita tenerlos siempre a mi lado.

Roxana Eveling Pila Faz

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi cariño a mi madre, Asusena López, cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificios han sido la base de mi fortaleza y determinación a lo largo de este proceso.

A mi tía, Magaly López, cuya sabiduría y aliento constante me han inspirado a superar cada desafío y a mantenerme enfocado en mis objetivos. Mi abuelita, Laura Menor, por su amor incondicional, enseñanzas valiosas y el ejemplo de perseverancia que siempre me ha guiado.

Dedico también esta tesis con profundo cariño a mi querido abuelito Jorge López, cuya memoria y legado han sido una fuente constante de inspiración en mi vida, aunque ya no está físicamente conmigo, su influencia y sabiduría permanecen en cada paso que doy. Gracias por ser mi pilar y por hacer posible cada paso de este logro.

Con todo mi amor y gratitud.

Jefferson David Sigcha López

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar expresando mi gratitud a Dios, por permitirme alcanzar una meta más en mi vida, por guiarme y fortalecerme en momentos de dificultad.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la magnífica oportunidad de formar parte de esta prestigiosa institución. Estoy especialmente agradecida a la carrera de Agroindustria, donde mis docentes han sabido guiarme y compartir sus valiosos conocimientos a lo largo de esta etapa de mi vida. Su sabiduría ha sido fundamental para mi crecimiento y desarrollo profesional.

Mi más sincero agradecimiento a mi tutor, Ing. Renato Romero, por su inestimable orientación, dedicación y paciencia durante este proceso. Su excelencia como docente y su capacidad para ofrecer consejos y opiniones han sido de gran importancia tanto en mi vida como en el avance de este proyecto de investigación.

Agradezco también al docente Químico Orlando Rojas, por ser una parte esencial en la asesoría de esta investigación, lo que ha permitido llevar a cabo este proyecto de manera asertiva.

A mis lectores, les agradezco por su valiosa orientación y por brindarme su tiempo y paciencia a lo largo de este proceso.

Roxana Eveling Pila Faz

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, han contribuido a lo largo de mi formación académica en la Universidad

A mi madre, Asusena López; a mi tía, Magaly López; a mi abuelita, Laura Menor; y a la memoria de mi abuelito, les agradezco por ser mi fortaleza y por brindarme siempre su comprensión, cariño y motivación. Su presencia en mi vida ha sido fundamental para alcanzar este logro.

Quiero agradecer también al Ing. Renato Romero, Mg, mi tutor, por su invaluable guía y apoyo durante la realización de esta tesis. Su conocimiento y dedicación han sido fundamentales para la culminación de este trabajo. Agradezco también al Quim. Orlando Rojas por su asesoría y por compartir su experiencia, contribuyendo significativamente a mi formación.

A mis amigos y compañeros de clase, gracias por los momentos compartidos, por el apoyo mutuo y por hacer que este camino fuera más llevadero. Sus palabras de aliento y su amistad han sido clave en mi formación. Así como también un agradecimiento a mi Papá

Finalmente, agradezco a todas las personas que de alguna manera estuvieron presentes durante mi tiempo en la Universidad. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida y en este logro que hoy celebro.

Jefferson David Sigcha López

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iv
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DEL TRIBUNAL DE LECTORES.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
DEDICATORIA.....	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
AGRADECIMIENTO.....	xii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
1 DATOS GENERALES.....	3
2 DISEÑO DEL PROYECTO.....	4
2.1 Planteamiento del problema.....	4
2.2 Marco contextual.....	5
2.3 Formulación del problema.....	6
2.4 Objetivos.....	7
2.4.1 Objetivo General.....	7
2.4.2 Objetivo Específicos.....	7
2.5 Actividades y sistemas de tareas en relación de los objetivos planteados.....	8
2.6 Fundamentación teórica.....	10
2.6.1 Marco Teórico.....	10
2.6.1.1 Antecedentes.....	10
2.6.1.2 Cebada.....	13
2.6.1.3 Estructura del grano de cebada.....	14

2.6.1.4	Taxonomía de la cebada.....	14
2.6.1.5	Producción de cebada.....	15
2.6.1.6	Composición Química de la cebada.....	16
2.6.1.7	Variedades de cebada y características.....	17
2.6.1.8	Cebada Rita.....	17
2.6.1.9	Características Morfológicas cebada RITA.....	18
2.6.1.10	Composición fisicoquímica de la cebada RITA.....	18
2.6.1.11	Cebada INIAP-CAÑICAPA 2003.....	19
2.6.1.12	Características Morfológicas cebada INIAP-CAÑICAPA 2003.....	19
2.6.1.13	Composición fisicoquímica de la cebada INIAP-CAÑICAPA 2003.....	19
2.6.1.14	Usos de la de cebada.....	20
2.6.1.15	Precocción.....	20
2.6.1.16	Precocción por extrusión.....	21
2.6.1.17	Precocción por tueste o en plancha.....	21
2.6.1.18	Precocción en marmita.....	22
2.6.1.19	Precocción en autoclave.....	22
2.6.1.20	Uso de las harinas precocidas.....	24
2.6.1.21	Propiedades funcionales de las harinas precocidas.....	24
2.6.2	Marco conceptual.....	27
2.7	Metodología del proyecto de investigación.....	28
2.7.1	Tipos de Investigación.....	28
2.7.1.1	Investigación aplicada.....	28
2.7.1.2	Investigación exploratoria.....	28
2.7.2	Métodos de investigación.....	29
2.7.2.1	Método científico.....	29
2.7.3	Técnicas de Investigación.....	29
2.7.4	Materiales, equipos, insumos y reactivos.....	29
2.7.4.1	Materia prima.....	29
2.7.4.2	Materiales de laboratorio.....	29
2.7.4.3	Instrumentación.....	29
2.7.4.4	Equipos.....	29

2.7.4.5	Reactivos	30
2.7.5	Metodología para la caracterización de los parámetros fisicoquímicas.....	30
2.7.5.1	Determinación de parámetros fisicoquímicos	30
2.7.5.2	Humedad AOAC 925.10	30
2.7.5.3	Proteína AOAC 2001.11	31
2.7.5.4	Fibra AOAC 930.15	31
2.7.5.5	Grasa AOAC 920.39	32
2.7.5.6	Ceniza AOAC 923.03	33
2.7.5.7	Carbohidratos	33
2.7.6	Metodología para el proceso de obtención de harinas precocidas	33
2.7.6.1	Obtención de la harina precocida	34
2.7.7	Metodología para determinación de los análisis físicos de las harinas precocidas.	35
2.7.7.1	Índice de Solubilidad.....	35
2.7.7.2	Higroscopicidad	35
2.7.7.3	Densidad aparente	36
2.7.7.4	Densidad compactada.....	36
2.7.7.5	Índice de Hausner.....	37
2.7.7.6	Ángulo de reposo	38
2.7.8	Metodología para determinar los parámetros fisicoquímicos y las propiedades funcionales de las harinas precocidas del tratamiento óptimo	39
2.7.9	Determinación de los parámetros fisicoquímicos	39
2.7.10	Determinación de las propiedades funcionales.....	39
2.7.10.1	Mixolab.....	39
2.8	Hipótesis.....	40
2.8.1	Hipótesis Nula.....	40
2.8.2	Hipótesis alternativa.....	40
2.9	Diseño experimental.....	40
2.10	Análisis y discusión de resultados.....	43
2.10.1	Caracterización de las dos variedades de cebada en función a los parámetros fisicoquímicos.....	43
2.10.2	Obtención de las harinas precocidas de cebada en sus diferentes tratamientos.....	45

2.10.3	Evaluación de las propiedades físicas de las harinas precocidas	48
2.10.4	Matriz experimental de la variedad RITA	54
2.10.4.1	Evaluación del modelo para la proteína	57
2.10.5	Matriz experimental de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003	61
2.10.5.1	Evaluación del modelo para la proteína	65
2.10.6	Análisis de las propiedades funcionales y los parámetros fisicoquímicos de harinas precocidas del tratamiento óptimo.....	70
2.10.6.1	Parámetros fisicoquímicos.....	70
2.10.6.2	Propiedades funcionales	72
3	IMPACTOS DEL PROYECTO	73
3.1	Impacto técnico	73
3.2	Impacto social	73
3.3	Impacto económico	74
3.4	Impacto ambiental	74
4	RECURSOS Y PRESUPUESTO	75
5	CONCLUSIONES.....	77
6	RECOMENDACIONES	78
7	BIBLIOGRAFÍA.....	79
8	ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados	8
Tabla 2. Taxonomía de la cebada	15
Tabla 3. Composición química promedio de la cebada	17
Tabla 4. Características morfológicas de la cebada RITA.....	18
Tabla 5. Características morfológicas de la cebada INIAP-CAÑICAPA 2003.....	19
Tabla 6. Interpretación del índice de Hausner	37
Tabla 7. Propiedades de flujo y sus correspondientes ángulos de reposo	38
Tabla 8. Descripción del diseño experimental.....	41
Tabla 9. Descripción de los tratamientos de estudio.....	41
Tabla 10. Descripción de las variables de estudio	42
Tabla 11. Análisis fisicoquímicos de las variedades de cebada.....	43
Tabla 12. Descripción del rendimiento del tratamiento óptimo de las harinas precocidas de las dos variedades de cebada.....	47
Tabla 13. Análisis físicos de la variedad de cebada RITA	48
Tabla 14. Análisis físicos de la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003	51
Tabla 15. Matriz experimental para determinar el tratamiento óptimo de la harina precocida de la variedad de cebada RITA.....	54
Tabla 16. Parámetros del modelo codificado para la solubilidad de la variedad RITA	55
Tabla 17. Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína en el grano precocido de la variedad RITA.....	57
Tabla 18. Tratamiento óptimo del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad RITA.	60
Tabla 19. Matriz experimental para determinar el tratamiento óptimo de la harina precocida de la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003	62

Tabla 20. Parámetros del modelo codificado para la solubilidad obtenido de la harina precocida de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003	63
Tabla 21. Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína obtenido del grano precocido de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003	65
Tabla 22. Tratamiento óptimo del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.	68
Tabla 23. Análisis fisicoquímicos de la harina precocida del tratamiento óptimo de las dos variedades de cebada.....	70
Tabla 24. Presupuesto para el proyecto de investigación	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cebada.....	13
Figura 2. Estructura del grano de Cebada.....	14
Figura 3. Producción de la cebada en las provincias de la Sierra año 2022-2023.....	16
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de la obtención de harina precocida de las variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003.....	46
Figura 5. Superficie de respuesta para la solubilidad obtenido de la harina precocida de la variedad RITA.....	56
Figura 6. Superficie de respuesta para el contenido de proteína obtenido del grano precocido de la variedad RITA.....	59
Figura 7. Deseabilidad del tratamiento óptimo para el rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad RITA.....	61
Figura 8. Superficie de respuesta para la solubilidad obtenido de la harina precocida de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.....	64
Figura 9. Superficie de respuesta para el contenido de proteína obtenido del grano precocido de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.....	67
Figura 10. Deseabilidad del tratamiento óptimo para el rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad RITA.....	68

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
TÍTULO: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) RITA E INIAP-CAÑICAPA 2003”

Autores:
Pila Faz Roxana Eveling
Sigcha López Jefferson David

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo analizar las propiedades funcionales de harinas precocidas obtenidas de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*), RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003. Para ello, se utilizó una metodología de precocción en autoclave, que consistió en la aplicación de diferentes combinaciones de temperaturas (110, 115 y 120 °C) y tiempos (10, 20 y 30 minutos). Estos factores permitieron realizar diferentes corridas experimentales, que permitieron identificar la corrida con mayor contenido de proteína en el grano precocido y mejor solubilidad en la harina precocida. Esto se llevó a cabo mediante un diseño cuadrático de superficie de respuesta, que incluyó un total de 16 corridas experimentales; para la variedad RITA se determinó que el tratamiento óptimo fue a una temperatura de 110 °C con un tiempo de 30 minutos, obteniendo un contenido de proteína de 6,59 % y una solubilidad de 6,61%. Por otro lado, para la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003, el tratamiento óptimo obtenido fue a una temperatura de 111°C con un tiempo de 30 minutos, obteniendo un contenido de proteína de 9,50% y una solubilidad de 6,63%. En cuanto a los análisis fisicoquímicos del tratamiento óptimo, se observó que la variedad RITA presenta un contenido de humedad del 7,62%, proteína del 11,09%, fibra del 4,99%, grasa del 1,35%, ceniza del 1,74% y carbohidratos del 73,21%. Por su parte, la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 muestra una humedad del 5,95%, proteína del 14,98%, fibra del 6,02%, grasa del 1,79%, ceniza del 2,56% y un contenido de carbohidratos del 68,70%. Sin embargo, las propiedades funcionales realizadas en el equipo MIXOLAB II indicaron resultados que no fueron favorables. Sugiriendo que las características reológicas (índice de absorción de agua, amasado, gluten, viscosidad, amilasa y retrogradación) de las harinas precocidas no son idóneas para panificación.

Palabras clave: Harina precocida, propiedades funcionales, solubilidad, contenido de proteína, cebada, autoclave.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES
THEME: “STUDY OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF PRECOOKED FLOURS
FROM TWO VARIETIES OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) RITA AND INIAPCAÑICAPA
2003”

Authors:
Pila Faz Roxana Eveling
Sigcha López Jefferson David

ABSTRACT

The objective of this research project was to analyze the functional properties of precooked flours obtained from two varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.), RITA and INIAPCAÑICAPA 2003. To do so, a precooking methodology in an autoclave was used, which consisted of the application of different combinations of temperatures (110, 115 and 120 °C) and times (10, 20 and 30 minutes). These factors allowed different experimental runs to be carried out, which allowed the identification of the run with the highest protein content in the precooked grain and the best solubility in the precooked flour. This was carried out using a quadratic response surface design, which included a total of 16 experimental runs; for the RITA variety, it was determined that the optimal treatment was at a temperature of 110 °C with a time of 30 minutes, obtaining a protein content of 6.59% and a solubility of 6.61%. On the other hand, for the INIAP-CAÑICAPA 2003 variety, the optimal treatment obtained was at a temperature of 111 °C with a time of 30 minutes, obtaining a protein content of 9.50% and a solubility of 6.63%. Regarding the physicochemical analysis of the optimal treatment, it was observed that the RITA variety has a moisture content of 7.62%, protein of 11.09%, fiber of 4.99%, fat of 1.35%, ash of 1.74% and carbohydrates of 73.21%. On the other hand, the INIAPCAÑICAPA 2003 variety shows a moisture content of 5.95%, protein of 14.98%, fiber of 6.02%, fat of 1.79%, ash of 2.56% and a carbohydrate content of 68.70%. However, the functional properties performed on the MIXOLAB II equipment indicated results that were not favorable. Suggesting that the rheological characteristics (water absorption index, kneading, gluten, viscosity, amylase and retrogradation) of precooked flours are not suitable for baking.

Keywords: Precooked flour, functional properties, solubility, protein content, barley, autoclave

INTRODUCCIÓN

Este estudio tiene como objetivo mejorar y perfeccionar el proceso de producción de harinas precocidas a partir de las variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003, buscando obtener los mejores resultados en calidad, funcionalidad y eficiencia. Para lograr esto, la investigación evalúa las propiedades fisicoquímicas y funcionales de estas harinas bajo diversos factores de tiempo y temperatura de precocción en autoclave. La razón fundamental de este trabajo es responder a la necesidad de mejorar la producción de harinas precocidas de cebada en Ecuador. Aunque la cebada al ser considerada un cereal con gran potencial gracias a su adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y su importancia en la dieta local, la producción de harinas precocidas de cebada en el contexto ecuatoriano aún requiere mayor atención y desarrollo. En particular, la reducción en la superficie sembrada y la producción de cebada en años recientes resalta la necesidad de maximizar el uso de este recurso agrícola.

(Ponce-Molina et al., 2020), menciona que, la cebada es un cereal antiguo y versátil, ampliamente cultivado en todo el mundo y utilizado en diversas aplicaciones, desde la alimentación humana y animal hasta la industria cervecera. En Ecuador, la cebada juega un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía agrícola debido a su capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas. Según el (INEC-ESPAC, 2024), en el año 2022 se sembraron 8.443 hectáreas de cebada, con una cosecha de 7.636 hectáreas y una producción de 11.115 toneladas. Sin embargo, en 2023, estas cifras disminuyeron a 6.672 hectáreas sembradas, 5.915 hectáreas cosechadas y 8.517 toneladas producidas.

En Ecuador, la harina de cebada se consume en forma de sopas, machica, pinol y coladas. Productos que se encuentran en el mercado siendo estos elaborados de forma artesanal, lo que ha limitado su expansión y aceptación en el mercado nacional. Por lo tanto, es recomendable desarrollar propuestas de mejora para la utilización de la harina de cebada en la industria de panificación, lo cual podría incrementar su valor nutritivo y funcional (Herrera Ortega, 2012).

Este estudio se centra en dos variedades específicas de cebada, RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003, con el fin de evaluar diferentes condiciones de precocción y verificar si estas afectan sus propiedades fisicoquímicas como sus funcionales. La metodología incluye la aplicación de diferentes temperaturas y tiempos de precocción en una autoclave para producir harinas precocidas. Posteriormente, se evaluarán las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las harinas obtenidas, incluyendo solubilidad, higroscopicidad, densidad compactada y otros parámetros relevantes.

En los resultados preliminares, se observó que algunas corridas de autoclave en cada variedad ofrecieron mejores resultados en términos de solubilidad y contenido proteico. Sin embargo, otros análisis realizados en Mixolab II son índice de absorción de agua, índice de amasado, índice de gluten, índice de viscosidad, índice de amilasa e índice de retrogradación. Por otro lado, las muestras óptimas se sometieron a análisis nutricionales detallados, incluyendo humedad, proteína, fibra, grasa, ceniza y carbohidratos. Mostrando que la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 tiene mejores atributos. La optimización del proceso de precocción es crucial para mejorar la calidad y funcionalidad de la harina de cebada, lo cual puede abrir nuevas oportunidades en la industria alimentaria y apoyar la seguridad alimentaria local. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio es optimizar la producción de harinas precocidas a partir de estas variedades de cebada.

El presente proyecto de investigación se enfoca en analizar los parámetros fisicoquímicos y las propiedades funcionales de las harinas precocidas de cebada, bajo ciertos factores de tiempo y temperatura de precocción en una autoclave. La importancia de este estudio radica en la escasez de investigaciones específicas sobre estas variedades locales y en el tipo de metodología utilizada para mejorar tanto la calidad como la funcionalidad del producto final. La optimización de este proceso no solo tiene el potencial de elevar el valor nutritivo de la harina de cebada, sino que también puede diversificar su uso en la industria alimentaria, ofreciendo nuevas oportunidades para la valorización de productos basados en esta harina precocida.

1 DATOS GENERALES

Título del proyecto de investigación: “Estudio de las propiedades funcionales de harinas precocidas de dos variedades de cebada (*Hordeum Vulgare L.*) RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003”

Fecha de inicio: 03 de mayo del 2024

Fecha de finalización: 07 de agosto del 2024

Lugar de ejecución

Barrio: Salache

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3

Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia

Carrera de Agroindustria

Equipo de trabajo:

Tutor de Titulación

Ing. Romero Corral Renato Agustín, Mg.

Investigadores

Investigador 1: Pila Faz Roxana Eveling

Investigador 2: Sigcha López Jefferson David

Línea de investigación

Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub línea de investigación

Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales

2 DISEÑO DEL PROYECTO

2.1 Planteamiento del problema

La cebada, al ser uno de los cereal más cultivados a nivel mundial, después del maíz, trigo y arroz, y siendo está usada para la producción de cerveza y harina (Rivadeneira et al., 2003). En Ecuador en los últimos años han ido en descenso. Según los datos del (INEC-ESPAC, 2024), en el año 2023 hubo una producción de 8.517 toneladas métricas, lo que indica una disminución significativa en comparación con años anteriores.

La reducción en la producción de cebada tiene repercusiones directas en la seguridad alimentaria, restringiendo la disponibilidad de este recurso. Además, impacta negativamente en los ingresos de agricultores y productores, amenazando la estabilidad económica de las áreas que dependen de este cultivo. Esta insostenible situación ha llevado a una disminución en la disponibilidad de productos elaborados con harina de cebada, lo que, a su vez, fomenta un desinterés en su consumo y favorece el consumo de productos que no son saludables, como es el consumo de la harina de trigo refinada, la cual carece de nutrientes, así como el consumo de harinas de maíz o harina de arroz refinadas, que presentan un alto contenido de carbohidratos y son bajas en fibra. Asimismo, los productos ultraprocesados, ricos en azúcares y grasas y que contienen aditivos poco saludables, ganan terreno en el mercado (Marti et al., 2021).

Las causas que explican la disminución en la producción de cebada son diversas. Entre ellas se destacan los cambios climáticos que alteran las condiciones necesarias para el desarrollo del cultivo, así como la aparición de enfermedades y plagas que afectan tanto la calidad como la cantidad de la cosecha. Además, el aumento en la superficie dedicada a otros cultivos, como el brócoli, que alcanzó una producción de 130,385.21 toneladas métricas, y las papas, con 58,190.81 toneladas métricas, según los datos reportados por el (INEC-ESPAC, 2024) en el año 2023.

Si esta tendencia negativa sigue en los próximos años, es probable que a corto y medio plazo la disponibilidad de cebada siga disminuyendo, lo que podría provocar un

aumento en los precios y una mayor escasez en el mercado. Por tanto, esto afectaría la economía local y disminuiría la diversidad de productos alimenticios accesibles para los consumidores. Además, la situación económica de los agricultores y sus familias se vería gravemente afectada por la falta de ingresos estables derivados de este cultivo.

Para abordar y disminuir los problemas actuales, es fundamental fomentar la producción y comercialización de productos de cebada, en particular de las harinas precocidas, debido a que al tener un método de precocción diferente, estas harinas puede contar con una vida útil prolongada (Magro Porras, 2015). Esto no solo contribuirá al crecimiento del sector, sino que también brindará alternativas más saludables y nutritivas a los consumidores. Para ello es fundamental poner en marcha programas de concientización que destaquen las propiedades nutricionales de la harina precocida de cebada, promoviendo así su consumo entre la población.

Por lo tanto, es esencial brindar apoyo institucional a las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la producción y comercialización de cebada y sus derivados, incluidas las harinas precocidas. Este apoyo contribuirá a fortalecer la cadena de valor y asegurar la viabilidad económica de los productores.

2.2 Marco contextual

La harina precocida de cebada proviene de un cultivo tradicional en la región de Cotopaxi, Ecuador, que ha sido esencial para el sustento económico de numerosos agricultores. Sin embargo, datos recientes del (INEC-ESPAC, 2024), revelan un descenso en su producción, que bajó de 679 toneladas métricas en el año 2022 a solo 557 toneladas métricas en el año 2023. Este descenso no solo representa un grave desafío para la agricultura local, sino que también pone en riesgo la preservación de las tradiciones culturales relacionadas con el consumo de cebada.

Los agricultores que dependen de este cereal para su supervivencia, así como los productores y empresas de alimentos que lo procesan, son los más afectados por esta situación. La comunidad en general, que disfruta de los diversos derivados de la cebada como la harina precocida, también enfrenta las consecuencias. El impacto negativo se

extiende a los comerciantes y a toda la cadena de suministro, perjudicando notablemente la economía local y regional.

En Cotopaxi, pese a que las condiciones agroecológicas son ideales para la cebada, muchos agricultores están comenzando a buscar alternativas que les permitan mejorar sus ingresos. La disminución en la producción no solo pone en peligro los medios de vida de los agricultores, sino que también amenaza las costumbres y tradiciones culturales asociadas con este cereal. Productos clave como la machica y el arroz de cebada, parte de la dieta local, ayudan a definir la identidad cultural de la región. La escasez de estos productos podría acarrear la pérdida de valiosas tradiciones culinarias y modificar el estilo de vida de las comunidades.

La disminución en la producción de cebada puede resultar en pérdidas significativas para las empresas que dependen de este cultivo para sus procesos industriales, lo que afectaría negativamente el empleo y la viabilidad económica en la región. Además, es previsible que los precios de los productos elaborados de la cebada, incluida la harina precocida, aumenten, impidiendo así el acceso de la población a estos alimentos básicos.

El descenso en la producción de cebada repercute en el desarrollo humano y la calidad de vida de las comunidades afectadas, limitando las oportunidades de empleo y el acceso a alimentos esenciales. Esta problemática podría provocar un ciclo de pobreza en las comunidades agrícolas, amenazando la estabilidad social y económica de sus poblaciones, así como su salud y bienestar general.

2.3 Formulación del problema

¿Cuáles son las propiedades funcionales de las harinas precocidas de las dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) que los productores de alimentos necesitan conocer para desarrollar nuevas alternativas alimenticias para el consumo humano?

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

- “Analizar las propiedades funcionales de harinas precocidas de dos variedades de cebada (*Hordeum Vulgare L.*) RITA E INIAP-CAÑICAPA 2003”

2.4.2 Objetivo Específicos

- Caracterizar las dos variedades de cebada en función a los parámetros fisicoquímicos
- Obtener las harinas precocidas de cebada en sus diferentes tratamientos
- Evaluar los análisis físicos de las harinas precocidas
- Analizar los parámetros fisicoquímicos y las propiedades funcionales de las harinas precocidas del tratamiento óptimo

2.5 Actividades y sistemas de tareas en relación de los objetivos planteados

Tabla 1. *Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados*

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
Objetivo Específico N°1			
Caracterizar las dos variedades de cebada en función a los parámetros fisicoquímicos	<p>Analizar los parámetros fisicoquímicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Humedad ▪ Proteína ▪ Fibra ▪ Grasas ▪ Ceniza ▪ Carbohidratos 	<p>Humedad (AOAC/Gravimétrico/AOAC 925.10) Proteína (AOAC/kjeldahl/AOAC 2001.11) Fibra (AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15) Grasa (AOAC/Goldfish/AOAC 920.39) Ceniza (AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03) Carbohidratos Diferencia de porcentajes (Albán Rodríguez, 2023)</p>	<p>En la tabla 11 se evidencian los resultados de los análisis fisicoquímicos (humedad, proteína, fibra, grasas, ceniza y carbohidratos) de las dos variedades de cebada con su respectiva interpretación. En el anexo 1 y 2 se encuentra la información.</p>
Objetivo Específico N°2			
Obtener las harinas precocidas de cebada en sus diferentes tratamientos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las variables de estudio. <ul style="list-style-type: none"> • Variedades de cebada • Temperatura y tiempo de precocción 2. Determinar los tratamientos 3. Aplicar la metodología de obtención de harinas precocidas (autoclave) 	<p>Obtención de harinas precocidas utilizando el método de precocción por autoclave de las dos variedades de cebada en sus diferentes tratamientos.</p>	<p>En la figura 4 se muestra el diagrama de flujo de procesos del tratamiento óptimo para la obtención de las harinas precocidas de las dos variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003.</p> <p>En las tablas 12 se especifica el rendimiento del tratamiento óptimo de las harinas precocidas de las dos variedades de cebada, con su interpretación.</p>
Objetivo Específico N°3			
Evaluar las propiedades físicas de las harinas precocidas	<p>Análisis físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de solubilidad ▪ Higroscopicidad ▪ Densidad aparente ▪ Densidad compactada ▪ Índice de Hausner ▪ Ángulo de reposos 	<p>Se desarrollo en base a los siguientes autores (Bernabé Meza & Cancho Mallma, 2017; Carrión et al., 2022; Cerezal Mezquita et al., 2008, 2011; Huamani-H et al., 2020; Ortega Rodrigo, 2019; Villena Carrión, 2023)</p>	<p>En las tablas 13 y 14 se muestran los resultados de los análisis físicos (higroscopicidad, densidad aparente, densidad compactada, índice de Hausner y ángulo de reposos) de las harinas precocidas de las variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003, junto con su respectiva interpretación.</p>

Objetivo Específico N°4

Analizar los parámetros fisicoquímicos y las propiedades funcionales de las harinas precocidas del tratamiento óptimo	Analizar los parámetros fisicoquímicos	Humedad (AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10) Proteína (AOAC/kjeldahl/ AOAC 2001.11) Fibra (AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15) Grasa (AOAC/Goldfish/AOAC 920.39) Ceniza (AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03) Carbohidratos Diferencia de porcentajes/(Albán Rodríguez, 2023)	En la tabla 23 se presentan los resultados obtenidos del análisis de los parámetros fisicoquímicos (humedad, proteína, fibra, grasas, ceniza y carbohidratos) al igual que su interpretación.
	Mixolab: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de absorción de agua ▪ Índice de amasado ▪ Índice de gluten ▪ Índice de viscosidad ▪ Índice de Amilasa ▪ Índice de Retrogradación 	Se utilizó el equipo del Mixolab II para la determinación de todos los parámetros	Los resultados obtenidos de las harinas precocidas del tratamiento óptimo del análisis del MIXOLAB se detallan en la página 72 y 73 al igual que se puede verificar en el anexo 17.

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

2.6 Fundamentación teórica

2.6.1 Marco Teórico

2.6.1.1 Antecedentes

A través de un proceso de investigación bibliográfica, se revisaron varios estudios sobre la elaboración de harinas precocidas, utilizando diferentes metodologías. Estos estudios incluyen análisis de las propiedades fisicoquímicas y funcionales, en diferentes condiciones de tiempo y temperatura durante el proceso de precocción. Los antecedentes están relacionados con el objetivo de la investigación, que es definir las propiedades fisicoquímicas de la harina precocida obtenida, evaluando variables como la variedad de cebada utilizada y las condiciones de precocción.

Según investigaciones realizadas por (Magro Porras, 2015), en su investigación denominada “Obtención de harina precocida formulada a partir de granos de cereal de quinua, cañahua, maíz, trigo y cebada y leguminosas, como complemento nutricional aplicados a programas de desayuno escolar” menciona que. El concepto de harina precocida o compuesta fue introducido en 1964 por la FAO. Este término hace referencia a mezclas diseñadas para la elaboración de productos alimenticios a base de trigo, tales como pan, pastas y galletas. Por lo tanto, buscó obtener harina precocida de linaza germinada utilizando dos métodos: autoclave y tostado, denominados respectivamente HLGA (harina de linaza germinada autoclave) y HLGT (harina de linaza germinada tostada). Para ello, realiza una caracterización fisicoquímica y proximal, así como una evaluación funcional, con el propósito de identificar el tratamiento térmico más adecuado. La metodología incluyó la germinación de las semillas de linaza, las cuales fueron precocinadas mediante autoclave a 90°C durante 10 minutos y tostadas a 130°C durante 30 minutos. Posteriormente, se llevó a cabo la molienda de las semillas y la evaluación de su composición química proximal, así como de propiedades fisicoquímicas tales como el índice de solubilidad en agua, el índice de absorción de agua, la capacidad de hinchamiento y la evaluación sensorial mediante una escala hedónica.

Los resultados obtenidos de la composición de las harinas precocidas (HLGA y HLGT) mostraron las siguientes humedades: 7,88% para HLGA y 9,45% para HLGT. En las que no se observaron variaciones significativas en otros elementos, como la grasa (37,45% y 37,21%), proteína (18,92% y 18,21%), fibra bruta (15,87% y 15,32%), ceniza (3,21% y 3,24%) y carbohidratos totales (16,67% y 16,55%), respectivamente. En cuanto a las propiedades fisicoquímicas, se registraron los siguientes índices: índice de solubilidad en agua: 4,487% para HLGA y 3,440% para HLGT; índice de absorción de agua: 3,760% para HLGA y 2,898% para HLGT; y capacidad de hinchamiento: 3,823% para HLGA y 2,925% para HLGT. Se observaron diferencias significativas entre las muestras. Debido a su superior capacidad de absorción y su habilidad para hincharse, la HLGA podría ser empleada en la producción de productos de panadería, lo que mejoraría su aspecto por un periodo más prolongado. En la evaluación sensorial, se encontraron diferencias significativas en los atributos de aroma y consistencia, donde la HLGT obtuvo una calificación de Buena, mientras que la HLGA recibió una calificación promedio de Regular.

(Anchundia et al., 2019) en su investigación “Composición química, perfil de aminoácidos y contenido de vitaminas de harinas de batata tratadas térmicamente” menciona que. Se elaboraron harinas de batata tratadas térmicamente para evaluar sus propiedades nutricionales. La metodología empleada incluyó la adición de agua a la batata en una relación de 3:1 (agua: tubérculo). Se llevaron a cabo dos tratamientos térmicos distintos: en el primero, la batata fue cocida en agua a 97 °C durante 30 minutos a una presión de 13,5 PSI (en un tacho abierto). En el segundo tratamiento, se aplicó una temperatura de 121 °C durante 30 minutos, a una presión de 15 PSI (en una autoclave).

Posteriormente, los trozos de batata cocidos fueron homogenizados y deshidratados a 45 °C por un periodo de 24 horas en un deshidratador de bandejas.

En su estudio titulado “Cinética de precocción de tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) y características fisicoquímicas del producto” (Vera Julon, 2019) llevó a cabo un experimento en el cual analizó dos factores: la temperatura de precocción (100°C,

105°C y 110°C) y el tiempo de cocción (2, 3 y 4 minutos). Este proceso se realizó en una mini autoclave, utilizando una proporción de agua/arroz de 75 mL por cada 100 gramos. A continuación, se llevó a cabo la determinación de las propiedades fisicoquímicas y se analizó la cinética de precocción utilizando el modelo matemático de Peleg. Los resultados mostraron que la variedad Esperanza presentó la menor variación en sus propiedades fisicoquímicas, siendo la precocción a 100 °C durante 2 minutos el tratamiento óptimo.

(Núñez Villacís, 2021) en su estudio “Desarrollo de harinas precocidas a partir de pseudocereales andinos de alta digestibilidad proteica” señala que los pseudocereales andinos son de gran relevancia debido a su elevada digestibilidad proteica. Menciona que se sometió a la quinua y amaranto a un proceso de gelatinización, utilizando dos métodos de precocción: precocción en marmita y precocción en plancha. La precocción en marmita implica hervir los granos en una olla grande a alta temperatura durante un tiempo prolongado, lo cual, aunque efectivo, puede resultar en la pérdida de nutrientes y compuestos bioactivos por la exposición prolongada al calor. En contraste, el método de precocción en plancha consiste en calentar los granos sobre una superficie caliente, similar a una plancha o sartén grande. Si bien permite una cocción más rápida, este método puede llevar a una cocción menos uniforme y también puede provocar la pérdida de nutrientes debido a la intensa exposición al calor directo.

(Rodríguez-Sandoval et al., 2012), en su investigación titulada “Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas” sugieren que es posible reducir la cantidad de harina de trigo utilizando harinas provenientes de otros recursos, como la papa y la quinua. En esta investigación, se examinaron las propiedades termomecánicas de la masa y las características físicas del pan producido con harinas que combinan quinoa y trigo, así como papa y trigo. Se aplicaron porcentajes de sustitución del 10% y 20% para ambas harinas. Las propiedades funcionales de las harinas se analizaron mediante el índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y la capacidad de hinchamiento (PH). Las propiedades termomecánicas de las mezclas se

cuantificaron con un Mixolab, mientras que las características físicas del pan final se evaluaron considerando su peso, su altura, su ancho y su volumen. Los resultados indicaron que la harina de papa precocida, sometida a un tratamiento en autoclave a 105 °C durante 6 minutos y luego secada a 45 °C hasta alcanzar un contenido de humedad del 10 al 13%, mostró los valores más altos de IAA (4,48), de ISA (7,45%) y un pH (4,84). Por otro lado, la harina de quinoa compuesta, exhibió los menores índices de asentamiento y estabilidad durante la cocción, lo que sugiere una mejor conservación del pan. En contraste, la combinación de harina de papa y trigo mostró los valores más bajos en términos de estabilidad, torque mínimo y torque máximo, además presenta el mayor porcentaje de absorción de agua. La harina compuesta de papa y trigo, con un 10% de sustitución, obtuvo características de peso (133,86 g), de ancho (6,01 cm) y de volumen (491,67 g/cm³) que se asemejan más a las de la muestra de control elaborada únicamente con harina de trigo.

2.6.1.2 Cebada

Figura 1. *Cebada*



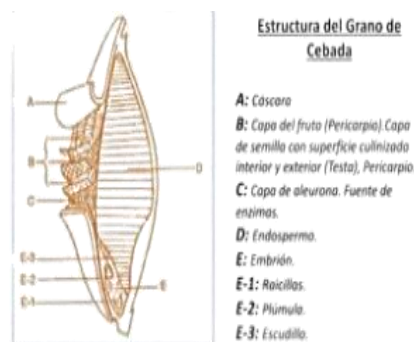
Fuente: (Rivadeneira et al., 2003)

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es un cereal cultivado desde la antigüedad y una de las primeras plantas domesticadas alrededor del año 8000 A.C., al comienzo de la agricultura. Es el cuarto cereal más cultivado a nivel mundial, después del maíz, el trigo y el arroz. La cebada es conocida por ser un cultivo adaptable a climas fríos y suelos variados (Ponce-Molina et al., 2020).

En Ecuador, la cebada (*Hordeum vulgare L.*) se cultiva en áreas con condiciones agroclimáticas específicas, que abarcan altitudes de entre 2400 y 3600 metros sobre el nivel del mar y con precipitaciones que oscilan entre 400 y 600 mm durante el ciclo del cultivo (Realpe Cuaspa, 2022).

2.6.1.3 Estructura del grano de cebada

Figura 2. Estructura del grano de Cebada



Fuente: (Cueva Paredes et al., 2014)

El grano de cebada tiene una forma ovalada, con mayor grosor en el centro que disminuyendo hacia los extremos. En promedio, la cáscara representa un 13%, aunque esta proporción puede variar entre el 7% y el 25%, dependiendo de factores como la variedad de cebada, el tamaño del grano y la ubicación geográfica de la plantación (Vaca Cayo, 2024).

2.6.1.4 Taxonomía de la cebada

La cebada, conocida científicamente como *Hordeum vulgare L.*, pertenece al género *Hordeum*, que incluye 32 especies y 45 taxones. La gran mayoría de las variedades de cebada cultivada son diploides ($2n = 2x = 14$), aunque también existen algunas especies tetraploides ($2n = 4x = 28$) y hexaploides ($2n = 6x = 42$). Además, se han identificado dos especies que presentan autoploidia: *H. bulbosum* y *H. brevisubulatum* (Ponce-Molina et al., 2020).

En la tabla 2 se menciona la clasificación taxonómica de la cebada:

Tabla 2. *Taxonomía de la cebada*

Reino:	Plantae – Plantas
Subreino:	Tracheobionta – Plantas vasculares
Superdivisión:	Spermatophyta – Plantas con semilla
División:	Magnoliophyta – Plantas que florecen
Clase:	Liliopsida – Monocotiledoneas
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae – Familia de las gramíneas
Género:	Hordeum – Cebada
Especie:	vulgare L. – Cebada común
Nombre Científico:	Hordeum vulgare L
Nombre Común:	Cebada

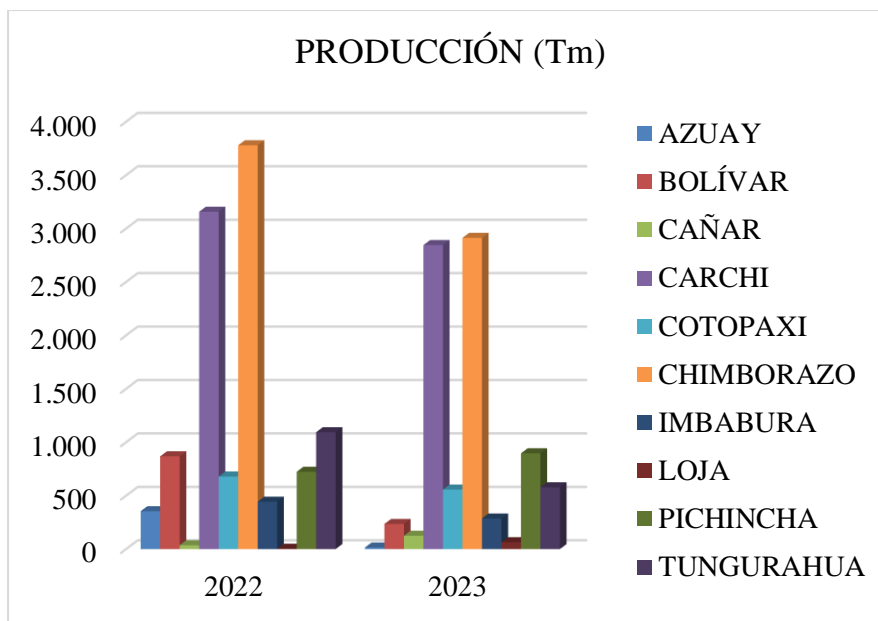
Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

Fuente: (Ponce-Molina et al., 2020)

2.6.1.5 Producción de cebada

Según las estadísticas del (INEN 1559, 2004), reporta que la producción de cebada a nivel nacional fue de 11.155 toneladas métricas en 2022, pero disminuyó a 8.519 toneladas métricas en 2023.

Figura 3. Producción de la cebada en las provincias de la Sierra año 2022-2023



Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)-ESPAC)

Durante este último año, las provincias con mayor producción son: Chimborazo (2.913 Tm), Carchi (2.846 Tm), Pichincha (897 Tm), Tungurahua (579 Tm) e Cotopaxi (557 Tm) (INEC-ESPAC, 2024).

2.6.1.6 Composición Química de la cebada

Según lo mencionado por (Jaramillo Valdez, 2019), la cebada presenta un alto contenido de carbohidratos, principalmente almidones y celulosa, representando aproximadamente el 67% de su composición, y 12,8% de proteínas que son precursoras de enzimas que se formarán durante la germinación. En cuanto a la cantidad de vitaminas y minerales presentes en la cebada, puede variar dependiendo de la variedad, el método de cultivo y las condiciones ambientales.

En la tabla 3 se describe la composición química promedio de la cebada

Tabla 3. *Composición química promedio de la cebada*

Componentes	Valores
Proteína total	10-13%
Grasa	1,5-2,6%
Hidratos de carbono	75-80%
Materia inorgánica	2-4%
Ceniza	1-3%
Humedad	10%
Hierro	26-94 mg/kg
Zinc	30-52 mg/kg
Fósforo	24-54 mg/kg
Potasio	22-65 mg/kg

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

Fuente: (Peñaherrera, 2011)

2.6.1.7 Variedades de cebada y características

2.6.1.8 Cebada Rita

La variedad de cebada Rita, según la descripción proporcionada por (Montalvo Teran, 1975), es una cebada criolla de 6 hileras con un crecimiento semiprecoz y alto. Su paja tiene una dureza moderada y sus hojas son medianamente largas y angostas, con dimensiones de 14.5 x 1.3 cm. Es una variedad idónea para el cultivo en varias regiones del Ecuador, especialmente en zonas que presentan condiciones climáticas y de suelo propicio. Puede ser cultivada en altitudes que oscilan entre 1,800 y 3,200 metros sobre el nivel del mar, mostrando adaptabilidad en diferentes zonas del país, sobre todo en la sierra ecuatoriana. Regiones como la región interandina y partes de la región amazónica con altitudes dentro del rango mencionado son aptas para su cultivo.

2.6.1.9 Características Morfológicas cebada RITA

Tabla 4. *Características morfológicas de la cebada RITA*

Características	Descripción
Número de hileras	6
Número de granos por espiga	30
Tipo de espiga	Largas, aserradas y persistentes
Tipo de grano	Descubierto
Densidad de espiga	Laxa a densa, larga, paralela, cerosa y erecta
Forma del grano	Ovalada
Color de espiga	Arido blanco
Color de aleurona	Blanco
Tipo de tallo	Tolerante al vuelco

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

Fuente: (Montalvo Teran, 1975)

2.6.1.10 Composición fisicoquímica de la cebada RITA

La cebada RITA se caracteriza por su alto valor nutricional en términos de carbohidratos, fibra, proteínas y minerales como magnesio, fósforo y hierro. Es importante mencionar que esta variedad de cebada ha sido sometida a un proceso en el que se ha retirado la cáscara, lo que da como resultado un grano más suave, pero que aún conserva ciertas características. Estudios realizados por (León Armijo, 2010), indica que los análisis proximales de la cebada RITA contienen un 9.70% de humedad, un 12.71% de proteína, un 1.55% de fibra, un 0.90% 1.94% de grasa y un 1.55% de ceniza. Por otro lado, (Montalvo Teran, 1975) reporta un contenido de humedad de 12.30%, un 13.68% de proteína, un 6.39% de fibra, un 1.94% de grasa y 2.62% de ceniza. Cabe mencionar que estos análisis van a influir debido a las condiciones en las que sean cosechada la cebada.

2.6.1.11 Cebada INIAP-CAÑICAPA 2003

La variedad de cebada INIAP-Cañicapa 2003, que cuenta con dos hileras, se desarrolló a partir de un cruce de la variedad INIAP-Shyri 89 GAL/PI6384//ESC-II-72-607-1E-1E-1E-5E. Esta variedad de cebada es adecuada para su cultivo en regiones del sur del Ecuador que se encuentran a altitudes de 2400 a 3200 m.s.n.m., y una pluviosidad de 500 a 700 mm durante el ciclo de cultivo (Rivadeneira et al., 2003).

2.6.1.12 Características Morfológicas cebada INIAP-CAÑICAPA 2003

Tabla 5. *Características morfológicas de la cebada INIAP-CAÑICAPA 2003*

Características	Descripción
Número de hileras	2
Número de granos por espiga	30
Tipo de espiga	Barbada
Tipo de grano	Cubierto
Densidad de espiga	Compacta
Forma del grano	Oblongo
Color de espiga	Amarillo blanco
Color de aleurona	Blanco
Número de macollos	8-10
Tipo de tallo	Tolerante al vuelco
Tamaño de espiga	12 cm
Peso de 1000 granos	62g

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

Fuente: (Rivadeneira et al., 2003)

2.6.1.13 Composición fisicoquímica de la cebada INIAP-CAÑICAPA 2003

Según los estudios llevados a cabo por (Rivadeneira et al., 2003), la cebada INIAP-CAÑICAPA 2003 se destaca por su elevado contenido de proteínas y su valor nutricional. En los estudios realizados de los análisis proximales, reportan un 14% de humedad, 13.99% de proteína, 5.65% de fibra, 1.53% de grasa y 2.36% de cenizas.

También mencionan que en términos de calidad está tiene un contenido de almidón del 46.84%, un 62.47% de componentes no nitrogenados y un rendimiento harinero del 65%.

2.6.1.14 Usos de la de cebada

La cebada es un cereal versátil que se utiliza principalmente en la alimentación animal y en la elaboración de productos alimenticios para el consumo humano. En la alimentación animal, se presenta en diversas formas, como rollos, harinas, copos y pellets. Para el consumo humano, la cebada se transforma en productos como la machica y el arroz de cebada, los cuales son muy demandados y representan el 88,3% del consumo total. Además, la cebada se comercializa en su forma perlada o en forma de harina, siendo estas usadas en sopas, salsas, cereales y alimentos infantiles. Debido a su bajo contenido de gluten, a menudo se mezcla con harina de trigo para producir una variedad de alimentos. Por otro lado, al ser tostada, la cebada puede usarse como sustituto del café y en la producción de vinagres y bebidas como la chicha. Uno de los aspectos más destacados del uso de la cebada es su utilización en la elaboración de cerveza (Ponce-Molina et al., 2020).

2.6.1.15 Precocción

Según (Escuder Marcos & Viana Nogués, 2017), la precocción se refiere al proceso de transformar o procesar los alimentos a través del calor, lo que genera cambios en su sabor, textura, aroma e incluso en su composición nutricional. Para la obtención de harinas precocidas, se utilizan tratamientos térmicos o hidrotérmicos en combinación con procesos mecánicos. Estos tratamientos hidrotérmicos aumentan la capacidad de retención de agua, lo que favorecen la expansión y gelatinización del almidón presente en los granos. Entre los métodos aplicados para la precocción de alimentos se mencionan: la precocción por extrusión, la precocción por tueste o en plancha, la precocción en marmita y la precocción en autoclave.

2.6.1.16 Precocción por extrusión

La precocción por extrusión es un método especializado y distintivo para procesar materiales ricos en almidón, que se caracteriza por utilizar niveles de humedad relativamente bajos en comparación con técnicas como el horneado convencional o la cocción de masas y pastas. Aunque el contenido de humedad oscila entre el 10% y el 40%, la materia prima se transforma en una masa fluida durante el procedimiento. Este proceso se puede describir como termomecánico, donde se combinan la transferencia de calor, la transferencia de masa, las variaciones de presión y el cizallamiento. Estas interacciones generan efectos como la precocción, esterilización, secado, fusión, enfriamiento, texturización, transporte, inflado, mezcla, amasado, chonchado (como en chocolate), congelación y formación (Albán Rodríguez, 2023; Núñez Villacís, 2021).

La precocción por extrusión permite la adición de ingredientes adicionales, como grasas, azúcares, fibras, vitaminas y minerales. Esto permite desarrollar productos con propiedades nutricionales específicas, como productos enriquecidos con vitaminas o minerales, o productos bajos en grasas o azúcares. Su capacidad para modificar la estructura y composición de los alimentos lo hace ideal a la hora de elaborar variedad de productos alimenticios (Núñez Villacís, 2021).

Según (Remache Limaico, 2016), menciona que la temperatura es un factor clave en el proceso de precocción por extrusión, con valores que van desde 99°C hasta 200°C, dependiendo del tipo de extrusor utilizado. Los extrusores de menor capacidad están directamente relacionados con la temperatura del material, mientras que los de mayor capacidad pueden funcionar de forma inversa. En estos casos, al calentarse la pared del extrusor se reduce la viscosidad de la masa, el esfuerzo necesario para cortarla y la capacidad de bombeo del tornillo. Sin embargo, la conducción de calor en el interior de la masa es limitada debido a la presencia de flujos laminares.

2.6.1.17 Precocción por tueste o en plancha

El método de precocción en plancha según (Alvarez Ruilova, 2011), es un método que consiste en calentar un alimento de manera uniforme hasta que se dore en el exterior

sin llegar a quemarse. Este método no solo mejora la textura de los alimentos al eliminar la humedad, sino que también está influenciado por dos categorías principales de factores: La primera es las características que son propias de la materia prima y la segunda son las acciones realizadas durante el proceso de cocción. En el caso de las características de la materia prima es fundamental que cuente con las propiedades bromatológicas adecuadas para su procesamiento, tanto en términos de su composición química como de sus propiedades físicas.

Por otro lado, (Magro Porras, 2015) en investigaciones realizadas menciona que la precocción por tueste se trata de un proceso térmico en el que los alimentos y materiales biológicos son sometidos a calor principalmente para prolongar su vida útil o mejorar sus propiedades organolépticas. Este método busca optimizar y desarrollar características sensoriales y texturales específicas del alimento, con el objetivo de enriquecer su gama de aromas, texturas, intensificar su sabor, inactivar enzimas, eliminar microorganismos y disminuir la actividad de agua.

2.6.1.18 Precocción en marmita

La precocción en marmita comúnmente se lleva a cabo utilizando agua caliente a una temperatura que oscila entre 90 °C a 95 °C. Para la precocción de granos es esencial mantener un control preciso de la humedad para asegurar una precocción uniforme y adecuada. Se sugiere mantener la humedad en un rango del 50 al 60% durante la etapa de precocción. La precocción de los granos debería durar alrededor de 45 a 60 minutos, o hasta que estén suaves y completamente precocidos. Es fundamental verificar la humedad como la temperatura a lo largo del proceso de precocción para garantizar un resultado óptimo en la textura y precocción de los granos (Núñez Villacís, 2021).

2.6.1.19 Precocción en autoclave

Según (Arnulfo Collins, 2021), la esterilización en un autoclave se logra mediante la generación de calor a través de vapor. Las autoclaves suelen operar a temperaturas como 115 °C/10 psi, 121 °C/15 psi y 132 °C/27 psi. La elección de la temperatura, presión y tiempo de funcionamiento se basa en el nivel de esterilización requerido. Al

utilizar la autoclave, el objetivo es eliminar bacterias, esporas, virus y hongos de manera efectiva. A través del calor del vapor, la autoclave esteriliza el contenido y destruye los microorganismos, utilizando temperaturas y presiones específicas en un proceso térmico establecido.

Por otro lado, según (Magro Porras, 2015), el método de precocción en autoclave es un procedimiento que proporciona calor en el procesamiento térmico de alimentos, utilizando elementos como agua, vapor saturado, mezclas de vapor y aire a presión, así como técnicas de pulverización y rociado de agua. La finalidad de emplear esta metodología es alcanzar la esterilidad comercial y prevenir el deterioro del alimento. En su investigación, menciona que empleó una precocción en autoclave a 90°C por 10 minutos, seguida de un secado en estufa a 40°C por 48 horas.

Según (Castañeda Danlys, 2018), la utilización del autoclave para la precocción es un método de conservación de alimentos que implica el uso de calor para esterilizarlos y eliminar microorganismos patógenos, toxinas y otras sustancias que podrían afectar la calidad e inocuidad de los alimentos. Al ajustar adecuadamente la temperatura y el tiempo de tratamiento, se garantiza la eliminación de estos agentes dañinos, asegurando la estabilidad y seguridad alimentaria durante un almacenamiento prolongado. El propósito de este proceso térmico es proteger a los consumidores de cualquier riesgo para la salud asociado con microorganismos nocivos y prevenir el mal estado de los alimentos.

(Castañeda Danlys, 2018) menciona que existen dos métodos de tratamiento térmico que se diferencian por el uso de la temperatura y el tiempo al que se le emplea. Estos métodos son la pasteurización y la esterilización, los cuales se explican a continuación.

a. Pasteurización

Durante el proceso de pasteurización, se utilizan temperaturas suaves, generalmente por debajo de 100 °C, típicamente comprendidas entre 65 °C y 70 °C. El propósito fundamental es eliminar los microorganismos patógenos, disminuir la población de otros microorganismos vivos e inactivar enzimas.

b. Esterilización

La esterilización implica aplicar temperaturas superiores a 100 °C para eliminar prácticamente toda la actividad microbiana y enzimática. Los alimentos tratados de esta manera suelen tener una vida útil de más de seis meses. Este método de conservación se refiere a tratamientos industriales de esterilización térmica, donde una combinación adecuada de temperatura y tiempo permite destruir los microorganismos patógenos, aquellos que producen toxinas y otros agentes que podrían afectar la estabilidad de los alimentos bajo condiciones normales de calidad higiénica, a más que permite tener un almacenamiento a largo plazo de los alimentos.

2.6.1.20 Uso de las harinas precocidas

En el caso de las harinas precocidas (Quishpe Quishpe, 2019) pueden utilizarse en diversas preparaciones como sopas, papillas, cremas o masas. Estas harinas se obtienen mediante tratamientos térmicos o hidrotérmicos combinados con procesos mecánicos. Estos tratamientos hidrotérmicos aumentan la capacidad de retención de agua y facilitan la hinchazón y gelatinización de los granos de almidón.

Son productos que se obtienen mediante un proceso de molienda, caracterizados por tener baja humedad y ser poco perecederos. Una de las características principales de una harina precocida es su capacidad para hidratarse, solubilizarse y formar una textura viscoelástica, gracias a los almidones modificados que contiene (Magro Porras, 2015).

2.6.1.21 Propiedades funcionales de las harinas precocidas

- **El índice de absorción de agua:** Es un parámetro que indica cuánta agua puede absorber una harina como también es un indicador de rendimiento de masa fresca (Fernández Salvador, 2017).
- **Índice de solubilidad en agua:** La solubilidad es una propiedad física que indica la cantidad máxima de un soluto que puede disolverse en un disolvente específico a una temperatura dada. Este concepto está relacionado con la idea de disolución saturada (Ortega Rodrigo, 2019).

- El índice de solubilidad en agua es una medida de la cantidad de amilosa que es liberada del interior del gránulo cuando el mismo comienza a perder su estructura por efecto de la absorción de agua (Correa et al., 2014).
- **Índice de amasado:** El índice de amasado en harinas es un parámetro clave en la panadería y en la preparación de masas. Este índice mide el tiempo y la energía empleados en el proceso de amasado, con el objetivo de desarrollar el gluten y lograr la textura y consistencia óptimas deseadas para el producto final (Toledano, 2023).
- **Índice de gluten:** Proporciona información sobre la cantidad de gluten húmedo y la fuerza del gluten en una muestra de harina (Riquelme Noriega, 2016).
- **Índice de viscosidad en agua:** Se utiliza para analizar el comportamiento de la harina al combinarla con agua, lo cual es crucial para la producción de productos como salsas y pasteles. Un índice de viscosidad apropiado permite anticipar la textura y la estabilidad del producto final (Toledano, 2023).
- **Índice de Amilasa:** Se utiliza para evaluar la actividad de la alfa amilasa en la harina, también indica la cantidad de azúcares disponibles para los procesos de fermentación. Un aumento en la actividad de la alfa amilasa resulta en un menor valor del número decreciente (Toledano, 2023).
- **Índice de Retrogradación:** Es un proceso que ocurre cuando las moléculas en los gránulos de almidón gelatinizados comienzan a reasociarse en una estructura ordenada (Rodríguez-Sandoval et al., 2007).
- **Higroscopicidad:** El equilibrio higroscópico se logra con el fin de que una masa de material granulado, con un nivel específico de humedad, se ajuste al aire bajo ciertas condiciones de humedad relativa y temperatura. En estas circunstancias, se determina la humedad relativa de equilibrio (HRE) en el aire y la humedad relativa de equilibrio (HE) en el material. Esto significa que la harina cuenta con una notable capacidad para absorber humedad. Una harina que presenta un alto valor de higroscopicidad puede atraer y retener una mayor cantidad de agua del entorno, lo que puede generar problemas como la formación de grumos, una reducción en la vida útil debido al posible

crecimiento de moho o bacterias, así como alteraciones en la textura y el comportamiento en la cocción. Estos factores pueden afectar de manera adversa el producto final. Por otro lado, una harina con una baja higroscopicidad presenta una menor capacidad para absorber humedad. Esta característica es ventajosa para el almacenamiento, ya que disminuye el riesgo de degradación o contaminación. Además, este tipo de harina suele mantener sus propiedades físicas más estables durante un periodo más extenso (Díaz Ortiz, 2011).

- **Densidad aparente:** Indica la finura de las harinas, las harinas más ligeras y menos compactas tienden a absorber menos agua y contienen un menor porcentaje de proteínas (Bernabé Meza & Cancho Mallma, 2017).

Se refiere a la masa de la harina en relación con su volumen, considerando también los vacíos existentes entre las partículas. Este aspecto está determinado por la disposición de los polímeros de almidón y la forma en que estos se organizan de manera suelta (Ordoñez et al., 2019).

- **Densidad compactada:** Se refiere a la cantidad de harina que ocupa un volumen reducido debido a la presión aplicada sobre las partículas. La densidad en esta condición ayuda a entender cómo se comporta la harina durante el almacenamiento y el transporte. Valores de densidad elevados indican que se trata de harinas con una granulometría fina, las cuales se compactan de manera eficiente en el envase (Bressani et al., 2001).

Por el contrario, las harinas más compactas son capaces de absorber más agua y tienen un mayor contenido proteico. Si bien pueden utilizarse para hacer pan, tienden a endurecerse con mayor rapidez que las harinas más ligeras (Bernabé Meza & Cancho Mallma, 2017).

- **Índice de Hausner:** Indica la fluidez y la densidad relativa de un polvo o harina. Un índice de Hausner bajo significa que la harina fluirá mejor y se compactará menos, lo que es beneficioso en operaciones de producción (Ortega Rodrigo, 2019).
- **Ángulo de reposo:** Permite evaluar la fluidez y el comportamiento de la harina al ser almacenada y manipulada. Un ángulo de reposo bajo indica una buena

fluidez, lo cual es deseable en procesos de envasado y transporte (Cerezal Mezquita et al., 2008).

Estos índices y propiedades funcionales son esenciales no solo para garantizar la calidad del producto final, sino también para optimizar procesos en la industria alimentaria donde se utiliza harina.

2.6.2 Marco conceptual

- **Adaptabilidad:** Se define como la capacidad de ajustarse y responder de manera efectiva a cambios que se presenta en el entorno y a situaciones imprevistas (Tuneu Puig, 2023).
- **Versatilidad:** Es la habilidad de realizar actividades variadas. Capacidad para adaptarse con facilidad o emplearse de diferentes formas (Vaca Cayo, 2024).
- **Extrusión:** Es un método que, cuando se utiliza en la alimentación basada en plantas, transforma ingredientes vegetales en productos que presentan un aspecto, sabor y características organolépticas similares a los de los alimentos tradicionales (Remache Limaico, 2016).
- **Almidón:** Es un polisacárido presente en diversas plantas y actúa como un medio de almacenamiento de energía (Castillo et al., 2022).
- **Enzimas:** Son proteínas especializadas que se encargan de regular todas las reacciones químicas en nuestro organismo (Villén Conasi, 2012).
- **Germinación:** Empieza con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y concluye cuando comienza la extensión de la radícula (Pita Villamil & Pérez García, 1998).
- **Reología:** Se encarga de investigar la deformación y el flujo de los materiales. En el caso de las harinas, la reología se centra en cómo estas se comportan en diversas condiciones de procesamiento y aplicación, tales como la mezcla, el amasado y el horneado (Pérez Porto & Gardey, 2024).

2.7 Metodología del proyecto de investigación

2.7.1 Tipos de Investigación

Los tipos de investigación se eligieron con el fin de alcanzar los objetivos establecidos, lo cual posibilita la recopilación precisa y confiable de información a través de experimentos y observaciones que contribuirán a la generación de nuevos conocimientos.

2.7.1.1 Investigación aplicada

La investigación aplicada es una forma de investigación que se centra en la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos para resolver problemas concretos o mejorar procesos existentes.

En este caso, la investigación aplicada se enfoca en estudiar las propiedades funcionales de las harinas precocidas de dos variedades de cebada con el objetivo de utilizar esta información para tomar decisiones prácticas en el desarrollo del proyecto. La investigación aplicada busca generar resultados que puedan ser implementados en la práctica y tener un impacto directo en el campo de estudio.

2.7.1.2 Investigación exploratoria

La investigación exploratoria es un tipo de investigación que se realiza cuando el tema de estudio es relativamente nuevo o poco explorado.

En este caso, la investigación exploratoria se llevará a cabo para estudiar las propiedades funcionales de las harinas precocidas de dos variedades de cebada (*Hordeum Vulgare L.*) RITA e INIAP-CAÑICA 2003. El objetivo de la investigación exploratoria es recopilar información preliminar, identificar posibles tendencias o patrones, y generar hipótesis que puedan guiar investigaciones futuras más detalladas. Este enfoque permite ampliar el conocimiento sobre un tema específico y explorar nuevas áreas de estudio.

2.7.2 Métodos de investigación

2.7.2.1 Método científico

Es un proceso que se distingue por su utilidad en la investigación de fenómenos naturales, los cuales permiten adquirir nuevos conocimientos e integrar conocimientos previos, así como también consiste en observar y recopilar datos, formular una hipótesis, diseñar y realizar experimentos para probar la hipótesis, analizar resultados y poder obtener conclusiones basadas en la evidencia obtenida.

2.7.3 Técnicas de Investigación

Las técnicas de investigación son los procedimientos y herramientas que se emplean para recopilar, analizar y presentar información en un estudio o investigación. Estos métodos son utilizados para obtener, analizar y comprender datos con el fin de responder a las preguntas de investigación y alcanzar objetivos específicos.

2.7.4 Materiales, equipos, insumos y reactivos

2.7.4.1 Materia prima

- Cebada RITA
- Cebada INIAP-CAÑICAPA 2003

2.7.4.2 Materiales de laboratorio

- Frascos de vidrio de laboratorio de 500mL
- Probeta graduada de 250 mL
- Bandejas

2.7.4.3 Instrumentación

- Tamizadores
- Fundas Ziploc
- Papel aluminio

2.7.4.4 Equipos

- Balanza analítica de precisión desde 0.01g

- Autoclave
 - ✓ Modelo: Tuttnauer 2540E
- Deshidratador
 - ✓ Modelo: STAINLESS STEEL ST-32
- Molino
 - ✓ Modelo: BI 140-2.2

2.7.4.5 Reactivos

- Agua purificada

2.7.5 Metodología para la caracterización de los parámetros fisicoquímicas

2.7.5.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos

Los análisis y procedimientos utilizados para determinar las características fisicoquímicas de los granos de cebada son fundamentales para comprender su calidad y composición. Estos estudios incluyen análisis de contenido de humedad, proteína, fibra, grasas, cenizas y carbohidratos. Al conocer estos datos, es posible determinar la calidad de las semillas de cebada y su potencial uso en diversos usos industriales.

2.7.5.2 Humedad AOAC 925.10

La metodología de la humedad se llevó a cabo utilizando el método gravimétrico, el cual se fundamenta en la pérdida de peso de la muestra al ser desecada hasta alcanzar un peso constante (AOAC, 1925). Se empleó la siguiente ecuación para calcular el porcentaje de humedad.

$$\%Humedad = \frac{P_{cmh} - P_{cms}}{P_{cmh} - P_c} \times 100 \quad (Ecu. 1)$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad

P_c = Peso de caja Petri

P_{cmh} = Peso del recipiente más muestra húmeda

P_{cms} = Peso del recipiente más muestra seca

2.7.5.3 Proteína AOAC 2001.11

El porcentaje de proteína fue calculado usando el método de Kjeldahl, conforme a la normativa (AOAC, 2001). Las ecuaciones utilizadas para calcular la proporción de la concentración de proteína son las siguientes:

$$\%Nitrógeno = \frac{(Vm - Vb) \times M \times 14.01}{W \times 10} \quad (Ecu. 2)$$

$$\%Proteína\ cruda = \%Nitrógeno \times F \quad (Ecu. 3)$$

Donde:

- Vm** = Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular una prueba
- Vb** = Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular el blanco de reactivo
- M** = Molaridad del HCl estándar
- 14.01** = Peso atómico de N
- W** = Peso (g) de la porción de prueba o estándar
- 10** = Factor para convertir mg/g a porcentaje
- F** = Factor para convertir N a proteína.

2.7.5.4 Fibra AOAC 930.15

El contenido porcentual de fibra se determina mediante el método gravimétrico, que implica un tratamiento inicial de la muestra con un ácido (habitualmente ácido sulfúrico o ácido clorhídrico) para disolver los componentes solubles en dicho medio, quedando principalmente la fibra intacta. Posteriormente, se somete la muestra a un medio alcalino (generalmente hidróxido de sodio) para solubilizar otras fracciones. Luego de estas digestiones, se realiza un filtrado de la mezcla. Los residuos que permanecen en

el filtro son considerados como fibra. Estos residuos son lavados repetidamente para eliminar cualquier contaminante y, finalmente, se secan en un horno a una temperatura específica para luego pesarlos (AOAC, 1999).

$$\%Fibra = \frac{(Pf - Pv)}{Pm} \times 100 \quad (Ecu. 4)$$

Donde:

Pf = Peso de la placa conteniendo la muestra desecada

Pm = Cantidad de muestra pesada en el ensayo

Pv = Peso de la placa vacía

2.7.5.5 Grasa AOAC 920.39

El porcentaje de contenido graso se determinó utilizando el método Goldfish, que consiste en una extracción continua con un disolvente orgánico. Este disolvente se calienta y se vaporiza, luego se condensa sobre la muestra. Durante el proceso, el disolvente gotea de manera continua a través de la muestra para extraer la grasa. La cantidad de grasa se cuantifica mediante la diferencia de peso entre la muestra original y la grasa extraída (AOAC, 1920).

Mediante la utilización de la ecuación cinco, se puede calcular la cantidad de grasa presente.

$$\%Grasa = \frac{P1-P2}{P} \times 100 \quad (Ecu. 5)$$

Donde:

P1 = Peso del vaso con el extracto etéreo o residuo de grasa de la muestra

P2 = Peso del vaso vacío

P3 = Peso de la muestra empleada

2.7.5.6 Ceniza AOAC 923.03

Los residuos inorgánicos se determinaron utilizando el método gravimétrico, que consiste en introducir la muestra en un horno mufla hasta lograr la incineración completa de la materia orgánica. Este proceso genera cenizas que representan el residuo de materia inorgánica (AOAC, 1923). El contenido de ceniza se calcula en porcentaje (%) con la ecuación número seis.

$$\%Ceniza = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} \times 100 \quad (Ecu. 6)$$

Donde:

P0 = Peso del crisol vacío

P1 = Peso del crisol con la muestra

P2 = Peso del crisol con las cenizas

2.7.5.7 Carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó mediante un cálculo que se basa en la diferencia entre los porcentajes de humedad, proteína, fibra, grasa y ceniza, utilizando la ecuación propuesta por (Albán Rodríguez, 2023)

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ Fibra} + \% \text{ Grasa} + \% \text{ Ceniza}) \quad (Ecu.7)$$

2.7.6 Metodología para el proceso de obtención de harinas precocidas

La metodología empleada para la obtención de harina precocida fue idéntica en ambas variedades de cebada: RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003.

2.7.6.1 Obtención de la harina precocida

- **Recepción de materia prima:** La variedad de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003 fue adquirida en la empresa CEREGAL CEREALES GALLARDO.
- **Limpieza:** Una vez obtenida la materia prima, se procedió a hacer una limpieza, ya que contenía pequeñas piedras, paja o semillas de otros cereales. Esto se hizo de forma manual.
- **Pesado:** Se llevó a cabo el pesaje de 1 kg de grano de cebada y 1300 ml de agua purificada, el cual fue dividido equitativamente en 5 frascos de laboratorio de 500 ml cada uno, conteniendo 200 g de grano de cebada y 260 ml de agua.
- **Precocción en autoclave:** En esta etapa, los frascos de laboratorio fueron colocados en la autoclave para precocer la cebada RITA, utilizando diferentes combinaciones de tiempo y temperatura, las cuales son: 110°C a 10 min; 115°C a 20 min y 120°C a 30 min. Es importante señalar que para determinar la temperatura y el tiempo en esta etapa se realizó un ajuste basado en los estudios de (Castañeda Danlys, 2018a; Magro Porras, 2015; Vera Julon, 2019).
- **Secado:** Después de llegar a la temperatura establecida y completar el tiempo de cocción, se retiraron los frascos de la autoclave y se esparció la cebada precocida de manera uniforme en unas mallas para introducir en un deshidratador modelo (STAINLESS STEEL ST-32), donde se mantuvieron a 80°C durante 24 horas.
- **Molienda:** Luego de completar la etapa de deshidratación, la cebada RITA fue retirada y almacenada en bolsas selladas. Se verificó el peso después del proceso de deshidratación y después se procedió a la molienda para convertirla en harina, utilizando un molino modelo (B1140-2.2) a 2800 r/min.
- **Tamizado:** En esta etapa, el producto triturado se filtró a través de una malla hasta lograr una harina con un tamaño de partícula específico. Se utilizó una malla de grosor (Tamiz 2000um).

- **Empacado:** Una vez tamizado y pesado, se procedió a empacar en fundas herméticas y bien selladas para evitar la entrada de aire, humedad y plagas.
- **Almacenamiento:** La harina precocida fue finalmente empacada en bolsas herméticas de forma manual, empleando herramientas de alta calidad. Además, se llevó a cabo el pesaje de la harina empaquetada para verificar la cantidad obtenida. Debe estar a una temperatura de entre 10°C a 20°C.

2.7.7 Metodología para determinación de los análisis físicos de las harinas precocidas

2.7.7.1 Índice de Solubilidad

El índice de solubilidad se determinó siguiendo la metodología propuesta por (Huamani-H et al., 2020) a la cual se le realizó una modificación. Se pesó 1 g de la muestra y se mezcló con 100 mL de agua destilada. La mezcla se agita manualmente hasta que se disuelva completamente. Luego, se transfirió a tubos para ser centrifugado a 5260 rpm durante 5 minutos. Se extrajo una muestra de 25 mL del sobrenadante y se transfirió a cajas de Petri. Finalmente, se deja secar en un horno a 105 °C durante toda la noche. Las pruebas se realizaron por duplicado para cada análisis. El cálculo se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Solubilidad = \frac{(Peso\ sólidos * 2)}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100 \quad (Ecu. 8)$$

2.7.7.2 Higroscopicidad

La determinación de la higroscopicidad se llevó a cabo siguiendo el procedimiento descrito por (Carrión et al., 2022). Se pesó 1 g de harina en una caja Petri previamente pesada. Posteriormente, se introduce la muestra en un desecador que contiene una solución saturada de cloruro de sodio (NaCl) (25 g de sal en 100 ml de agua destilada a 25 °C). El experimento se realiza por duplicado.

Nota: La harina no debe entrar en contacto directo con la solución salina para evitar cualquier posible contaminación. Para obtener resultados precisos, se debe realizar el pesaje después de transcurridos 7 días.

$$\text{Higroscopicidad} \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100 \quad (\text{Ecu. 9})$$

Donde:

W_f : Peso final (g)

W_i : Peso inicial (g)

2.7.7.3 Densidad aparente

Se aplicó la metodología presentada por (Bernabé Meza & Cancho Mallma, 2017), la cual consiste en pesar 10 g de la muestra y colocarla en una probeta graduada. Se registra el volumen que ocupó la muestra y, posteriormente, se realiza el cálculo utilizando la siguiente ecuación.

$$D_a = \frac{m}{v} \quad (\text{Ecu. 10})$$

Donde:

D_a : Densidad aparente

M : Masa de la muestra (g).

V : Volumen sin compactar (mL).

2.7.7.4 Densidad compactada

Para determinar la densidad compactada se aplicó el método propuesto por (Pérez et al., 2023) con modificaciones. Se compacto la harina impactándola 50 veces sobre una superficie plana y suave, a ritmo constante llevando a una altura de 10 cm aproximadamente. Para reportar los datos se aplicó la siguiente ecuación.

$$D_c = \frac{m}{v_f} \quad (\text{Ecu. 11})$$

Donde:**Dc** : Densidad compactada.**M** : Masa de la muestra (g).**Vf** : Volumen final por asentamiento (mL).**2.7.7.5 Índice de Hausner**

Se determinó el índice de Hausner descrito por (Villena Carrión, 2023) empleando la densidad compactada y la densidad aparente. Según (Ortega Rodrigo, 2019), los polvos con IH inferior a 1,2 se caracterizan por tener una “cohesividad baja”, los que tienen un IH entre 1,2 y 1,4 se los conoce por tener una “cohesividad intermedia”, mientras que los polvos con IH superior 1,4 se considera “cohesividad alta”. La ecuación para obtener el IH es el siguiente:

$$IH = \frac{Dc}{Da} \quad (\text{Ecu. 12})$$

Donde:**IH** : Índice de Hausner**Da** : Densidad aparente**Dc** : Densidad compactada**Tabla 6.** Interpretación del índice de Hausner

ÍNDICE DE HAUSNER	FLUIDEZ
1.00 – 1.11	Excelente
1.12 – 1.18	Buena
1.19 – 1.25	Adecuada
1.26 – 1.34	Tolerable
> 1.35	Pobre

*Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)**Fuente: (Gremasqui et al., 2021)*

2.7.7.6 Ángulo de reposo

Se aplicó el método descrito por (Cerezal Mezquita et al., 2011), al que se le hizo una modificación, utilizando una muestra de 500 g de harina, luego la muestra se vertió en un embudo plástico a una altura de embudo a 20 cm sobre una superficie plana. Posteriormente, Se midieron el diámetro, el radio y la altura del cono que se formó. Según lo reportado por (Cerezal Mezquita et al., 2008), cuando $\Theta < 35^\circ$ indica que tiene una fluidez libre, entre 35 a 45° se considera bastante cohesivo, de 45 a 55° cohesivo y si $\Theta > 55^\circ$ indica que tiene una cohesión muy alta. Para determinar el ángulo de reposo, se aplica la siguiente ecuación:

$$\Theta = \tan^{-1} \left(\frac{h}{r} \right) \quad (\text{Ecu. 13})$$

Donde:

Θ : Ángulo de reposo

\tan^{-1} : Tangente

D_c : Densidad compactada

H : Altura del cono

R : Radio de cono

Tabla 7. *Propiedades de flujo y sus correspondientes ángulos de reposo*

Flujo	Ángulo de reposo
Excelente	25 – 30°
Bueno	31 – 35°
Regular	36 – 40°
Pasable	41 – 45°
Pobre	46 – 55°
Muy pobre	56 – 65°
Extremadamente pobre	>66°

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

Fuente: (Quispe Mamani, 2020)

2.7.8 Metodología para determinar los parámetros fisicoquímicos y las propiedades funcionales de las harinas precocidas del tratamiento óptimo

2.7.9 Determinación de los parámetros fisicoquímicos

El análisis de los parámetros fisicoquímicos de las harinas precocidas se realizó de acuerdo con los métodos establecidos por la norma AOAC, que también se aplicaron en la caracterización de las semillas. Es fundamental destacar que este análisis se realiza bajo las condiciones óptimas del tratamiento. El propósito de este estudio fue evaluar la humedad, así como los niveles de proteína, fibra, grasa y ceniza. En cuanto a los carbohidratos, se calculan a partir de la diferencia entre los porcentajes de humedad, proteína, fibra, grasa y ceniza.

2.7.10 Determinación de las propiedades funcionales

Los análisis de las propiedades funcionales de las harinas precocidas de las dos variedades de cebada se efectuaron en el laboratorio GRANOTEC.

2.7.10.1 Mixolab

Según (Bustillos Banda, 2022), es un instrumento que facilita la caracterización del comportamiento reológico de una mezcla de harina durante el proceso de amasado a distintas temperaturas. Por el contrario (Contreras et al., 2017; Núñez Villacís, 2021), los análisis utilizando el Mixolab Chopin permiten evaluar la textura de una masa al ser sometida a un doble proceso de amasado.

Entre los análisis que se realizan en el equipo Mixolab está el índice de absorción de agua, índice de amasado, índice de viscosidad, índice de Amilasa y el índice de retrogradación.

- **Índice de absorción de agua:** Para calcular este índice, se pesa 2,5 gramos de harina seca, se coloca en un vaso de precipitación, se agrega 30 mL de agua a temperatura ambiente y se agita durante 30 minutos.

- **Índice de amasado:** Este índice, la mezcla de harina y agua se transforma en una masa viscosa y suave que tiene un tacto seco y sedoso y se extiende fácilmente como una membrana delgada y continua.
- **Índice de gluten:** Este índice presenta una visión de la calidad de las proteínas, destacando su fortaleza en lugar de su cantidad.
- **Índice de viscosidad:** Por lo general, la viscosidad máxima se alcanza durante el calentamiento y al mantener la temperatura a 95°C, en un lapso de 8 a 13 minutos.
- **Índice de Amilasa:** Indica que si existe un valor de 5 la muestra no tiene una gran actividad diastásica, mientras que los valores de 3-4 y los valores bajos de 2 indican que la muestra está hiperdiastásica.
- **Índice de Retrogradación:** Se evalúa en la etapa final del amasado, cuando la masa alcanza su consistencia máxima debido a la formación del gel.

2.8 Hipótesis

2.8.1 Hipótesis Nula

H₀: El tiempo y temperatura de precocción en autoclave no influyen en los parámetros fisicoquímicos y funcionales de una harina precocida.

2.8.2 Hipótesis alternativa

H₁: El tiempo y temperatura de precocción influyen en los parámetros fisicoquímicos y funcionales de una harina precocida.

2.9 Diseño experimental

En esta investigación se llevó a cabo un análisis enfocado en la obtención de harina precocida de cebada (*Hordeum vulgare L.*). Se tomaron en cuenta dos factores como variables: las temperaturas de precocción (110°C, 115°C y 120°C) y los tiempos de precocción (10 minutos, 20 minutos y 30 minutos). La variable de respuesta analizada fue la solubilidad y el contenido de proteína del grano precocido. Se utilizó el software

Design-Expert 8.0.7.1. Trial, para recopilar los datos estadísticos mediante el modelo cuadrático de superficie de respuesta. En total, se realizaron 16 corridas, lo que nos facilitó la evaluación de los factores de las temperaturas y los tiempos de precocción. En la tabla 8 se observan los factores que se consideraron en el diseño de superficie de respuesta.

Tabla 8. Descripción del diseño experimental

Detalle	Unidad de medida	Tipo	Valor Mínimo	Valor Intermedio	Valor Máximo
Temperatura	°C	Numérico	110	115	120
Tiempo	Min	Numérico	10	20	30

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la tabla 9 se describe las combinaciones experimentales utilizadas para la obtención de la harina precocida.

Tabla 9. Descripción de los tratamientos de estudio

Corrida	Temperatura °C	Tiempo (min)
1	115	10
2	120	10
3	115	20
4	120	20
5	115	20
6	120	30
7	110	30
8	115	20
9	120	20
10	115	30
11	115	20
12	110	10
13	115	30
14	110	20
15	110	20
16	110	10

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la tabla 10 se presenta las variables e indicadores a tomar en cuenta en el proceso de obtención de harina precocida.

Tabla 10. Descripción de las variables de estudio

Variable Dependiente	Variable independiente	Indicadores
Propiedades funcionales y fisicoquímicas de las harinas precocidas	Temperatura y Tiempo de precocción	Análisis fisicoquímicos <ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Proteína • Fibra • Grasa • Cenizas • Carbohidratos
		Análisis Físicos <ul style="list-style-type: none"> • Índice de solubilidad • Higroscopicidad • Densidad aparente • Densidad compactada • Índice de Hausner • Ángulo de reposo
		Análisis fisicoquímicos del tratamiento óptimo <ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Proteína • Fibra • Grasa • Cenizas • Carbohidratos
		Mixolab: <ul style="list-style-type: none"> • Índice de absorción de agua • Índice de amasado • Índice de gluten • Índice de viscosidad • Índice de Amilasa • Índice de Retrogradación

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

2.10 Análisis y discusión de resultados

2.10.1 Caracterización de las dos variedades de cebada en función a los parámetros fisicoquímicos

En la tabla 11, se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos los cuales son el contenido de humedad, proteína, fibra, grasa, ceniza y carbohidratos, para las variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003.

Tabla 11. Análisis fisicoquímicos de las variedades de cebada

Indicador	Variedades de cebada	
	RITA	INIAP-CAÑICAPA 2003
Humedad (% m/m)	11.50	10.76
Proteína (% m/m)	9.18	13.07
Fibra (% m/m)	4.82	5.34
Grasa (% m/m)	1.29	1.60
Ceniza (% m/m)	1.56	2.44
Carbohidrato (% m/m)	71.65	66.79

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la tabla 11 se observan los resultados obtenidos tanto para la variedad de cebada RITA como para la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003 las cuales presentan cierta relevancia en comparación con investigaciones previas realizadas por distintos autores.

Las variaciones detectadas en los niveles de humedad, proteína, fibra, grasa y ceniza podrían deberse a factores como las condiciones de cultivo del grano, los métodos de procesamiento y las técnicas empleadas para llevar a cabo los análisis, así como a las diferencias entre las distintas variedades de grano. Esta información ayuda a tener una visión más completa del estado nutricional del grano.

En lo que respecta a la variedad de cebada RITA, presenta una humedad de 11.50%, cifra que contrasta notablemente con el 9.30% mencionado por (León Armijo, 2010). Por otro lado, (Montalvo Teran, 1975) en su investigación de los análisis proximales de la cebada RITA realizada, reporta un porcentaje de humedad de 12.30%, que se relaciona más con el estudio obtenido.

En cuanto al porcentaje de proteína, se observa un valor de 9.18%. Según los estudios realizados por (León Armijo, 2010) el contenido de proteína es de 12.71%. (Montalvo Teran, 1975) también reporta un valor superior de 13.68%. Estos valores reportados muestran una diferencia notable con los resultados obtenidos en este análisis.

Sobre el contenido de fibra, el estudio muestra un 4.82%. En comparación, (León Armijo, 2010) reporta un 1.55% lo que representa una discrepancia considerable. Sin embargo, (Montalvo Teran, 1975) menciona un contenido de fibra de 6.39%, que es el más próximo al valor registrado en este análisis.

En cuanto, al contenido de grasa, el resultado del análisis es de 1.29%, cifra que se aproxima al 1.94% reportado por (Montalvo Teran, 1975). El contenido de ceniza observado en este análisis es del 1.56%, valor que coincide con el 1.55% reportado por (León Armijo, 2010).

En lo que respecta a la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003, los resultados presentados en la tabla 11 indican un contenido de humedad del 10.76% en comparación con el 14% por (Rivadeneira et al., 2003) lo que da a entender que la variedad analizada presenta una menor retención de agua.

En cuanto al contenido de proteína, el análisis muestra un valor de 13.07%, lo que representa una ligera diferencia con respecto al 13.99% mencionado por (Rivadeneira et al., 2003).

En el caso del contenido de fibra, se observa que es de 5.34% mientras que el estudio de (Rivadeneira et al., 2003) reporta un ligero aumento alcanzando el 5,65% lo que podría indicar que su variedad es más fibrosa

En lo que concierne al contenido de grasa, este fue del 1.60%, mientras que el de ceniza alcanzó el 2.44% en la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003, en comparación con lo reportado por (Rivadeneira et al., 2003) el contenido de grasa fue de 1.53% lo que indica que son similares por otra parte el contenido de ceniza fue de 2.36% lo cual es levemente superior, indicando que el contenido mineral en la variedad analizada es mayor.

De acuerdo con los requisitos establecidos por la norma (INEN 1559, 2004) el grano de cebada destinado para consumo alimentario debe cumplir, con una humedad del 13% y un contenido de proteína del 12%. En este análisis las variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003 cumplen los requisitos establecidos de humedad. Respecto al contenido de proteína, la variedad RITA cumple con lo requerido mientras que la variedad INIAP-CAÑICAPA presenta un valor superior al requerido. No obstante, es importante mencionar que esta última es una variedad mejorada, lo que implica que su rendimiento es ligeramente inferior a lo requerido.

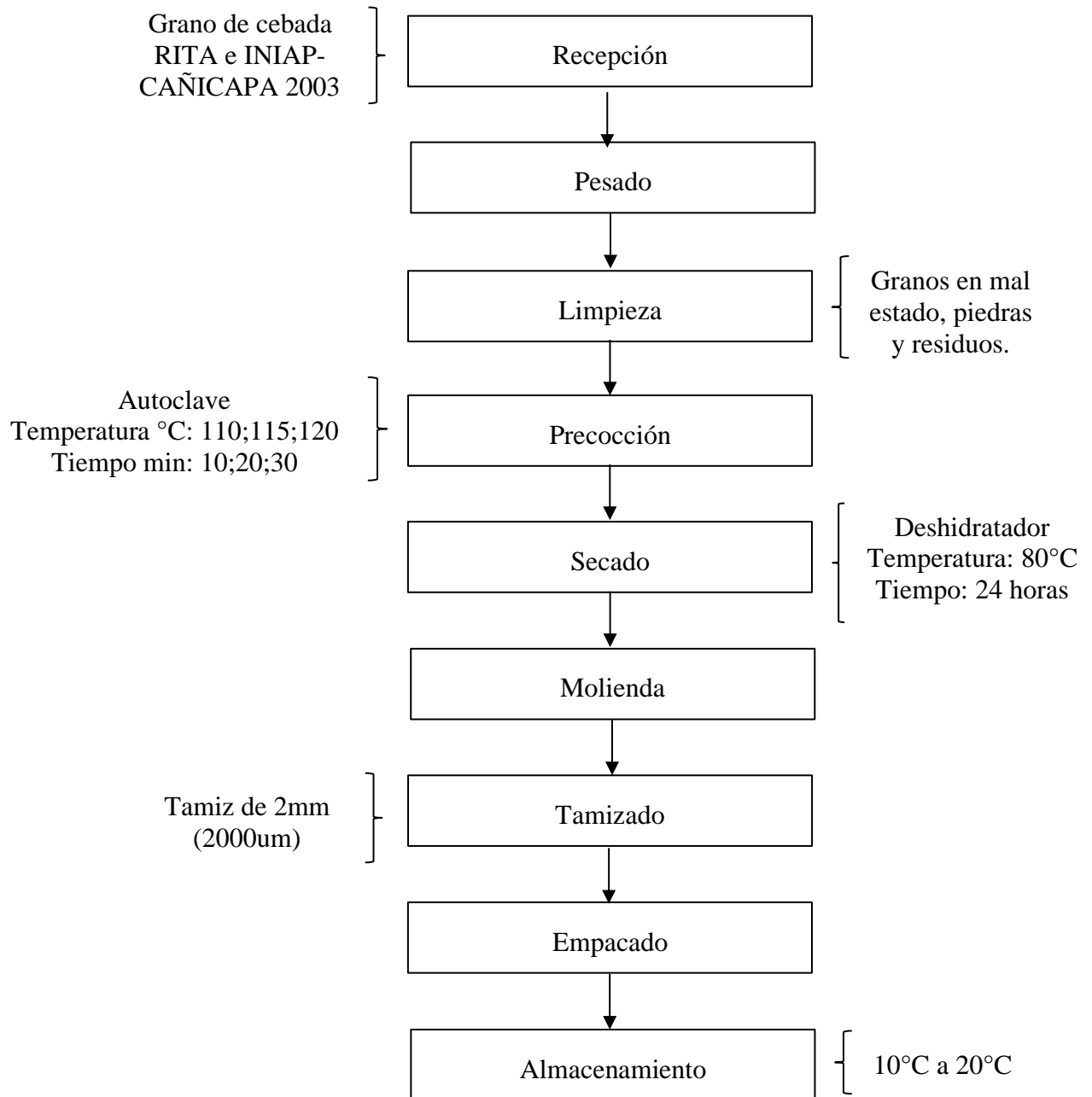
2.10.2 Obtención de las harinas precocidas de cebada en sus diferentes tratamientos

En la figura 4, se presenta el diagrama de flujo de procesos en el que se detalla las etapas del proceso experimental para la obtención de la harina precocida de las variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003.

En la tabla 12 se describe el rendimiento del tratamiento óptimo de las harinas precocidas de las dos variedades de cebada.

Diagrama de flujo de procesos de la obtención de harina precocida del tratamiento óptimo de las variedades de cebada RITA e INIAP CAÑICAPA 2003

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de la obtención de harina precocida de las variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003



Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

Tabla 12. Descripción del rendimiento del tratamiento óptimo de las harinas precocidas de las dos variedades de cebada.

Variedad	Pesado	Precocción	Secado	Tamizado	Molienda	Rendimiento (%)
RITA	1.000 g	T°C:110 t: 30 min	991.53 g	12 g	979.53 g	99%
INIAP-CAÑICAPA 2003		T°C:111 t: 30 min	928.22 g	34 g	894.22 g	96%

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la Tabla 12 se presenta el rendimiento del tratamiento óptimo para las variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003. Para obtener harina precocida, se utilizaron 1.000 g de grano de cada variedad. El tratamiento óptimo para la variedad RITA fue de 110 °C, mientras que para la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 fue de 111 °C, ambas sometidas a precocción durante 30 minutos.

En la etapa de secado, la variedad RITA tuvo un peso de 991.53 g, en comparación con los 928.22 g de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003, por lo que se puede observar la variedad RITA conserva más peso después del secado. En la etapa de tamizado tras la molienda, la variedad RITA generó 12 g de desechos, mientras que la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 tuvo 34 g. En cuanto al proceso de molienda, la variedad RITA registró un peso de 979.39 g, mientras que la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 tuvo un peso de 894.2 g, demostrando que la variedad RITA también presenta un mayor rendimiento en esta etapa.

Por tanto, el rendimiento de la variedad RITA fue del 99%, en contraste con el 96% de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003, lo que sugiere que la variedad RITA podría ser más adecuada para procesos que requieren un rendimiento superior. Cabe destacar que la variedad RITA es de grano desnudo, a diferencia de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003, que tiene cáscara.

2.10.3 Evaluación de las propiedades físicas de las harinas precocidas

En la tabla 13 se indican los valores correspondientes al índice de solubilidad, la higroscopicidad, así como también la densidad aparente, la densidad compactada, el índice de Hausner y el ángulo de reposo de la harina precocida de la variedad de cebada RITA

Tabla 13. *Análisis físicos de la variedad de cebada RITA*

Temp °C	Tiempo (min)	Higroscopicidad (%)	Densidad aparente (g/mL)	Densidad compactada (g/mL)	Índice de Hausner	Ángulo de reposo
115	10	0,10	0,58	0,79	1,37	11,20
120	10	0,11	0,55	0,80	1,36	10,55
115	20	0,12	0,56	0,70	1,37	10,62
120	20	0,13	0,54	0,69	1,31	10,60
115	20	0,11	0,55	0,71	1,36	10,61
120	30	0,14	0,50	0,66	1,30	13,73
110	30	0,15	0,51	0,69	1,32	14,00
115	20	0,13	0,54	0,72	1,34	10,63
120	20	0,14	0,53	0,70	1,34	10,59
115	30	0,15	0,50	0,68	1,33	10,60
115	20	0,14	0,57	0,73	1,35	10,57
110	10	0,12	0,57	0,78	1,39	13,98
115	30	0,16	0,49	0,67	1,34	13,96
110	20	0,13	0,53	0,75	1,36	10,56
110	20	0,14	0,54	0,74	1,37	10,58
110	10	0,11	0,56	0,77	1,38	13,99

Elaborado por: (Pila Faz; Sigcha López, 2024)

En base a lo que se muestra en la tabla 13 para la variedad de harina de cebada RITA, los resultados del análisis mostraron un rango de higroscopicidad de 0.10% a 0.16%. Según (Carrión et al., 2022), en su investigación se reportó que la harina de amaranto presentó una higroscopicidad del 0.159%, la harina de quinua del 0.153% y la harina

de chíá del 0.063%. Menciona que un valor alto de higroscopicidad no sería recomendable, ya que una humedad en las harinas se presenta como un factor negativo para su conservación.

(Bernabé Meza & Cancho Mallma, 2017) reportan que la densidad aparente de la harina de oca es de 0.83 g/mL, en contraste la harina de khaya es de 0.64 g/mL. En el análisis obtenido, la harina precocida de cebada RITA mostró valores de densidad aparente entre 0.49 g/mL y 0.58 g/mL. Estos resultados indican que la harina precocida de cebada RITA tiene una densidad aparente más baja en comparación con lo reportado por los autores, lo que sugiere que es más ligera y menos compacta.

En base a lo reportado por (Pérez et al., 2023), la densidad compactada de la harina de lenteja es de 0.8876 g/mL y la harina de avena es de 0.7753 g/mL. En contraste, los valores obtenidos para la harina precocida de cebada RITA oscilaron entre 0.66 g/mL y 0.80 g/mL. Los resultados indican que, a mayor volumen ocupado por el polvo, menor será su densidad (Cerezal Mezquita et al., 2011). Además, los valores altos de densidad sugieren que las harinas tienen una granulometría fina (Bressani et al., 2001)

Según (Ortega Rodrigo, 2019) en su estudio, reporta que los valores del índice de Hausner para la harina de nabo en diferentes tratamientos fueron 1.63, 1.57 y 1.46, indicando una cohesividad alta, mientras que un valor de 1.26 indica una cohesividad intermedia. En los resultados se observa que la harina precocida de cebada RITA presentó valores de índice de Hausner que varían entre 1.30 y 1.39, valores que no están bajo lo reportado por el autor Ortega Rodrigo. (Gremasqui et al., 2021), señalan que valores del índice de Hausner entre 1.00-1.11 indican una fluidez excelente, entre 1.12-1.18 son buenos, entre 1.19-1.25 son adecuados, entre 1.26-1.34 son tolerables y valores >1.35 son pobres.

Según (Cerezal Mezquita et al., 2011) en su investigación reportó que los ángulos de reposo de la harina de arroz fueron de 33.68°, la harina de maíz de 33.24° y la harina de quinua de 31.29°, lo que las caracteriza como harinas de bajo flujo. En los resultados obtenidos, los ángulos de reposo para la harina precocida de cebada RITA variaron entre 10.55° y 14°.

Según (Quispe Mamani, 2020), un valor de 25-30° es excelente, mientras que un valor de 36-40° es regular, un valor de 46-55° es pobre y un valor >66° es extremadamente pobre.

Los resultados sobre higroscopicidad indican que esta harina presenta valores relativamente bajos (0.10% a 0.16%), sugiriendo una estabilidad adecuada durante su almacenamiento. Esto es positivo considerando que una alta higroscopicidad podría implicar problemas en la conservación, como la proliferación de mohos y la degradación de la calidad.

En términos de densidad aparente, los valores obtenidos (0.49 g/mL a 0.58 g/mL) son inferiores en comparación con harinas de oca y khaya, lo que implica que la harina de cebada RITA es más ligera y menos compacta. Esta característica, aunque favorable en términos de facilidad de manejo, puede resultar en un endurecimiento más rápido de los productos elaborados. Por lo tanto, se sugiere que, para aplicaciones de panificación, se deben ajustar las formulaciones para mejorar la textura y la frescura de los productos finales. La densidad compactada de la harina de cebada RITA, que varía entre 0.66 g/mL y 0.80 g/mL, se encuentra alineada con las características de harinas finas, lo que puede contribuir a su capacidad de mezcla homogénea en formulaciones alimenticias. Sin embargo, esto también debe observarse con cautela, ya que una menor densidad puede estar asociada con una menor capacidad de retención de agua, afectando potencialmente la calidad de los productos finales.

El índice de Hausner, que revela valores entre 1.30 y 1.39, sugiere una fluidez limitada y una tendencia a la aglomeración. Estos resultados son especialmente relevantes en el contexto industrial, donde la manipulación y el transporte de la harina pueden verse complicados por su cohesividad. Para optimizar su uso en procesos de producción, podría ser necesario considerar el uso de aditivos o tratamientos que mejoren la fluidez y reduzcan la aglomeración. Los ángulos de reposo observados (10.55° a 14°) son significativamente menores que los reportados para otras harinas, indicando que la harina precocida RITA tiene una menor cohesión. Este rasgo es favorable ya que sugiere que la harina es más propensa a deslizarse, lo cual puede ser ventajoso en

aplicaciones que requieren manipulación frecuente. Sin embargo, también plantea un riesgo de segregación durante el almacenamiento y transporte, lo que debe tenerse en cuenta para evitar variaciones en la calidad del producto a lo largo de su vida útil.

En la tabla 14 se presentan los valores del índice de solubilidad, la higroscopicidad, así como también la densidad aparente, la densidad compactada, el índice de Hausner y el ángulo de reposo de la harina precocida de la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003.

Tabla 14. *Análisis físicos de la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003*

Tem °C	Tiempo (min)	Higroscopicidad (%)	Densidad aparente (g/mL)	Densidad compactada (g/mL)	Índice de Hausner	Ángulo de reposo
115	10	0,04	0,47	0,71	1,39	10,48
120	10	0,05	0,45	0,69	1,40	11,30
115	20	0,13	0,46	0,74	1,44	13,65
120	20	0,15	0,42	0,75	1,43	13,70
115	20	0,14	0,43	0,73	1,45	13,66
120	30	0,18	0,48	0,67	1,40	11,30
110	30	0,13	0,47	0,66	1,42	11,32
115	20	0,13	0,45	0,72	1,46	13,69
120	20	0,16	0,41	0,73	1,48	13,68
115	30	0,15	0,42	0,65	1,42	11,52
115	20	0,14	0,44	0,69	1,47	13,70
110	10	0,01	0,50	0,68	1,38	10,43
115	30	0,17	0,41	0,66	1,43	11,33
110	20	0,12	0,46	0,70	1,38	13,15
110	20	0,11	0,48	0,69	1,40	13,12
110	10	0,02	0,49	0,67	1,37	10,44

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la tabla 14 se observan los resultados obtenidos del análisis físico de la harina precocida de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003. La higroscopicidad presenta

valores que oscilan entre 0.02 y 0.18%. En contraste, (Carrión et al., 2022), informaron en su estudio que la higroscopicidad de la harina de amaranto fue del 0.159%, la de quinua del 0.153% y la de chía del 0.063%.

En los resultados obtenidos, la harina precocida de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003 presentó valores de densidad aparente que varían entre 0.41 g/mL y 0.50 g/mL. En contraste, (Bernabé Meza & Cancho Mallma, 2017) reportan que la densidad aparente de la harina de oca es de 0.83 g/mL, a diferencia de la harina de khaya su valor fue de 0.64 g/mL.

(Pérez et al., 2023), en su estudio reportó, la densidad compactada de la harina de lenteja es de 0.8876 g/mL y la harina de avena es de 0.7753 g/mL. En el análisis realizado, los valores de densidad compactada para la harina precocida de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003 oscilaron entre 0.67 g/mL y 0.75 g/mL. Estos Los resultados indican que a mayor volumen ocupado por el polvo, menor será su densidad (Cerezal Mezquita et al., 2011). Además, los valores altos de densidad sugieren que las harinas tienen una granulometría fina (Bressani et al., 2001).

(Ortega Rodrigo, 2019), reporta valores de índice de Hausner para la harina de nabo en diferentes tratamientos fueron 1.63, 1.57 y 1.46, indicando una cohesividad alta, mientras que un valor de 1.26 indicó una cohesividad intermedia. En los resultados obtenidos, los valores del índice de Hausner para la harina precocida de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003 oscilaron entre 1.37 y 1.48, valores que tienen significancia con los reportados por Ortega Rodrigo. (Gremasqui et al., 2021) señalan que valores del índice de Hausner entre 1.00-1.11 indican una fluidez excelente, entre 1.12-1.18 son buenos, entre 1.19-1.25 son adecuados, entre 1.26-1.34 son tolerables y valores >1.35 son pobres.

(Cerezal Mezquita et al., 2011) reportan que los ángulos de reposo de la harina de arroz fueron de 33.68°, la harina de maíz de 33.24° y la harina de quinua de 31.29° caracterizándolas con poco flujo. En contraste, los análisis realizados revelaron que los ángulos de reposo para la harina precocida de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003 se situaron entre 10.44° y 13.70°. Según (Quispe Mamani, 2020), un valor de 25-30° es

excelente, mientras que un valor de 36-40° es regular, un valor de 46-55° es pobre y un valor >66° es extremadamente pobre.

La higroscopicidad observada, con valores que oscilan entre 0.02% y 0.18%, es notablemente baja, lo que sugiere que esta harina tiene un buen potencial de conservación y es menos propensa a problemas de deterioro asociados a la humedad. Esta característica la posiciona favorablemente en comparación con otras harinas como las de amaranto y quinua, que presentan niveles más altos de higroscopicidad, haciendo su almacenamiento más complicado.

En cuanto a la densidad aparente, los valores de 0.41 g/mL a 0.50 g/mL indican que la harina precocida de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003 es más ligera y menos compacta en comparación con harinas como la de oca y khaya. La liviandad de la harina precocida podría resultar en un endurecimiento más acelerado de los productos de panificación, lo que indica la importancia de modificar las formulaciones para asegurar que se mantenga una calidad adecuada en dichos productos. Asimismo, los valores de densidad compactada (0.67 g/mL a 0.75 g/mL) sugieren que, si bien la harina es menos densa, puede tener una granulometría fina, lo cual es relevante para ciertas aplicaciones alimenticias, ya que podría influir en la absorción de agua y en la textura final de los productos.

El índice de Hausner, que oscila entre 1.37 y 1.48, indica una fluidez limitada y una tendencia a la aglomeración, lo que podría complicar su manejo en entornos industriales. Los valores de ángulos de reposo, que están entre 10.44° y 13.70°, son significativamente más bajos que los reportados para otras harinas. Esto sugiere que la harina precocida de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003 presenta una cohesión reducida, lo que la hace más susceptible a deslizarse y separarse; por tanto, es fundamental considerar este aspecto durante su almacenamiento y manejo para prevenir alteraciones en la calidad del producto.

2.10.4 Matriz experimental de la variedad RITA

En la tabla 15 se presenta la matriz experimental para determinar el tratamiento óptimo de la harina precocida de la variedad de cebada RITA, considerando la solubilidad de la harina precocida y el contenido de proteína en el grano precocido.

Tabla 15. *Matriz experimental para determinar el tratamiento óptimo de la harina precocida de la variedad de cebada RITA*

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)
1	115	10	5,11	7,12
2	120	10	6,1	5,34
3	115	20	6,48	6,34
4	120	20	6,81	4,45
5	115	20	6,52	6,64
6	120	30	8,01	3,68
7	110	30	6,65	6,78
8	115	20	6,34	6,45
9	120	20	6,92	4,23
10	115	30	7,28	5,34
11	115	20	6,2	6,36
12	110	10	4,12	8,54
13	115	30	7,38	5,38
14	110	20	5,27	7,26
15	110	20	5,35	7,79
16	110	10	4,03	8,13

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la tabla 15 se observa las 15 corridas experimentales a diferentes temperaturas: 110°C, 115°C y 120°C, así como también los distintos tiempos de precocción: 10 minutos, 20 minutos y 30 minutos.

Según lo reportado por (Huamani-H et al., 2020), su estudio presenta una serie de resultados de 12 experimentos del proceso de cocción de quinua, realizados en el

procedimiento de optimización. Los valores de solubilidad variaron entre 4.95 y 8.32%, y menciona que a mayor temperatura mayor será la solubilidad, lo que valida los resultados obtenidos. (Ortega Rodrigo, 2019) explica que la solubilidad en agua es la cantidad de proteína de una muestra que se disuelve en un solvente.

A través de la tabla 16 se presentan las variables que se utilizan para llevar a cabo un análisis de varianza, basado en el modelo lineal codificado para la solubilidad obtenido de la harina precocida de la variedad RITA

Tabla 16. *Parámetros del modelo codificado para la solubilidad de la variedad RITA*

Indicador	Solubilidad (%)
Intercepto	6,21
X _{TP}	0,83*
X _{PP}	1,14*
R ²	0,9779
R ² ajustado	0,9745
F modelo	287,89*
F falta de ajuste	44,79

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 20424)

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

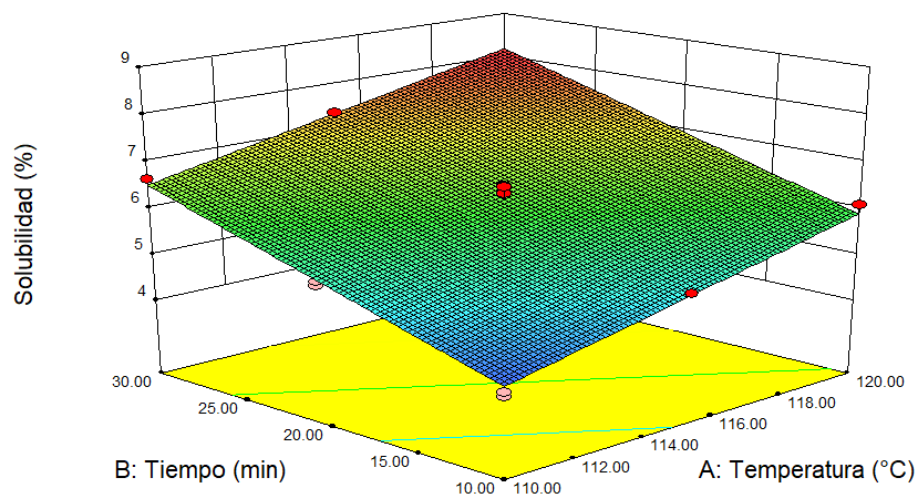
*Valor significativo para $p \leq 0,001$.

La tabla 16 presenta los parámetros del modelo codificado para la solubilidad. El indicador X_{TP}, que representa la temperatura de precocido, tiene un valor de 0,83. Este valor positivo indica que a medida que la temperatura de precocido aumenta, la solubilidad lo que lo hace significativo para ($p \leq 0,001$). Por otro lado, X_{PP}, que representa el tiempo de precocido, muestra un valor de 1,14 el cual también es significativo.

Los valores cuadráticos R² indica que el 97,79% de la variabilidad en la solubilidad puede ser explicada por el modelo, ya que un valor cercano a 1 indica un buen ajuste.

De manera similar, el R^2 ajustado también muestra un buen ajuste. Por otro lado, un valor alto y significativo en el F modelo indica que el modelo es estadísticamente significativo. Además, un valor bajo de F falta de ajuste sugiere que el modelo se ajusta bien a los datos sin mucha variabilidad no explicada. Estos valores indican que el modelo es robusto y significativo, con una alta capacidad para predecir la solubilidad basada en las variables independientes.

Figura 5. Superficie de respuesta para la solubilidad obtenido de la harina precocida de la variedad RITA



Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

La figura 5 ilustra cómo la solubilidad se ve influenciada por cambios en la temperatura y el tiempo. Se observa que, al incrementar la temperatura, la solubilidad también aumenta, lo cual es habitual en numerosos procesos químicos, ya que el calor favorece la disolución de sustancias. Además, la solubilidad tiende a incrementarse con el paso del tiempo, aunque eventualmente llega a estabilizarse. Esto indica que, después de un determinado período, la solubilidad alcanza un nivel máximo y no se incrementa de manera significativa, indicando un alto grado de gelificación del almidón.

2.10.4.1 Evaluación del modelo para la proteína

Mediante la tabla 17 se presentan las variables que se utilizan para llevar a cabo el análisis de varianza, basado en el modelo lineal codificado para el contenido de proteína obtenido del grano precocido de la variedad RITA

Tabla 17. *Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína en el grano precocido de la variedad RITA*

Indicador	Proteína (%)
Intercepto	6,37
X_{TP}	-1,56*
X_{PP}	-0,85*
$X_{TP} X_{PP}$	-0,027
X_{TP}^2	-0,37
X_{PP}^2	0,047
R^2	0,9859
R^2 ajustado	0,9788
F modelo	139,70*
F falta de ajuste	0,87

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

*Valor significativo para $p \leq 0,001$.

La tabla 17 muestra los parámetros del modelo codificado para el contenido proteico en el grano precocido. Para X_{TP} , se presenta un valor de -1,56, que al ser negativo indica que, al aumentar la temperatura de precocido, el contenido de proteína tiende a disminuir mostrando que este valor es significativo ($p \leq 0,001$). Es decir, por cada unidad de incremento en la temperatura, el contenido de proteína se reduce en 1,56 unidades. De manera similar, el valor de X_{PP} es -0,85, también negativo y significativo, lo que sugiere una notable influencia en la reducción del contenido de proteína, ya que, por cada unidad de incremento en el tiempo, el contenido de proteína se reduce en 0,85 unidades.

En cuanto a la interacción entre X_{TP} y X_{PP} , presenta un valor no significativo, Este valor negativo indica que la interacción entre la temperatura y el tiempo de precocido también contribuye a una ligera disminución en el contenido de proteína.

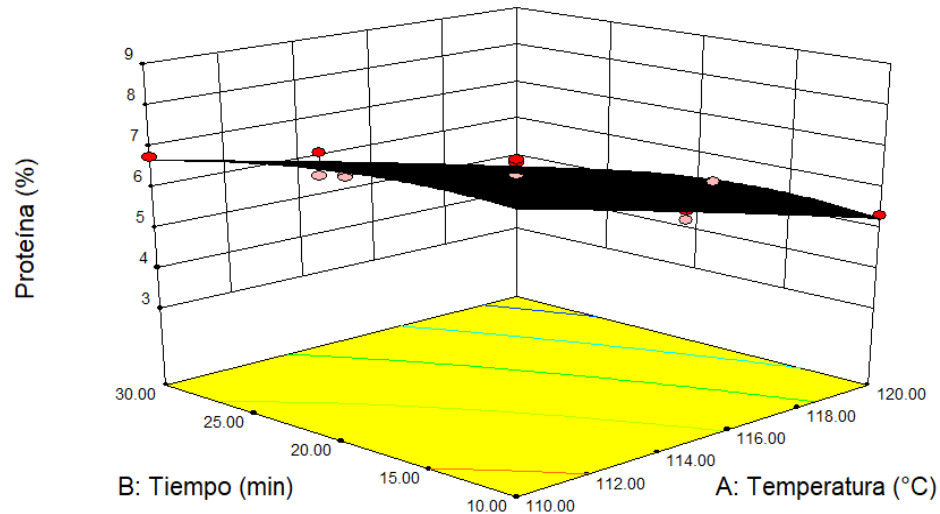
Además, los valores cuadráticos de X_{TP}^2 y X_{PP}^2 también resultan no significativos, pero el valor de X_{TP}^2 -0.37 indica que el efecto de la temperatura sobre el contenido de proteína no es lineal, sino que se acelera a medida que la temperatura aumenta.

Los valores negativos en los parámetros del modelo indican que tanto la temperatura como el tiempo de precocido tienen un efecto negativo sobre el contenido de proteína en la harina de cebada. Esto significa que, a medida que aumentan la temperatura y el tiempo de precocción, el contenido de proteína tiende a disminuir. Por lo tanto, es importante controlar estos factores para optimizar la proteína en el producto final.

Los valores de R^2 indican que el 98,59% de la variabilidad en el contenido de proteínas puede ser explicada por el modelo, lo que sugiere que el ajuste es adecuado. Un resultado similar se observa en el R^2 ajustado, que también sugiere un buen ajuste al ser cercano a 1.

El valor de F del modelo, al ser elevado, indica que este es estadísticamente significativo. Por otro lado, un valor bajo en F falta de ajuste sugiere que el modelo se adapta bien a los datos, con poca variabilidad no explicada.

Figura 6. Superficie de respuesta para el contenido de proteína obtenido del grano precocido de la variedad RITA



Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En cuanto al contenido de proteína del grano precocido de cebada de la variedad RITA, la figura 6 muestra que a medida que la temperatura aumenta, el contenido de proteína tiende a disminuir. Este patrón es coherente con los valores negativos observados en los coeficientes de la tabla. De manera similar, un aumento en el tiempo de precocido también se asocia con una disminución en el contenido de proteína, lo que se refleja igualmente en los valores negativos de los coeficientes.

La zona amarilla de la superficie en la figura 6 representa las condiciones óptimas para preservar un mayor contenido de proteína. Esto sugiere que, dentro de ese rango particular de temperatura y tiempo, el contenido de proteína es superior en comparación con otras combinaciones de ambos factores.

En la tabla 18 se presenta la optimización del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad RITA.

Tabla 18. *Tratamiento óptimo del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad RITA.*

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)	Deseabilidad
110	30	6.61	6.59	0.624

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

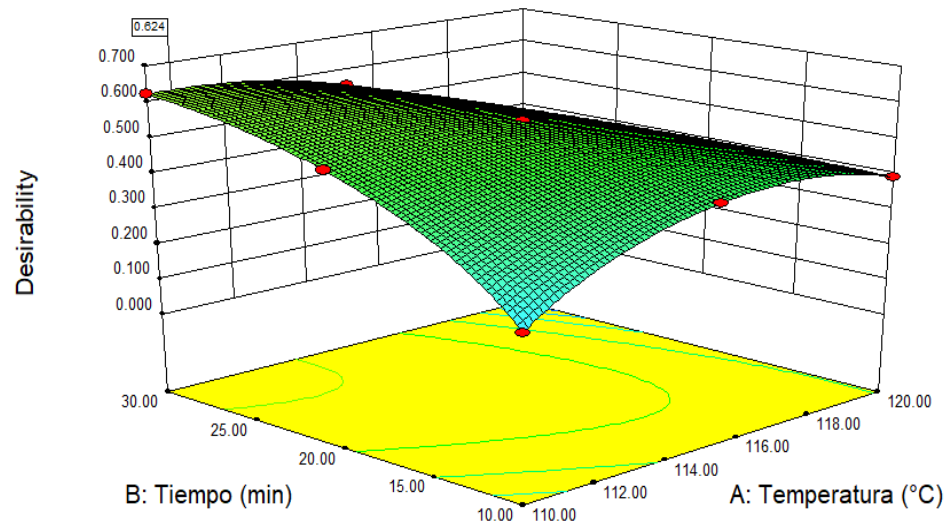
La tabla 18 presenta que el tratamiento óptimo de las corridas experimentales para el grano precocido y la harina precocida se estableció a una temperatura de 110°C durante 30 minutos, lo que resultó en una solubilidad del 6.61%, un contenido de proteína del 6.59% y una deseabilidad del 0.624% en la variedad RITA.

La solubilidad del 6.61% sugiere que una parte considerable de los componentes solubles ha sido extraída o alterada durante el proceso de precocción. Este aspecto es importante, ya que una mayor solubilidad suele estar relacionada con la bioaccesibilidad de los nutrientes, lo que podría facilitar la digestión y absorción de proteínas y otros nutrientes en las aplicaciones alimenticias.

El contenido proteico del 6.59% es notable, especialmente dado que los tratamientos térmicos pueden provocar desnaturalización de las proteínas. La capacidad de conservar un alto nivel de proteínas bajo estas condiciones indica que se ha alcanzado un adecuado balance entre la preservación de nutrientes y los cambios en la textura del grano.

La deseabilidad de 0.624% indica que el tratamiento en estas condiciones no solo ha conseguido buenos índices de solubilidad y proteína, sino que también ha logrado equilibrar otros atributos deseables, incluidos posiblemente características sensoriales y funcionales del producto final. La gestión de la deseabilidad es fundamental al desarrollar productos alimenticios, ya que debe considerar tanto la funcionalidad como las expectativas de los consumidores respecto al sabor, la textura y la facilidad de uso.

Figura 7. Deseabilidad del tratamiento óptimo para el rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad RITA



Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la figura 7 se presentan el tratamiento óptimo para el rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad RITA. Se observa que la deseabilidad cambia según la temperatura, así como también hay un rango específico donde la deseabilidad alcanza su punto máximo, lo que indica condiciones óptimas. Asimismo, dado que los patrones son similares, la deseabilidad también se ve afectada por el tiempo, mostrando un rango temporal en el cual es más alta.

2.10.5 Matriz experimental de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003

En la tabla 19 se presenta la matriz experimental para determinar el tratamiento óptimo de la harina precocida de la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003, considerando la solubilidad de la harina precocida y el contenido de proteína en el grano precocido.

Tabla 19. Matriz experimental para determinar el tratamiento óptimo de la harina precocida de la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)
1	115	10	5,03	10,45
2	120	10	5,95	8,71
3	115	20	6,39	9,61
4	120	20	6,77	7,56
5	115	20	6,47	9,89
6	120	30	8,05	6,89
7	110	30	6,6	9,56
8	115	20	6,1	9,23
9	120	20	6,96	7,49
10	115	30	7,19	8,48
11	115	20	6,16	9,49
12	110	10	4,02	11,78
13	115	30	7,18	8,67
14	110	20	5,39	10,56
15	110	20	5,2	10,89
16	110	10	4,12	11,5

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la tabla 19 se observa las 16 corridas experimentales a diferentes temperaturas: 110°C, 115°C y 120°C, así como también, con distintos tiempos de precocción: 10 minutos, 20 minutos y 30 minutos.

Según lo reportado por (Huamani-H et al., 2020), su estudio presenta una serie de resultados de 12 experimentos del proceso de cocción de quinua, realizados en el procedimiento de optimización. Los valores de solubilidad variaron entre 4.95 y 8.32%, y menciona que a mayor temperatura mayor será la solubilidad, lo que valida los resultados obtenidos (Ortega Rodrigo, 2019) explica que la solubilidad en agua es la cantidad de proteína de una muestra que se disuelve en un solvente. Las propiedades

espesantes, espumantes y gelificantes de las proteínas dependen de su solubilidad. Las proteínas al ser utilizadas como aditivos alimentarios pueden ser parcialmente, completamente solubles o totalmente insolubles en agua.

Mediante la tabla 20 se presentan las variables que se utilizan para llevar a cabo un análisis de varianza, basado en el modelo lineal codificado para la solubilidad obtenido de la harina precocida de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.

Tabla 20. *Parámetros del modelo codificado para la solubilidad obtenido de la harina precocida de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003*

Indicador	Solubilidad (%)
Intercepto	6,15
X_{TP}	0,82*
X_{PP}	1,13*
R^2	0,9831
R^2 ajustado	0,9805
F modelo	377,39*
F falta de ajuste	1,52

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

TP: temperatura de precocido

PP: tiempo de precocido

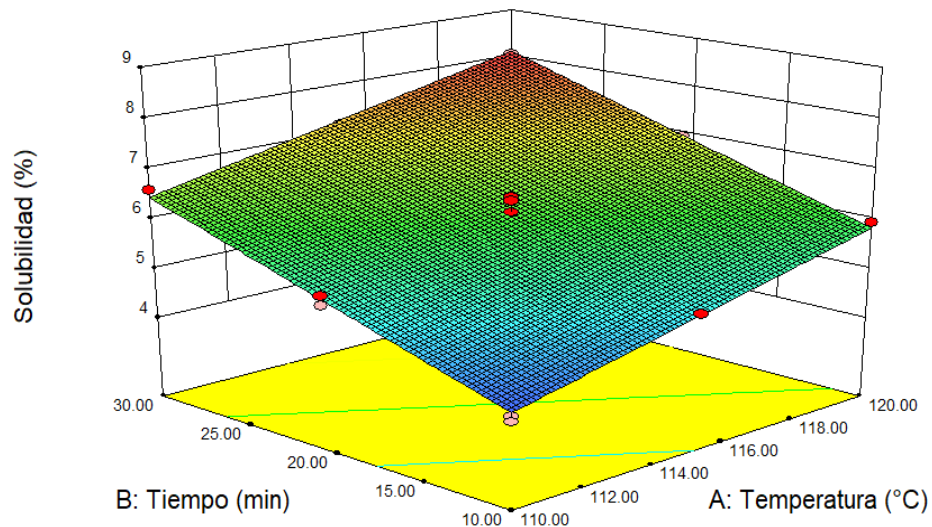
*Valor significativo para $p \leq 0,001$.

La tabla 20 muestra la temperatura de precocido (X_{TP}), el cual tiene un valor de 0,82. Este valor positivo indica que a medida que la temperatura de precocido aumenta, también lo hace la solubilidad, siendo esta relación significativa para ($p \leq 0,001$). Por otro lado, el tiempo de precocido (X_{PP}) tiene un valor de 1,13, que también es positivo y significativo, lo que indica una fuerte influencia en el incremento de la solubilidad.

En cuanto al coeficiente de determinación (R^2), se establece que el 98,31% de la solubilidad puede ser explicado por el modelo, y el R^2 ajustado considera el número de variables incluidas. Esto indica un buen ajuste, ya que un valor aproximado a 1 es indicativo de tal. Además, el valor alto y significativo de F modelo señala que el modelo

es estadísticamente significativo. En contraste, el valor bajo de F falta de ajuste sugiere que el modelo se adapta bien a los datos, con poca variabilidad no explicada.

Figura 8. Superficie de respuesta para la solubilidad obtenido de la harina precocida de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003



Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

La figura 8 muestra que a medida que la temperatura aumenta, la solubilidad tiende a incrementarse, lo cual se refleja en la inclinación ascendente de la superficie de la gráfica. De manera similar, también se observa que a medida que se incrementa el tiempo de precocido, la solubilidad aumenta. Esta relación se evidencia en la inclinación de la superficie a lo largo del eje del tiempo. Los puntos más elevados en la superficie (marcados con puntos rojos) representan las condiciones óptimas para lograr la mayor solubilidad. Estas condiciones corresponden a combinaciones específicas de temperatura y tiempo que maximizan la solubilidad. Esto sugiere que, tras un cierto tiempo, la solubilidad llega a un punto máximo y no aumenta de forma considerable, teniendo un alto grado de gelificación del almidón.

2.10.5.1 Evaluación del modelo para la proteína

Mediante la tabla 21 se presentan las variables que se utilizan para llevar a cabo el análisis de varianza, basado en el modelo lineal codificado para el contenido de proteína obtenido del grano precocido de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.

Tabla 21. *Parámetros del modelo codificado para el contenido de proteína obtenido del grano precocido de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003*

Indicador	Proteína (%)
Intercepto	9,53
X_{TP}	-1,50*
X_{PP}	-0,96*
$X_{TP} X_{PP}$	-0,056
X_{TP}^2	-0,38
X_{PP}^2	0,019
R^2	0,9856
R^2 ajustado	0,9784
F modelo	137,20*
F falta de ajuste	0,66

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

TP: temperatura de precocido

PP: temperatura de precocido

*Valor significativo para $p \leq 0,001$.

En relación con los datos de contenido de proteína presentados en la tabla 21, el indicador X_{TP} , se presenta un valor de -1,50, que al ser negativo indica que, al aumentar la temperatura de precocido, el contenido de proteína tiende a disminuir mostrando que este valor es significativo para ($p \leq 0,001$). Es decir, por cada unidad que se incremente en la temperatura, el contenido de proteína se reduce en 1,50 unidades. De manera similar, el valor de X_{PP} es -0,96, también es negativo y significativo, indicando una notable influencia en la reducción del contenido de proteína. Esto sugiere que, por cada

unidad de incremento en el tiempo, el contenido de proteína se disminuye en 0,96 unidades.

En cuanto a la interacción entre X_{TP} y X_{PP} , presenta un valor no significativo, Este valor negativo indica que la interacción entre la temperatura y el tiempo de precocido también contribuye a una ligera disminución en el contenido de proteína.

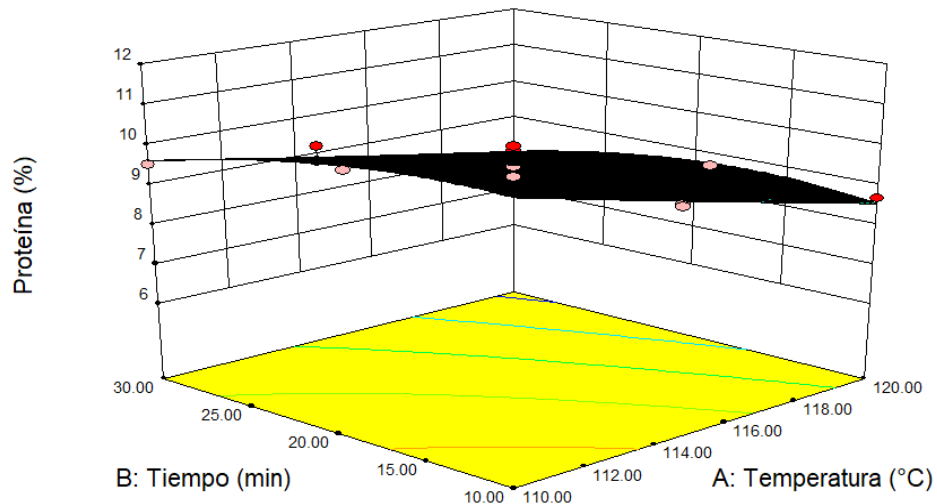
Por otro lado, los valores cuadráticos de X_{TP}^2 y X_{PP}^2 también resultan no significativos, pero el valor de X_{TP}^2 -0.38 indica que el efecto de la temperatura sobre el contenido de proteína no es lineal, sino que se acelera a medida que la temperatura aumenta.

Los valores negativos en los parámetros del modelo sugieren que tanto la temperatura de precocción como el tiempo de precocción afectan negativamente el contenido de proteína en la harina de cebada. Esto implica que, a medida que aumentan la temperatura y el tiempo de precocción, el contenido de proteína tiende a disminuir. Por lo tanto, es crucial controlar estos factores para optimizar la proteína en el producto final.

Los valores de R^2 indican que el 98,56% de la variabilidad en el contenido de proteínas puede ser explicada por el modelo, lo que sugiere que el ajuste es adecuado. Un resultado similar se observa en el R^2 ajustado, sugiere un buen ajuste al aproximarse al valor de 1.

El valor de F del modelo, al ser elevado, indica que este es estadísticamente significativo. Por otro lado, un valor bajo en F falta de ajuste sugiere que el modelo se adapta bien a los datos, con poca variabilidad no explicada.

Figura 9. Superficie de respuesta para el contenido de proteína obtenido del grano precocido de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003



Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

La figura 9 ilustra la relación entre la temperatura y el contenido de proteína, mostrando que a medida que la temperatura se incrementa, el contenido de proteína también aumenta hasta un cierto punto. Esta tendencia se refleja en la inclinación ascendente de la superficie gráfica. De manera similar, al analizar la relación entre el tiempo y el contenido de proteína, se observa que un aumento en el tiempo de precocido también conduce a un aumento en el contenido de proteína hasta un punto específico, tras el cual puede estabilizarse o incluso disminuir. Los puntos más altos en la superficie (indicados con puntos rojos) representan las condiciones óptimas para lograr el máximo contenido de proteína. Estos factores corresponden a combinaciones específicas de temperatura y tiempo que maximizarán el contenido proteico.

En la tabla 22 se presenta la optimización del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.

Tabla 22. *Tratamiento óptimo del rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.*

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solubilidad (%)	Proteína (%)	Deseabilidad
111	30	6.63	9.50	0.587

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la tabla 22 se muestra que el tratamiento óptimo de las corridas experimentales se determinó a una temperatura de 111°C durante 30 minutos, logrando una solubilidad de 6.63% y un contenido de proteína de 9.50% y una deseabilidad de 0.587% en la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.

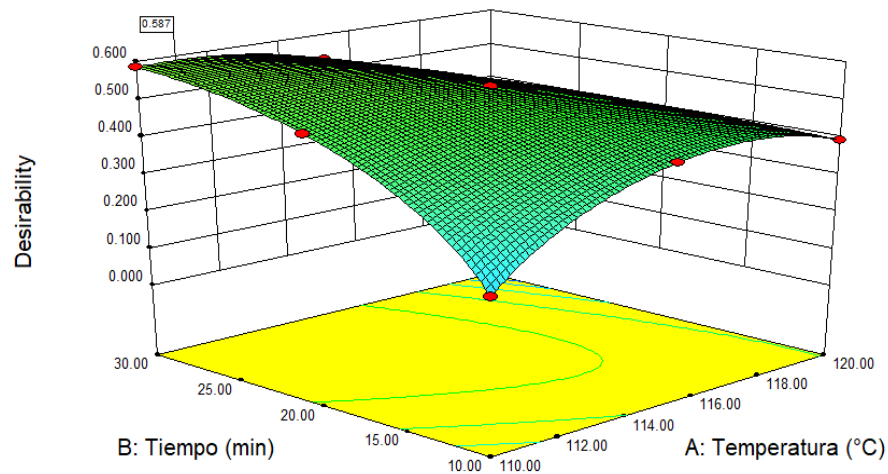
Los resultados del tratamiento óptimo muestran una solubilidad del 6.63%, lo que indica que una cantidad considerable de los componentes solubles ha sufrido transformaciones, lo cual podría ser beneficioso para la bioaccesibilidad de los nutrientes. Este incremento en la solubilidad podría facilitar la digestión y la absorción de proteínas y otros nutrientes esenciales, lo que resulta fundamental en la formulación de productos alimenticios.

El contenido proteico de 9.50% es notable, especialmente teniendo en cuenta que muchos tratamientos térmicos pueden causar la desnaturalización de las proteínas, afectando su calidad y funcionalidad. Esto sugiere que el tratamiento realizado a 111°C se ha manejado adecuadamente, permitiendo mantener un alto contenido proteico, lo cual es vital para el valor nutricional del producto.

La deseabilidad de 0.587% indica que, aunque este tratamiento ha logrado mejorar tanto la solubilidad como el contenido proteico, hay que tener en cuenta que esta cifra es relativamente baja. Esto podría señalar que hay oportunidades de mejora en aspectos adicionales que influyen en la calidad del producto, como el sabor, la textura o la facilidad de uso.

Figura 10. Deseabilidad del tratamiento óptimo para el rendimiento de solubilidad en la harina precocida y el contenido de proteína del grano precocido de la variedad

RITA



Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

La figura 10 muestra cómo la deseabilidad varía según la temperatura. Se puede observar que existe un rango específico de temperatura, aproximadamente entre 114°C y 118°C, donde la deseabilidad alcanza su punto máximo, revelando así las condiciones óptimas. De manera similar, al analizar la relación entre el tiempo y la deseabilidad, se nota que está también fluctúa con el tiempo. En este caso, hay un intervalo de tiempo, que va aproximadamente de 10 a 25 minutos, en el que la deseabilidad es más elevada. Los puntos más altos en la superficie, señalados con puntos rojos, representan las condiciones más deseables. Estas condiciones corresponden a combinaciones concretas de temperatura y tiempo que optimizan la deseabilidad.

2.10.6 Análisis de las propiedades funcionales y los parámetros fisicoquímicos de harinas precocidas del tratamiento óptimo

2.10.6.1 Parámetros fisicoquímicos

En la tabla 23 se visualizan las cantidades porcentuales de los análisis fisicoquímicos correspondientes a la harina precocida obtenida del tratamiento óptimo para las dos variedades de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003.

Tabla 23. Análisis fisicoquímicos de la harina precocida del tratamiento óptimo de las dos variedades de cebada.

Indicador	Variedades de cebada	
	RITA	INIAP-CAÑICAPA 2003
Humedad (% m/m)	7.62	5.95
Proteína (% m/m)	11.09	14.98
Fibra (% m/m)	4.99	6.02
Grasa (% m/m)	1.35	1.79
Ceniza (% m/m)	1.74	2.56
Carbohidrato (% m/m)	73.21	68.70

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

En la tabla 23 se presentan los resultados de las harinas precocidas de cebada, revelando diferencias notables entre las variedades RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003 en cuanto a su composición nutricional.

La variedad RITA presenta un contenido de humedad del 7.62%, mientras que INIAP-CAÑICAPA 2003 tiene un contenido más bajo del 5.95%. Según los estudios de (Alfaro Aleman, 2021), la harina de cebada precocida por tueste muestra una humedad del 3.40%, y (Alvarez Ruilova, 2011) reporta un 5.41% en cebada germinada, lo que se acerca al valor de la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003. Esto sugiere que la variedad

INIAP-CAÑICAPA 2003 podría ser más adecuada para aplicaciones que requieran harinas con menor contenido de humedad.

En términos de contenido de proteína, la variedad RITA tiene un 11.09%, que es inferior al 14.98% de INIAP-CAÑICAPA 2003. Este hallazgo es consistente con los datos de (Alfaro Aleman, 2021) que reporta un contenido proteico de 9.09% en harina de cebada precocida por tueste, y comparado con el 13.87% de (Alvarez Ruilova, 2011) para cebada germinada, lo que respalda la superioridad proteica de INIAP-CAÑICAPA 2003. Esta mayor concentración de proteína podría ofrecer un mayor valor nutricional y funcionalidad en productos alimenticios.

En cuanto al contenido de fibra, la variedad RITA presenta un 4.99% y la INIAP-CAÑICAPA 2003 muestra 6.02%. Estos resultados son significativamente más altos que el 0.97% reportado por (Alvarez Ruilova, 2011) para cebada germinada por tueste, lo que sugiere que ambas variedades son relativamente bajas en fibra en comparación con otras semillas como la linaza, que tiene un 15.87% según Magro Porras (2015). Esto podría implicar que las harinas de cebada RITA e INIAP-CAÑICAPA 2003 pueden ser menos adecuadas para aplicaciones que requieran un alto contenido de fibra.

Respecto al contenido de grasa, la variedad RITA cuenta con un 1.35%, siendo esta la más baja en comparación con el 1.79% de INIAP-CAÑICAPA 2003. Ambos valores son notoriamente menores que los reportados por (Alfaro Aleman, 2021) que indica un 4.18% en la harina de cebada por tueste, y el 2.46% de (Alvarez Ruilova, 2011) para cebada germinada. La baja cantidad de grasa en ambas variedades puede ser atractiva para consumidores que buscan opciones alimenticias más saludables.

En cuanto al contenido de ceniza, RITA presenta un 1.74% y INIAP-CAÑICAPA 2003, un 2.56%. Estos resultados son en general consistentes con los reportados por (Alfaro Aleman, 2021) y (Alvarez Ruilova, 2011), quienes informan valores cercanos de 2.14% en la harina precocidad de cebada por tueste y 2.52% para harina de cebada germinada. No obstante, la variedad RITA tiene un menor contenido inorgánico, lo que podría ser favorable en términos de calidad del producto final.

En el análisis de carbohidratos, la variedad RITA tiene un contenido del 73.21%, frente al 68.70% de INIAP-CAÑICAPA 2003. Estos valores son inferiores al 81.19% reportado por (Alfaro Aleman, 2021), aunque la cifra de INIAP-CAÑICAPA 2003 se asemeja al 74.77% de (Alvarez Ruilova, 2011). Esto sugiere que INIAP-CAÑICAPA 2003 podría tener una composición de carbohidratos relativamente equilibrada.

Los resultados indican que la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 presenta un perfil nutricional más favorable en términos de contenido proteico, mientras que RITA se destaca por un contenido de humedad relativamente más alto y un menor contenido en ceniza. Ambas variedades, sin embargo, muestran un bajo contenido de fibra y grasa en comparación con otras fuentes como la linaza. Esto sugiere que la selección de la variedad de cebada puede influir en las aplicaciones y el desarrollo de productos alimenticios específicos, aunque se debe considerar la mejora de ciertos aspectos nutricionales.

2.10.6.2 Propiedades funcionales

Con respecto a los análisis funcionales realizados en el equipo Mixolab II los cuales fueron enviados a los laboratorios de GRANOTEC, estos no presentaron resultados favorables. Por lo que, esto se atribuye a las características reológicas propias de la harina precocida de cebada. Por lo tanto, no fue posible continuar con los análisis adicionales, ya que los resultados sugieren que estas harinas precocidas, tratadas mediante el método de autoclave, no son aptas para usos de panificación.

Desde un punto de vista técnico, para llevar a cabo productos de panificación es esencial que las materias primas presenten características reológicas adecuadas como son un buen índice de absorción de agua, amasado, gluten, viscosidad, amilasa y retrogradación, ya que estas propiedades influyen directamente en la calidad del producto final. Cabe mencionar que, la reología se refiere a cómo las materias primas fluyen y se deforman bajo diferentes condiciones, lo que es de gran importancia durante las etapas de mezcla, amasado y fermentación. Si las muestras presentan desviaciones

en estas propiedades, se compromete no solo la textura y el volumen, sino también la aceptación del consumidor.

Por lo tanto, la identificación de estos problemas reológicos es un indicativo claro de que estas harinas precocidas no cumplen con los estándares necesarios para ser empleadas en la elaboración de productos de panificación, lo que respalda la decisión de no continuar con más análisis, ya que es fundamental que se garantice la calidad de los ingredientes para asegurar un producto final que cumpla con las expectativas tanto organolépticas como funcionales requeridas en la industria de panificación.

3 IMPACTOS DEL PROYECTO

3.1 Impacto técnico

En este proyecto se genera la obtención de harina precocida de cebada utilizando el método de precocción en autoclave. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta los parámetros fisicoquímicos humedad, proteína, fibra, grasa, ceniza y carbohidratos. Así como sus propiedades funcionales (índice de absorción de agua, amasado, gluten, viscosidad, amilasa y retrogradación) ya que de estas funciones dependen que una harina sea apta a la hora de elaborar productos de panificación a más que debe tener un buen contenido nutricional a la hora de ser consumidos.

3.2 Impacto social

Al desarrollar este proyecto se puede aumentar la disponibilidad de información precisa sobre las propiedades nutricionales y funcionales de la harina de cebada, la comunidad puede estar más informada para elegir productos alimenticios que incluyan este ingrediente en lugar de opciones menos saludables. Por lo tanto, promover el uso de harina precocida de cebada puede tener un impacto social al fomentar prácticas agrícolas más sostenibles y alentar cambios positivos en los hábitos alimentarios de la población. Esto puede conducir a una mejora en la salud pública y en la conservación del medio ambiente, beneficiando así a la sociedad en su conjunto.

3.3 Impacto económico

En el presente proyecto al identificar sus propiedades funcionales y nutricionales, se pueden desarrollar nuevos productos alimenticios saludables y atractivos para los consumidores. Esta diversificación de productos puede conducir a una mayor demanda de harina precocida de cebada, beneficiando a los agricultores y a toda la cadena de suministro. Además, la introducción de estos productos especializados puede permitir la diferenciación en el mercado y la captura de consumidores dispuestos a pagar un precio premium por alimentos más saludables y con valor agregado, lo que potencialmente aumenta los ingresos y las ganancias en toda la industria alimentaria.

3.4 Impacto ambiental

En lo que respecta al impacto ambiental, la harina precocida de cebada puede promover prácticas agrícolas más sostenibles, beneficiando tanto para el medio ambiente como al manejo efectivo del suelo. La cebada al ser un cultivo que tiende a requerir menos agua en comparación con otros cereales, y su cultivo puede ser más resistente a condiciones climáticas adversas. Al fomentar el uso de la harina precocida de cebada en la industria alimentaria, se podría incentivar la implementación de cultivos y la diversificación agrícola, lo que puede mejorar la salud del suelo, reducir la erosión y disminuir la dependencia de insumos agrícolas intensivos. Además, la cebada tiene un potencial significativo para la captura de carbono en el suelo, lo que podría contribuir a mitigar el cambio climático.

4 RECURSOS Y PRESUPUESTO

Tabla 24. Presupuesto para el proyecto de investigación

RECURSOS	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Costos de materia prima				
Cebada RITA	50	Kg	1,20	60,00
Cebada INIAP-CAÑICAPA 2003	50	Kg	0,60	30,00
Total				90,00
Materiales				
Tamizadores	2	U	1,50	3,00
Fundas Ziploc	25	U	0,20	5,00
Etiquetas	1	Paquete	0,75	0,75
Papel aluminio	3	U	1,80	5,40
Guantes de látex	6	U	2,00	12,00
Total				26,15
Reactivos				
Agua purificada	18	Lt	0,3	5,40
Total				5,40
Movilización y alimentación				
Transporte	15	Viaje	7,50	112,50
Alimentación	15	Alimento	2,50	37,50
Total				150,00
Otros gastos				
Impresiones	512	Hojas	0,10	51,20
Anillados	4	\$	1,50	6,00
Copias	100	Hojas	0,05	5,00
Total				62,20
Análisis fisicoquímicos de las variedades				
Humedad (% m/m)	Variedades	Análisis	45,00	90,00
Proteína (% m/m)	RITA e	fisicoquímicos		

Fibra (% m/m)	INIAP- CAÑICAPA 2003	realizados en SETLAB			
Grasa (% m/m)					
Ceniza (% m/m)					
Total				90,00	
Análisis funcionales					
Índice de absorción de agua	Variedades RITA e INIAP- CAÑICAPA 2003	Análisis funcionales realizadas en el laboratorio de GRANOTEC al tratamiento óptimo			
Índice de amasado					
Índice de gluten					
Índice de viscosidad				10,00	80,00
Índice de Amilasa					
Índice de Retrogradación					
Total				80,00	
Análisis fisicoquímicos del tratamiento óptimo					
Humedad (% m/m)	Variedades RITA e INIAP- CAÑICAPA 2003	Análisis fisicoquímicos del tratamiento óptimo realizados en SETLAB			
Proteína (% m/m)					
Fibra (% m/m)				45,00	90,00
Grasa (% m/m)					
Ceniza (% m/m)					
Total					
Suministros					
Luz	120	KW/h	0,09	10,80	
Internet	60	\$	0,90	54,00	
Total				64,80	
Otros gastos					
Transporte	2	Carrera	8,50	17,00	
Total				17,00	
Costo total del proyecto				675,55	

Elaborado por: (Pila Faz & Sigcha López, 2024)

5 CONCLUSIONES

En conclusión, al llevar a cabo la caracterización de las dos variedades de cebada en función de diversos parámetros fisicoquímicos, se ha evidenciado una notable diferencia en su contenido nutricional. Por lo tanto, se puede concluir que la variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 presenta un perfil nutricional superior y, en consecuencia, se considera más adecuada para el consumo humano.

Al obtener las harinas precocidas de cebada a partir de los diferentes tratamientos aplicados, se pudo evidenciar de manera clara que tanto la temperatura como el tiempo de procesamiento tienen una influencia significativa en la calidad del producto final, ya que afectan no solo la textura y sabor de las harinas, sino también sus propiedades nutricionales y su funcionalidad en diversas aplicaciones culinarias.

Los resultados de los análisis físicos muestran que las harinas precocidas exhiben una buena solubilidad y un elevado contenido de proteínas en el grano precocido. Por lo que esto sugiere que estas harinas son especialmente adecuadas para usos en productos solubles.

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos de las harinas precocidas del tratamiento óptimo, nos permitió identificar que la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA presenta mejores características nutricionales. Por otra parte, las propiedades funcionales de las harinas precocidas revelaron que, a pesar de la expectativa inicial, los análisis realizados con el equipo Mixolab II no proporcionaron resultados. Esta inconsistencia en los datos se puede atribuir a las características reológicas particulares de la harina precocida, las cuales no cumplen con los requerimientos necesarios para procesos de panificación.

6 RECOMENDACIONES

Optimizar el proceso de precocción ajustando los parámetros de temperatura y tiempo mediante pruebas adicionales para identificar las condiciones ideales para cada variedad de cebada. Comparando los resultados obtenidos con estándares industriales y fuentes existente para asegurar que las condiciones seleccionadas maximicen la calidad y funcionalidad de la harina precocida.

Realizar estudios adicionales para entender mejor las propiedades reológicas de las harinas precocidas y cómo estas afectan su comportamiento en diferentes aplicaciones. Llevar a cabo pruebas de aplicación en diferentes productos alimenticios para evaluar la funcionalidad de la harina precocida en condiciones reales de uso.

Dado los resultados obtenidos de las propiedades funcionales, se recomienda considerar el uso de aditivos naturales para mejorar la cohesión y funcionalidad de la harina precocida, especialmente en aplicaciones de panificación. Además, explorar la posibilidad de mezclar la harina precocida de cebada con otras harinas que posean propiedades complementarias puede mejorar la textura y el rendimiento en productos horneados.

Dado que las harinas precocidas mostraron buena solubilidad, se puede desarrollar productos solubles como sopas instantáneas con diferentes sabores y perfiles nutricionales, incorporar la harina precocida en batidos, smoothies para aumentar el contenido de proteínas y fibra, mejorando así el perfil nutricional, crear bebidas funcionales que incluyan probióticos y otros ingredientes beneficiosos para la salud, crear polvos proteicos que se puedan mezclar con agua o leche, ofreciendo una opción nutritiva para personas activas o aquellos que buscan aumentar su ingesta de proteínas, Desarrollar suplementos de fibra utilizando la harina precocida para ayudar a mejorar la digestión y la salud intestinal, Formular complementos alimenticios que incluyan antioxidantes y otros nutrientes esenciales.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Albán Rodríguez, A. A. (2023). Utilización del chocho (*Lupinus Mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum Vulgare*) y soya (*Glycine Max*), para el desarrollo de productos alimenticios. [MasterThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://localhost/handle/27000/11392>
- Alfaro Aleman, R. G. (2021). Obtención de harina precocida formulada a partir de granos de cereal de quinua, cañahua, maíz, trigo y cebada; y leguminosas, como complemento nutricional aplicados a programas de desayuno escolar. Repositorio UAJMS. <https://dicyt.uajms.edu.bo/investigacion/index.php/quimica/article/view/146>
- Alvarez Ruilova, M. E. (2011). Elaboración de una harina precocida a base de quinua y cebada germinadas [UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL]. <https://1library.co/document/yd2v9o6q-elaboracion-harina-precocida-base-quinua-cebada-germinadas.html>
- Anchundia, M. Á., Pérez, E., Torres, F., Anchundia, M. Á., Pérez, E., & Torres, F. (2019). Composición química, perfil de aminoácidos y contenido de vitaminas de harinas de batata tratadas térmicamente. *Revista chilena de nutrición*, 46(2), 137-143. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182019000200137>
- AOAC. (1920). AOAC 920.39-1920, Grasa (cruda) o extracto de éter en alimentos para animales. http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1088
- AOAC. (1923). AOAC 923.03-1923, Cenizas de harina. Método directo. http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=1190
- AOAC. (1925). AOAC 925.10-1925, Sólidos (totales) y pérdida por secado (humedad): Método oficial de la AOAC. http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=239

- AOAC. (1999). AOAC 930.15-1930(1999), Loss on drying (Moisture) for feeds: AOAC Official Method. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=2702
- AOAC. (2001). AOAC 2001.11-2005, Proteína (cruda) en alimentos para animales, forrajes (tejidos vegetales), granos y semillas oleaginosas: Método oficial de la AOAC. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=672
- Arnulfo Collins, A. (2021). “Diseño del control de temperatura para una autoclave para aplicaciones en la industria de alimentos y esterilización de insumos médicos”. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/af23618f-567a-4cd3-a72f-1cbe0a4801bf/content>
- Bernabé Meza, Y. M., & Cancho Mallma, F. L. (2017). Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (*Oxalis tuberosa*) para uso industrial. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1221>
- Bressani, R., Turcios, J. C., Reyes, L., & Mérida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(3), 309-313. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06222001000300015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Bustillos Banda, K. A. (2022). Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda. [Universidad Técnica De Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36531/1/CAL%20011.pdf>
- Carrión, M. H., Cortina, A. R., & Criales Ruiz, S. J. (2022). Desarrollo de productos tipo pancakes a partir de harina de semillas de chía, amaranto y quinua.

- Castañeda Danlys, M. E. (2018). Tratamiento térmico de espárragos. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3681>
- Castillo, A., Martínez, H., Gomez, O., Posada, C., Londoño M., S., & Rodríguez, M. E. (2022). El don del almidón: La partícula espesante. Ciencia UNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/1262/el-don-del-almidon-la-particula-espesante>
- Cerezal Mezquita, P., Carrasco Verdejo, A., Pinto Tapia, K., & Arcos Zavala, R. (2008). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 - 5 años.: II. Propiedades físicas, químicas, reológicas y color. *Interciencia*, 33(4), 301-307. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-18442008000400013&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Cerezal Mezquita, P., Urtuvia Gatica, V., Ramírez Quintanilla, V., & Arcos Zavala, R. (2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas. *Nutrición Hospitalaria*, 26(1), 161-169. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112011000100019&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Contreras, O., Quezada, Lady, Cuenca, F., Martínez, D., Ruilova, M., & Martínez, E. (2017). Comportamiento reológico de mezclas: Harina de trigo-almidón nativo de banano cavendish destinadas para panificación. *Revista de Investigación Talentos*, 4(2), Article 2. <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/18>
- Correa, N. M., Pérez, A. T. C., & Villegas, A. M. D. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame Congo (*Dioscorea bulbifera* L.) Para predecir sus posibles usos tecnológicos.
- Cueva Paredes, E., Ortiz Moreno, A., & Torres Maza, A. (2014, mayo 15). Exposición Cebada y Maiz. SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/exposicin-cebada-y-maiz/34741807>

- Díaz Ortiz, J. E. (2011). Propuesta metodológica para determinar el potencial de humedad de un material granular a partir de la humedad relativa. *Ingeniería y Competitividad*, 7(1), 73-79. <https://doi.org/10.25100/iyc.v7i1.2528>
- Escuder Marcos, C., & Viana Nogués, S. (2017). Los alimentos y sus cocciones. Técnicas culinarias. Unuversitat Oberta de Catalunya. <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/140666/2/Los%20alimentos%20y%20sus%20cocciones.%20T%C3%A9cnicas%20culinarias.pdf>
- Fernández Salvador, N. (2017). Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y tef. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/29440>
- Gremasqui, I. de los A., Giménez, M. A., Lobo, M. O., & Sammán, N. C. (2021). Propiedades químicas y físicas de harinas proteicas obtenidas por hidrólisis enzimática. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA 7*, 229-236. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/212156/CONICET_Digital_Nro.d7977531-8ac5-4ab9-a5ae-2e33bc92ffb0_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Herrera Ortega, A. A. (2012). Propuesta gastronómica para incentivar el consumo de la máchica de cebada con recetas tradicionales y de innovación [bachelorThesis, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1588>
- Huamani-H, A. L., Ponce-Ramírez, J. C., Málaga-Juárez, J., Huamani-H, A. L., Ponce-Ramírez, J. C., & Málaga-Juárez, J. (2020). Optimización del proceso de cocción de quinua utilizando el diseño 3k y la función de deseabilidad: Grado de gelatinización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y desprendimiento de cotiledones. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 381-390. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.10>
- INEC-ESPAC. (2024). Estadísticas Agropecuarias. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

- INEN 1559. (2004). NTE INEN 1559: Granos y cereales. Cebada. Requisitos. <http://archive.org/details/ec.nte.1559.2004>
- Jaramillo Valdez, V. M. V. (2019). Elaboración de harina de cebada (*Hordeum Vulgare* L) para la utilización de poolish en pan común [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11844>
- León Armijo, D. S. L. (2010). Evaluación del rendimiento de dos variedades mejoradas y una tradicional de cebada (*Hordeum vulgare* L.) EN TUNSHI, Parroquia Licto, Cantón Riobamba, Provincia De Chimborazo.
- Magro Porras, M. A. (2015). Caracterización fisicoquímica, químico proximal y sensorial de harina pre-cocida a partir de semilla germinada de Linaza (*Linum usitatissimum*) mediante autoclavado y tostado. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1296>
- Marti, A., Calvo, C., Martínez, A., Marti, A., Calvo, C., & Martínez, A. (2021). Consumo de alimentos ultraprocesados y obesidad: Una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 38(1), 177-185. <https://doi.org/10.20960/nh.03151>
- Montalvo Teran, B. (1975). Estudio botánico de 15 variedades de cebada: 62AR-YEX-W6DY. INIAP Archivo Historico.
- Núñez Villacís, G. E. (2021). Desarrollo de harinas precocidas a partir de pseudocereales andinos de alta digestibilidad proteica [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/32122>
- Ordoñez, E., Castillo, K. A., Reátegui, D., & Condori, V. E. (2019). Elaboración de pan con incorporación de harina de pulpa de coco y nibs de sachu inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Agroindustrial Science*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.02.12>

- Ortega Rodrigo, M. (2019). Efecto del pH de solubilización en las propiedades funcionales de la proteína aislada de semilla de nabo silvestre (*Brassica rapa* L.). <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3095>
- Peñaherrera, D. (2011). Manejo integrado de los cultivos de trigo y cebada: Módulos de capacitación para capacitadores. Módulo 3. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2719>
- Pérez, P. J. H., Herrera, A. R., & Aguilar, M. S. C. (2023). Desarrollo de un producto de panificación con harinas de leguminosas y cereales complementado con trüb. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.90>
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2024). Que es la reología. <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-la-reología>
- Pita Villamil, J. M., & Pérez García, F. (1998). Germinación de semillas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=206199>
- Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña Cruz, D. F., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz Logacho, E. R. (2020). La cebada (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2020. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5587>
- Quishpe Quishpe, S. I. (2019). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo, por harinas precocidas de quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays*) en la calidad sensorial de la pasta [Thesis, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. <http://181.198.77.137:8080/jspui/handle/123456789/874>
- Quispe Mamani, C. (2020). Determinación del ángulo de reposo y coeficiente de fricción de harinas | PDF | Fricción | Ciencia de los materiales. Scribd. <https://es.scribd.com/document/475792631/determinacion-del-ángulo-de-repo-so-y-coeficiente-de-fricción-de-harinas>

- Realpe Cuaspa, M. D. (2022). Evaluación de las variedades mejoradas de cebada (*hordeum vulgare* l.) del INIAP bajo las condiciones agroecológicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache UTC 2021-2022. [bachelorThesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://localhost/handle/27000/9480>
- Remache Limaico, A. S. (2016). Desarrollo de un snack por extrusión de la mezcla de la de maíz *Zea mayz* quinua *Chenopodium quínoa* y chocho *Lupinus mutabilis* Sweet saborizado. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5316/1/03%20EIA%20406%20TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- Riquelme Noriega, K. M. (2016). Determinación de Gluten Index y su importancia en la calidad de harinas panaderas. pdf. <http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/4360/Determinaci%20de%20Gluten%20Index%20y%20su%20importancia%20en%20la%20calidad%20de%20harinas%20panaderas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivadeneira, M., Ponce, L., Abad G., S., & Coronel, J. (2003). INIAP Cañicapa 2003: La primera variedad de cebada con alto contenido de proteína. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2591>
- Rodríguez-Sandoval, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 199-207. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-42262012000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Rodríguez-Sandoval, E., Sandoval-Aldana, A., & Fernández-Quintero, A. (2007). Evaluación de la retrogradación del almidón en harina de yuca precocida. *Revista Colombiana de Química*, 36(1), 13-30. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-28042007000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- Toledano, G. (2023, enero 26). La importancia del control de calidad en harinas. Granotec. <https://www.granotec.com.ec/la-importancia-del-control-de-calidad-en-harinas/>
- Tuneu Puig, A. (2023, junio 12). La adaptabilidad, una habilidad clave para cualquier trabajador. Mel - Management & eLearning. <https://blogs.uoc.edu/mel/es/la-adaptabilidad-una-habilidad-clave-para-cualquier-trabajador/>
- Vaca Cayo, G. L. (2024). Elaboración de galletas a base de la harina de Cebada (*Hordeum Vulgare*) con la sustitución parcial de productos residuales de la extracción de aceite de nuez (*Juglans Regia* l.), utilizando dos tipos de leudantes (levadura y royal) [bachelorThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://localhost/handle/27000/11764>
- Vera Julon, L. A. (2019). Cinética de precocción de tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) y características fisicoquímicas del producto. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1670/Vera%20Julon%20Leandro%20Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villén Conasi, M.-. (2012, abril 2). ¿Qué son las enzimas? ¿Por qué son tan importantes? Blog Conasi. <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/que-son-las-enzimas/>
- Villena Carrión, J. (2023). Perfil nutricional de la vaina del haba (vicia faba) y propiedades tecnofuncionales de su harina. <https://riunet.upv.es/handle/10251/197563>

8 ANEXOS

Anexo 1. Análisis fisicoquímico de la caracterización de la variedad de cebada RITA

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
Dirección: Culo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono: 0998407494 Email: inclaslab@yahoo.com

Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10017

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Sr: Sigcha López Jefferson David

Domicilio / Address

Latacunga

Teléfonos / Telephones

593 989499081

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

Cebada RITA PELADA

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Oloro y sabor característico

RESULTADOS BROMATOLÓGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	11.50	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	88.50	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	9.18	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	4.82	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	1.29	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	1.56	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
MATERIA ORGÁNICA, (%)	98.44	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03

Emitido en: Riobamba, el 27 junio de 2024



Dr. William Viñan A.
RESPONSABLE TÉCNICO

SETLAB

Servicio de Transferencia Tecnológica
y Laboratorios Agropecuarios
Culo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
022366-764

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el producto analizado.

Anexo 2. Análisis fisicoquímico de la caracterización de la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
 Dirección: Calo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 09948407494 Email: incias@vsn.net

"Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10016

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant	
Sr: Sigcha López Jefferson David	
Domicilio / Address	Teléfonos / Telephones
Latacunga	593 989499081
Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested	
Cebada INIAP - CAÑICAPA 2003	
Marca comercial / Trade Mark	
No tiene	
Características del producto / Ratings of the product	
Color, Olor y sabor característico	

RESULTADOS BROMATOLÓGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	10.76	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	89.24	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	13.07	AOAC/Kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	5.34	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	1.60	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	2.44	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
MATERIA ORGANICA, (%)	97.56	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03

Emitido en: Riobamba, el 27 junio de 2024

Dr. William Vifan A.
RESPONSABLE TÉCNICO

SETLAB
 Servicio de Transferencia Tecnológica
 y Laboratorios Agropecuarios
 Calo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
 022346-744

Anexo 3. Limpieza de los granos de cebada



Anexo 4. Pesado de las dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*)



Anexo 5. Preparación de granos



Anexo 6. Introducción de granos a la autoclave



Anexo 7. Esparcir el grano en las bandejas



Anexo 8. Introducción del grano en el deshidratador



Anexo 9. Guardado de cebada en fundas herméticas



Anexo 10. Pesado del grano ya precocido y secado



Anexo 11. Sellado y almacenado del grano



Anexo 12. Molienda de los granos



Anexo 13. Tamizado de la harina precocida



Anexo 14. Pesaje y sellado de la harina después del tamizado



Anexo 15. Pruebas de laboratorio



Anexo 16. Muestras de solubilidad y densidades



Anexo 17. Oficio de los análisis funcionales



Guayaquil, 29 de Julio del 2024

Señores UTC.

Estimado Ingeniero Orlando Rojas, por medio de la presente le comunicamos, que luego de realizar los ensayos en el equipo Mixolab II con las muestras harina de quinua y harina de cebada, el equipo (Mixolab II) no da resultados de los análisis, esto se debe a las características propias reológicas de estas harinas, por lo que no podemos realizar los análisis de las muestras mencionadas.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Christian Moreira", written over a light blue rectangular background.

Christian Moreira.
Analista de Calidad y Desarrollo
Granotec Ecuador S.A.

Anexo 17. Análisis físicoquímico de la harina precocidad del tratamiento óptimo de la variedad de cebada RITA

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
 Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 099407404 Email: lucian@setlab.com
 "Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10084

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Sr: Sigcha López Jefferson David

Domicilio / Address

Teléfonos / Telephones

Latacunga

593 989499081

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

Cebada RITA PELADA/TA4

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Oloro y sabor característico

RESULTADOS BROMATOLÓGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	7.62	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	92.38	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
PROTEÍNA, (%)	11.09	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	4.99	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	1.35	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	1.74	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03
MATERIA ORGÁNICA, (%)	98.26	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 923.03

Emitido en: Riobamba, el 23 julio de 2024.


 Dr. William Viñan A.
 RESPONSABLE TÉCNICO

SETLAB
 Servicio de Transferencia Tecnológica
 y Laboratorios Agropecuarios
 Galo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
 032366-764

Anexo 18. Análisis fisicoquímico del de la harina precocidad del tratamiento óptimo de la variedad de cebada INIAP-CAÑICAPA 2003

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
 Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 0998407494 Email: iniciad@setlab.com
“Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa”

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 10083

Nombre del Solicitante / <i>Name of the Applicant</i>	
Sr. Sigcha López Jefferson David	
Domicilio / <i>Address</i>	Teléfonos / <i>Telephones</i>
Latacunga	593 989499081
Producto para el que se solicita el Análisis / <i>Product for which the Certification is requested</i>	
Cebada INIAP - CAÑICAPA 2003 / T1B	
Marca comercial / <i>Trade Mark</i>	
No tiene	
Características del producto / <i>Rating of the product</i>	
Color, olor y sabor característico	

RESULTADOS BROMATOLÓGICOS

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	5.95	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
MATERIA SECA, (%)	94.05	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 925.10
PROTEINA, (%)	14.98	AOAC/kjeldahl /AOAC 2001.11
FIBRA, (%)	6.02	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 930.15
GRASA, (%)	1.79	AOAC/Goldfish/ AOAC 920.39
CENIZA, (%)	2.56	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 929.03
MATERIA ORGANICA, (%)	97.44	AOAC/Gravimétrico/ AOAC 929.03

Emitido en: Riobamba, el 23 julio de 2024

Dr. William Viñan A.
RESPONSABLE TÉCNICO

SETLAB
 Servicio de Transferencia Tecnológica
 y Laboratorios Agropecuarios
 Galo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
 032346-744

Anexo 19. Hoja de vida del docente tutor

Renato Agustín Romero Corral
Magíster en Gestión de Empresas Agroalimentarias
Pontificia Universidad Católica de Chile
Teléfono: 2900571 - 0982343491
E-mail: rgromero@uc.cl; renatoromero444@gmail.com



ANTECEDENTES ACADÉMICOS

- Septiembre 2015-
Enero 2016 **UNIVERSIDAD DE CHILE**
Instituto de Asuntos Públicos
- Diploma en Diseño, Evaluación y Gestión de Proyectos de Interés Público, Titulado
- Agosto 2013 –
Agosto 2015 **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE**
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Economía Agraria
- Magister en Gestión de Empresas Agroalimentarias, Titulado
- 2003- 2010 **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEL ECUADOR**
Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial
- Ingeniero Agroindustrial, Titulado

ANTECEDENTES LABORALES

- 2020 – Presente
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- Docente Ingeniería Agroindustrial
- 2016 – 2020
SECRETARÍA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA Y TECNOLOGÍA (SENESCYT) – INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO LOJA
- Coordinador de Carrera Tecnología en Agroindustria
 - Coordinador de Carrera en tecnología superior en Procesamiento de Alimentos
 - Miembro principal del Órgano Colegiado Superior
 - Docente Tiempo Completo Tecnología en Agroindustria de los Alimentos
- Marzo 2015 – **MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE**
Julio 2015 **OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA)**
- Consultor – Proyecto “Estudio para establecer los requerimientos para un

proceso de estandarización de harinas de trigo para panificación en Chile”

Noviembre 2011 -**SIGMAPLAST - TINFLEX S.A**
Julio 2012

- Supervisor de Producción
- Analista de Calidad

Mayo 2011 -
Noviembre 2011

CENTRO INTERNACIONAL DE CONSULTORÍA Y CAPACITACIÓN

- Consultor Junior – Proyecto “Levantamiento de Información Estadística y actualización de información cartográfica del Cantón Cayambe”
- Consultor Junior – Proyecto “Reestructuración del Sistema de Gestión del Talento Humano del Gobierno Municipal de Cayambe”

Julio 2010 -
Diciembre 2010

SECRETARÍA NACIONAL DEL AGUA

- Analista Técnico – Proyecto “Revisión de caudales para agua de riego en las provincias de Imbabura y Carchi”

Mayo 2009-
Octubre 2009

SERVICIO INTEGRAL PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA SIPIA S.A.

- Analista de tiempos y movimientos de procesos de producción de la empresa
- Analista en gestión de procesos industriales

2001 – 2005

CORPORACIÓN FAVORITA S.A

- Cajero

FORMACIÓN COMPLEMENTARIA Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS

- Redacción de Artículos Científicos. Universidad Nacional de Educación (UNAE) (Julio 2019).
- Introducción a la Investigación Científica. Instituto Superior Tecnológico Loja
- Investigación y Didáctica desde los Institutos Tecnológicos como ejes dinamizadores. Universidad Nacional de Educación (UNAE) (Mayo, 2018)
- Educación y Universidad para la Transformación Social: Balances y Desafíos a 100 de años de la Reforma de Córdoba. Universidad Nacional de Educación (UNAE) (Mayo, 2018)

- Taller de “La Educación y Formación Técnica y Profesional (EFTP) como medio para alcanzar el desarrollo sostenible: enfoque Andino y Local”. Secretaría Técnica del Sistema Nacional de Cualificaciones y Capacitación Profesional (SETEC) (Diciembre, 2016).
- Seminario Taller “Proyectos de Investigación II”. ITS Beatriz Cueva de Ayora (Octubre- Noviembre, 2016)
- Taller de “Aplicación del Reglamento de Régimen Académico en el Diseño, Rediseño y Presentación de Proyectos de Carreras Técnicas Superiores, Tecnológicas Superiores y Equivalentes”. Consejo de Educación Superior CES (Octubre, 2016)
- Seminario Taller “Proyectos de Investigación II”. ITS Beatriz Cueva de Ayora (Octubre- Noviembre, 2016)
- Taller de “La Educación y Formación Técnica y Profesional (EFTP) como medio para alcanzar el desarrollo sostenible: enfoque Andino y Local”. Secretaría Técnica del Sistema Nacional de Cualificaciones y Capacitación Profesional (SETEC) (Diciembre, 2016).
- Curso de Sistema de Información Geográfica, Básico e Intermedio. Instituto de Altos Estudios Nacionales (Mayo, 2016).
- Taller de Buenas Prácticas Pecuarias, Manejo Responsable de Fármacos y Tratamiento de Desechos. Agrocalidad (Abril, 2016)
- Seminario de Cooperación, colaboración y confianza en el sector Agrícola. Universidad Santo Tomás y Asociación de Economistas Agrarios de Chile (Noviembre 2015)
- Curso Auditor Líder de Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001-2008 Bureau Veritas (Agosto 2012)
- Curso de Auditor Interno de Seguridad. Norma OHSAS 18001. COTECNA (2011)
- Curso de Inglés: Centro de Educación Continua de la ESCUELA PÓLITECNICA NACIONAL, Certificado de suficiencia (2009)
- Tecnología de las Radiaciones Para Mejorar la Calidad e Higiene de los Productos Agrícolas, Ganaderos y Pesqueros del Ecuador (Certificado de Participación 2008)
- Pasantías en la Centro de Investigación Acuicola CENIAC perteneciente a la Subsecretaría de Acuicultura (Agosto 2007).
- Seminario de Lechería, Razas y Manejo Reproductivo de un Hato Ganadero (certificado de participación Mayo 2005)

COMPETENCIAS PROFESIONALES

Software

Manejo nivel avanzado: Office

Manejo nivel avanzado: Risk

Manejo nivel intermedio: Autocad

Manejo nivel intermedio: ArcGis

Inglés

Manejo oral nivel intermedio

Manejo escrito nivel avanzado

Comprensión de lectura nivel avanzado

REFERENCIAS

- Ing. Andrea García Lizama. Profesional de Apoyo Rubro Cereales. Departamento de Análisis de Mercados y Políticas Sectoriales ODEPA. Ministerio de Agricultura de Chile (56-2) 23973130. agarcia@odepa.gob.cl
- Ing. Pedro Loyo, Director General de Recursos Hídricos Prefectura de Imbabura, Ecuador 0991649700. 062955225 ext 4300
- Ing. Pablo Pólit, Profesor de la Escuela Politécnica Nacional. 02 2507144 ext 2488. pablo.polit@epn.edu.ec

DATOS PERSONALES

Nacionalidad:	Ecuatoriano
Cédula de Identidad:	171712248-3
Fecha de nacimiento:	17 de mayo de 1984
Estado Civil:	Casado
Dirección:	Pedro Vicente Maldonado 725-31. Loja

Anexo 20. Hoja de vida del investigador 1

Pila Faz Roxana Eveling
Estudiante de Ingeniera en Agroindustrias
Universidad Técnica de Cotopaxi
Celular: 0998196634



ANTECEDENTES ACADÉMICOS

2020 - 2024 **Universidad Técnica de Cotopaxi**
Título a obtener: Ingeniera en Agroindustria

2014 - 2014 **Instituto Tecnológico Compu Sur**
Auxiliar en Computación (Excel, Word, PowerPoint)

2013 - 2014 **Instituto Tecnológico Compu Sur**
Auxiliar en Enfermería

ANTECEDENTES LABORALES

Atención al Cliente | 2018 – Actualidad (Temporada)

Yobel logistic S.A.

Desempeño como ayudante en el área de entrega de cartas y paquetes, carga y descarga de cajas, ruteo de acuses, lectura de GPS.

Auxiliar de enfermería | 2015 - 2016

Desempeño en diferentes áreas atención al paciente, toma de signos vitales, limpieza y desinfección del área, etc.

Auxiliar contable | 2012 - 2013

Desempeño en diferentes áreas inventario, ingresos de mercadería, facturación, atención al cliente, etc.

PRÁCTICAS LABORALES

Grupo Rossi | 2023 - 2023

Desempeño en área de empaclado y despacho, producción, recepción de materia prima.

Corpicecream S.A. | 2022 - 2022

Desempeño en diferentes áreas inventario, ingresos de mercadería, facturación, atención al cliente, etc.

REFERENCIAS

Ing. Ariel Sánchez

Cel. 0998862837

Ing. Darwin Vásquez

Cel. 0987090775

DATOS PERSONALES

Nacionalidad: Ecuatoriana

Cédula de Identidad: 1726855255

Fecha de nacimiento: 10 de octubre de 1993

Estado civil: Soltera

Dirección: Calle Chimborazo y la calle la unión S6-183 (Barrio Aymesa)
Sector: Cutuglagua

SIGCHA LÓPEZ JEFFERSON DAVID

DATOS PERSONALES

Número de cédula: 0504290065

Edad: 24 años.

Fecha de nacimiento: 24-junio-2000

Dirección: Las beleshmitas

Ciudad: Latacunga

Teléfono: 0989499081

Correo: jefferson.sigcha0065@utc.edu.ec

Estado civil: Soltero



INSTRUCCIÓN FORMAL.

Nivel de instrucción: Primaria.

Nombre de la Institución Educativa: Escuela Fiscal “Argentina”

Nivel de instrucción: Secundaria

Nombre de la Institución Educativa: Colegio Técnico “Once de Noviembre”

Estudios de tercer nivel: Universidad Técnica de Cotopaxi (Octavo ciclo)

CURSOS REALIZADOS.

Nombre de la Institución: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

- III seminario agroindustrial “desarrollo, producción e innovación agroindustrial”
- Jornadas de inducción de la vinculación con la sociedad y responsabilidad social

- Vinculación (Prácticas preprofesionales/servicio)
- Suficiencia en el idioma de inglés B1

Nombre de la Institución: Cooperativa de ahorro y crédito CACPECO

- Curso de ahorro e inversión
- Curso de cooperativismo con identidad
- Curso de endeudamiento responsable
- Curso de planificación y presupuesto familiar
- Curso de productos y servicios financieros

Nombre de la Institución: LEBENS

- VI Catibe “Congreso agropecuario, alimentación, ambiente, tendencias industriales biotecnología y emprendimiento”
- “I SEMINARIO-TALLER: Avances en la Industria Alimentaria y Normativa Vigente”

AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL EXTERNO

Yo Guanín Taípe José Francisco, en calidad de docente de inglés con cédula de identidad número: 1804031274, Magister en enseñanza de inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT No. 1010-2024-2873443; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINAS PRECOCIDAS DE DOS VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) RITA E INIAP-CAÑICAPA 2003”** de Pila Faz Roxana Eveling y Sigcha López Jefferson David de la carrera de Agroindustria, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 19 de agosto del 2024



Escaneado digitalmente por:
JOSE FRANCISCO
GUANIN TAÍPE

Mg. José Francisco Guanín Taípe
C.I: 180403127-4
Email: jguanin1274@uta.edu.ec
Contacto: 0999021697