



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO DE LA
MEZCLA DE HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA
CON HARINA DE TRIGO PARA LA APLICACIÓN EN
PRODUCTOS PANIFICADOS”.**

**Tesis presentada como requisito para la obtención del título de
ingeniero agroindustrial**

Autor: Roberd Guillermo Pantoja Nazate.

Director: Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc.

Ibarra-Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO DE LA MEZCLA DE
HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA CON HARINA DE
TRIGO PARA LA APLICACIÓN EN PRODUCTOS PANIFICADOS.”**

Tesis revisada por miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Nicolás Pinto MSc

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Satama MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lic. Silvio Álvarez MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD: 040188398-8
APELLIDOS Y NOMBRES: Pantoja Nazate Roberd Guillermo.
DIRECCIÓN: Luis Dávila Pérez 8-96 y Carlos Proaño
EMAIL: pantojaroberd@gmail.com
TELÉFONO MÓVIL 0984733090

DATOS DE LA OBRA

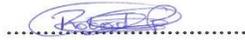
TÍTULO: “Determinación del mejor tratamiento de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo para la aplicación en productos panificados .”
AUTOR: Pantoja Nazate Roberd Guillermo.
FECHA: 2020-01-08
PROGRAMA: X PREGRADO POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA: Ingeniero Agroindustrial
DIRECTOR: Ing. Nicolás Pinto MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 08 días del mes de enero de 2020

EL AUTOR



Pantoja Nazate Roberd Guillermo.
CC. 040188398-8

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Roberd Guillermo Pantoja Nazate, con cédula de ciudadanía N° 040188398-8 bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'N. Pinto', is written over a horizontal line.

Ing. Nicolás Pinto MSc

DIRECTOR DE TESIS



**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Pantoja Nazate Roberd Guillermo**, con cédula de identidad número 040188398-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO DE LA MEZCLA DE HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA CON HARINA DE TRIGO PARA LA APLICACIÓN EN PRODUCTOS PANIFICADOS”**, que ha sido desarrollado para obtener el título de: **Ingeniero Agroindustrial** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra anteriormente citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 08 días del mes de Enero del 2020

Pantoja Nazate Roberd Guillermo.

C.C. 040188398-8

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación de terceros.

Ibarra, a los 08 días del mes de Enero del 2020

Autor



Pantoja Nazate Roberd Guillermo.

C.C. 040188398-8

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme culminar mi carrera

A mi papá Ademelio Pantoja, a mi mamá Rocío Nazate, a quienes debo mi existencia y quienes han sido pilares fundamentales para seguir avanzando, en mi formación académica.

A mi hermano David, quien me ha apoyado siempre.

A mi director Ingeniero Nicolás Pinto, a mis asesores Ingeniero Ángel Satama y al Licenciado Silvio Alvares, quienes han sabido guiarme de buena manera en el desarrollo de mi tesis.

A la empresa MODERNA ALIMENTOS por abrirme sus puertas y brindarme su ayuda.

Para ellos mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

A mis amigos, quienes han estado conmigo incondicionalmente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	v
SUMMARY	vii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS	3
1.4.1. HIPÓTESIS NULA.....	3
1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	5
2.1.2 POTENCIAL DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	5
2.1.3 EL BAGAZO CERVECERO	6
2.1.4 OBTENCIÓN DEL BAGAZO DE MALTA	7
2.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL BAGAZO DE MALTA.....	8
2.1.6 SUBPRODUCTOS OBTENIDOS DURANTE EL MALTEADO Y LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA	9

2.1.7	DIGESTIBILIDAD DEL BAGAZO DE CEBADA DE MALTA.....	10
2.1.8	BENEFICIOS DE INCORPORAR BAGAZO DE CEBADA A LOS PANIFICADOS	11
2.1.9	IMPORTANCIA DEL GRANO DE CEBADA.....	11
2.2	INDUSTRIA CERVECERA EN EL MUNDO Y EN EL ECUADOR.....	12
2.3	FIBRA DIETÉTICA	13
2.3.1	CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA	15
2.4	ALIMENTOS INTEGRALES	16
2.4.1	IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE ALIMENTOS INTEGRALES	16
2.5	ANÁLISIS REOLÓGICOS	17
2.5.1	DETERMINACIÓN DE FALLING NUMBER O NÚMERO DE CAÍDA	17
2.5.2	FARINOGRAFÍA.....	18
2.5.3	GLUTEN.....	19
2.5.3.1	GLUTEN HÚMEDO	20
2.6	HARINA DE TRIGO	20
2.6.1	CLASIFICACIÓN	20
2.6.1.1	HARINAS ESPECIALES.....	21
2.7	GRANULOMETRÍA	22
CAPÍTULO III		23
MATERIALES Y MÉTODOS		23
3.1.	LOCALIZACIÓN	23
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	23

3.2.1.	MATERIA PRIMA E INSUMOS	23
3.2.2.	MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO.....	24
3.3.	MÉTODOLOGÍA	24
3.3.1.	CARACTERIZAR FISICOQUÍMICAMENTE LA HARINA DEL BAGAZO DE CEBADA DE MALTA.....	24
3.3.2.	EVALUAR REOLÓGICAMENTE LA MEJOR MEZCLA DE LA HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA CON HARINA DE TRIGO.	
	25	
3.4.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.4.1.	FACTOR EN ESTUDIO	26
3.4.2.	TRATAMIENTOS.....	26
3.4.3.	CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO	26
3.4.4.	UNIDAD EXPERIMENTAL	27
3.4.5.	ESQUEMA DEL ANALISIS ESTADISTICO.....	27
3.5.	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL.....	27
3.5.1.	ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO	27
3.5.2.	ANÁLISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS	28
3.6.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	29
3.6.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	30
	CAPÍTULO IV	34
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE BAGAZO DE MALTA DE CEBADA MEDIANTE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS.....	34

4.2. EVALUACIÓN REOLÓGICA DE LA MEZCLA DE HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA CON HARINA DE TRIGO	35
4.2.1. ABSORCIÓN.....	36
4.2.2. FALLING NUMBER	39
4.2.3. ESTABILIDAD	42
4.2.4. TIEMPO DE DESARROLLO	43
4.2.5. GLUTEN HÚMEDO	45
4.2.6. ANÁLISIS FARINOGRÁFICO.....	48
4.2.7. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LA MEJOR MEZCLA DE HARINAS.....	49
4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL.....	50
4.3.1. COLOR	51
4.3.2. OLOR.....	52
4.3.3. SABOR	54
4.3.4. TEXTURA	55
4.4. ANÁLISIS NUTRICIONALES.....	56
4.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	57
4.6. BALANCE DE MATERIA.....	58
4.7. FICHA TÉCNICA DE LA HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA	60
CAPÍTULO V.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1. CONCLUSIONES	62

5.2. RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS	68
ANEXO 1. FICHA TÉCNICA DE LA FUNDA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.	68
ANEXO 2. FICHA TÉCNICA DEL MOLINO PARA HARINAS.	69
ANEXO 3. FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL	71
ANEXO 4. NORMA TÉCNICA INEN 616.....	72
ANEXO 5. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potenciales usos del bagazo de malta de cebada.....	10
Tabla 2. Parámetros relacionados con la funcionalidad de los alimentos.....	15
Tabla 3. Clasificación de harinas	21
Tabla 4. Clasificación de harinas especiales	22
Tabla 5. Localización del experimento	23
Tabla 6. Materiales y equipos	24
Tabla 7. Análisis fisicoquímicos del contenido nutricional de la harina de bagazo de malta.....	25
Tabla 8. Análisis reológicos a las mezclas de harinas de bagazo de cebada de malta con harina de trigo	25
Tabla 9. Descripción de los tratamientos evaluados	26
Tabla 10. Esquema del ADEVA	27
Tabla 11. Análisis nutricionales en panificados.....	28
Tabla 12. Análisis microbiológicos en panificados.	28
Tabla 13. Análisis reológicos.....	36
Tabla 14. Análisis de varianza de tratamientos para absorción	37
Tabla 15. Prueba Tukey 5%	37
Tabla 16. Análisis de varianza de los tratamientos en Falling Number.....	39
Tabla 17. Prueba Tukey 5% falling number	40
Tabla 18. Análisis de varianza de tratamientos de estabilidad.....	42
Tabla 19. Prueba Tukey 5% estabilidad.....	42
Tabla 20. Análisis de varianza de tratamientos de tiempo de desarrollo	44
Tabla 21. Prueba Tukey 5% tiempo de desarrollo	44
Tabla 22. Análisis de varianza de los tratamientos para gluten	46
Tabla 23. Prueba Tukey 5% Gluten Húmedo	46
Tabla 24. Análisis farinográfico.....	49
Tabla 25. Análisis físico químicos del mejor tratamiento	50

Tabla 26. Prueba Friedman 5% color.....	51
Tabla 27. Prueba Friedman 5% olor	53
Tabla 28. Prueba Friedman 5% sabor	54
Tabla 29. Prueba Friedman 5% textura.....	55
Tabla 30. Análisis nutricionales al producto final	57
Tabla 31. Análisis microbiológicos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del proceso obtención de bagazo de cerveza	7
Figura 2. Tejidos fibrosos de las capas superficiales del grano de malta de cebada vistas al microscopio.	9
Figura 3. Principales países productores de cerveza.....	12
Figura 4. Farinógrafo brabender	18
Figura 5. Recepción de la materia prima	30
Figura 6. Pesado del bagazo.....	30
Figura 7. Pesado del bagazo.....	31
Figura 8. Secado del bagazo.....	32
Figura 9. Molienda del bagazo seco.....	32
Figura 10. Tamizado de la harina de bagazo de cebada de malta	33
Figura 11. Empacado de la harina de bagazo de cebada de malta.	33
Figura 12. Absorción de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo	38
Figura 13. Falling Number de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo	40
Figura 14. Estabilidad de las mezclas de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo	43
Figura 15. Tiempo de desarrollo de las mezclas de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo.....	45
Figura 16. Gluten Húmedo de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo	47
Figura 17. Curva de análisis farinográfico.....	48
Figura 18. Color de los tratamientos en producto terminado.....	52
Figura 19. Olor de los tratamientos en producto terminado.....	53
Figura 20. Sabor de los tratamientos en producto terminado	55
Figura 21. Textura de los tratamientos en producto terminado	56

Figura 22. Ficha técnica de la harina de bagazo de cebada de malta 61

RESUMEN

El bagazo de cebada de malta es un residuo del proceso de elaboración de cerveza artesanal, tiene alta disponibilidad y de bajo costo, es un subproducto que se puede aprovechar para la utilización en la industria alimentaria. Por sus características composicionales, posee el potencial para ser una materia prima de alto valor nutricional.

La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra al igual que los análisis físico-químicos y microbiológicos. Los análisis reológicos se realizaron en la empresa Moderna Alimentos ubicada en la ciudad de Cayambe provincia de Pichincha.

Para determinar el mejor tratamiento se establecieron 5 mezclas constituidas por porciones de las dos harinas (harina de bagazo de cebada de malta y harina de trigo), proporciones que fueron propuestas utilizando un diseño completamente al azar DCA unifactorial (un factor denominado Mezcla) el cual constituye el porcentaje de sustitución de harina de bagazo de cebada de malta por harina de trigo en la fórmula base.

Se evaluó mediante pruebas fisicoquímicas y reológicas las distintas mezclas. Por otro lado, para la determinación del comportamiento de los datos se procedió a recolectar y tabular mediante el programa R, mientras que para la diferencia significativa se utilizó la prueba de significancia Tukey con la finalidad de establecer cuál de las mezclas tiene las mejores características para ser utilizada en panificación; se aplicó la prueba de Friedman, para analizar las variables no paramétricas como: Textura, Olor, Sabor y Color.

Mediante los análisis se determinó que el mejor tratamiento es el T3 con 20% de harina de bagazo de cebada de malta y 80% de harina de trigo, debido a que contiene baja cantidad de Gluten, que es muy importante su bajo contenido para personas con enfermedades celiacas. En el análisis sensorial se realizó la prueba de Friedman,

resultando el mejor tratamiento T3 ya que presentó mejores características cualitativas (textura, olor, sabor y color), posteriormente se realizó los análisis nutricionales, obteniendo un producto con alto contenido en fibra, que es indispensable en la dieta humana; en los análisis microbiológicos se obtuvo un producto inocuo y apto para el consumo.

Por todos los hechos mencionados anteriormente, podemos concluir que la harina obtenida del bagazo de cebada de malta es una buena alternativa para la utilización en la industria alimentaria.

SUMMARY

The bagasse of malt barley is a residue of the craft brewing process, it has high availability and low cost in the market. It is a byproduct that can be used in the food industry. Due to its compositional characteristics, it has the potential to be a raw material of high nutritional value.

The research was carried out in the facilities of the Technical University of the North of the city of Ibarra as well as the physical-chemical and microbiological analyzes. The rheological analyzes were performed at the Moderna Alimentos company which is located in the city of Cayambe province of Pichincha.

To determine the best treatment, 5 mixtures were established consisting of portions of the two flours (malt barley flour and wheat flour), proportions that were established using a completely randomized design DCA unifactorial (a factor called Mix) which constitutes the percentage of substitution of malt barley bagasse flour for wheat flour in the base formula.

The different mixtures were evaluated by a physicochemical and rheological test. For the determination of the behavior of the data, we proceeded to collect and tabulate the data through the R program, while for the significant difference the Tukey significance test was used in order to establish which of the mixtures had the best characteristics to be used in baking; Friedman's test was applied to analyze non-parametric variables such as: Texture, Smell, Taste and Color.

Through the analysis that was carried out, it was possible to determine that the best treatment is T3 with 20% malt barley bagasse flour and 80% wheat flour, because it contains a low amount of Gluten, which is very important for people with celiac diseases

In the sensory analysis, the Friedman test was performed, resulting in the best T3 treatment since it presented better qualitative characteristics (texture, smell, taste and color), subsequently the nutritional analyzes were performed, obtaining a product with high fiber content, which is indispensable in the human diet; In the microbiological analysis, an innocuous product suitable for consumption was obtained.

For all the facts mentioned above, we can conclude that flour obtained from malt barley bagasse is a good alternative for use in the food industry.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

En la industria alimentaria, se producen grandes cantidades de desperdicio durante la fabricación de alimentos y en la elaboración de cerveza artesanal no es una excepción. En el Ecuador se producen aproximadamente 120.000 toneladas anuales de bagazo cervecero (Jurado, 2017); estos residuos al ser una gran problemática y tener un alto impacto ambiental ha llevado a que se busquen nuevas formas de minimizarlos y aprovecharlos; buscando de la misma manera, un beneficio nutricional mediante investigaciones para dar a conocer características específicas que puedan ser consideradas en el planteamiento de productos con un valor nutricional más alto, ya que en la actualidad la mal nutrición es una de las problemáticas de gran magnitud en todo el mundo, ya sea por la desnutrición, la obesidad o enfermedades no transmisibles, a consecuencia de una mala alimentación (Johnson, Paliwal, & Cenkowski, 2010).

El gluten en los alimentos es un problema que se vive en la actualidad, la mayoría de productos panificados contienen gran cantidad del mismo, razón por la cual se busca reducir la cantidad de gluten para prevenir, mejorar la calidad de vida del consumidor. Las dietas sin gluten están recomendadas en personas que presentan enfermedad celiaca o enfermedades asociadas con su consumo (Lebwohl et al., 2016).

El consumo mundial de cerveza y el modelo de negocio que incluye una producción en mayor escala a futuro generará residuos cerveceros en grandes cantidades desarrollando así vectores residuales de contaminación innecesarios si no se gestiona su correcto tratamiento o uso (Calvillo, 2017).

En la utilización de los desechos de la industria alimentaria, no se realiza una adecuada investigación de los mismos, para determinar si estos pudieran ser aprovechados en la elaboración de nuevos productos alimenticios.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El bagazo de malta se obtiene como residuo de la industria cervecera, luego de los procesos de prensado y filtrado del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cereal malteado. Este residuo es el subproducto de mayor producción de la industria cervecera, con un volumen de producción del 85% en relación al total de los residuos generados (Arias Larafgue & López Ríos, 2016). El bagazo, conforme su composición, tiene un importante valor nutritivo lo que le confiere atributos para ser utilizado en alimentación humana.

Por otro lado debido a su importante contenido en fibra este residuo también puede ser aprovechado en otras alternativas incorporándolo en productos de primera necesidad, incrementando el beneficio de la fibra en la nutrición ya que no es muy frecuente en la dieta diaria ecuatoriana.

Investigaciones previas sobre el uso comercial del bagazo de malta de cebada ha hecho que este desecho se le dé un valor agregado y rentabilidad empresarial del mismo siguiendo un proceso transformativo que sea apto e inocuo en la nutrición humana (Santiago, & Poveda, 2018).

Las dietas sin gluten son cada vez más populares entre la población general. Estas dietas se han promocionado como opciones saludables para perder peso o incrementar el rendimiento físico. Según Euromonitor International, las ventas de productos envasados sin gluten se incrementaron en un 75% entre el 2008 y el 2013, llegando a alcanzar los 2.1 mil millones de dólares en el 2013. Esto es debido no solo a su consumo por personas con enfermedad celíaca, sino por personas con sensibilidad al gluten no celíaca o personas sanas que no sufren enfermedad celíaca que consideran los productos sin gluten una opción más saludable que su alternativa con gluten (Lebwohl et al., 2016).

Esta investigación está enfocada para resolver la problemática del tratamiento de residuos de la industria para que en un futuro generen ganancias que la misma empresa pueda aprovechar; la transformación de estos residuos en productos con valor agregado da una gran oportunidad de aprovechamiento en consideración económica, práctica e innovación de un potencial nutricional en productos utilizados en la industria alimentaria.

El aprovechamiento de la harina de bagazo de cebada de malta, brinda nuevas alternativas de industrialización, lo cual motiva a la producción agroindustrial y lo que es más importante a constituir un ingreso económico (Kirsteen & Daza, 2016).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el mejor tratamiento de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo para la aplicación en productos panificados.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicoquímicamente la harina del bagazo de cebada de malta.
- Evaluar reológicamente la mejor mezcla de la harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo.
- Determinar las características nutricionales, microbiológicas y organolépticas del producto final.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS NULA

Ho: El porcentaje de harina de bagazo de cebada de malta no influye en las características nutricionales, reológicas y organolépticas del producto final.

1.4.2. **HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

Ha: El porcentaje de harina de bagazo de cebada de malta influye en las características nutricionales, reológicas y organolépticas del producto final.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

La industria de alimentos produce grandes cantidades de residuos que pueden ser aprovechados de diversas formas (Medellín et al., 2008). En todos los procesos productivos se generan desechos después de obtenido el producto deseado, el cual debe tratarse de manera tal que su disposición final no afecte al medio ambiente. En el caso específico de la industria cervecera se genera un efluente con alta carga de materia orgánica, sólidos y otras sustancias, situación que hace necesaria la implementación de medidas para contribuir a la gestión de los residuales cerveceros. Los granos gastados y los restos de levaduras contribuyen en gran medida al volumen de residuo que se genera y que constituye en algunas ocasiones un problema crítico que requiere de un análisis práctico (Arias Larafgue & López Ríos, 2016).

Aunque varios residuos agrícolas pueden ser eliminados de manera segura (debido a su naturaleza biodegradable) en el medio ambiente, las enormes cantidades en que se generan como resultado de diversas prácticas agrícolas e industriales, la Agroindustria tiene la obligación de proponer alternativas para su aprovechamiento y mitigar la contaminación (Santiago, & Poveda, 2018).

2.1.2 POTENCIAL DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Existen un sinnúmero de posibilidades de uso para los residuos agroindustriales, se puede denotar su potencial dependiendo de qué objetividad se dará a este residuo que puede o debe ser previamente tratado (Santiago, & Poveda, 2018).

Los residuos previamente tratados presentan características beneficiosas que tienen potencial para:

- Enriquecer alimentos o productos.
- Sustitución de materias primas alimentarias e industriales,
- Sustrato para cultivo de microorganismos y compost para plantas o remediación de suelos.
- Alimentación animal (forrajes).

2.1.3 EL BAGAZO CERVECERO

El bagazo de cebada de malta tiene un gran potencial para ser reciclado y utilizado como una fuente barata de fibra que puede proporcionar una serie de beneficios cuando se incorpora a las dietas humanas, como para la prevención de ciertas enfermedades incluyendo cáncer, trastornos gastrointestinales, diabéticos y enfermedad coronaria. Por esta razón, es potencialmente importante ingrediente alimentario, especialmente en los países en desarrollo, donde mala desnutrición existe (Gupta, Abu-Ghannam, & Gallagher, 2010).

El bagazo de cebada es considerado una biomasa lignocelulósica porque está conformado por cáscara del grano, pericarpio y fragmentos de endospermo. Su composición química en peso seco es predominantemente de carbohidratos de celulosa y hemicelulosa (17-25 %) y no celulósicos (25-35 %), proteína (10-30 %), lignina (8-28%); y en menores cantidades por lípidos (< 11 %) y cenizas (5 %). Cada una de estas macromoléculas presentan aplicaciones en casi todos los campos industriales (Arias Larafgue & López Ríos, 2016).

Este material se compone básicamente de malteado, compuestos residuales de cebada, e incluye:

- La cáscara de grano de cebada en la mejor proporción.

- Fracciones menores de pericarpio y fragmentos de endospermo.
- Otros compuestos residuales no convertidos a azúcares fermentables por el proceso de maceración.

2.1.4 OBTENCIÓN DEL BAGAZO DE MALTA

El bagazo cervecero, se obtiene del proceso de elaboración de cerveza (Figura 1,) el cual se inicia con la cosecha, limpieza y almacenamiento del grano de cebada (Rodríguez & Santiago, 2012).

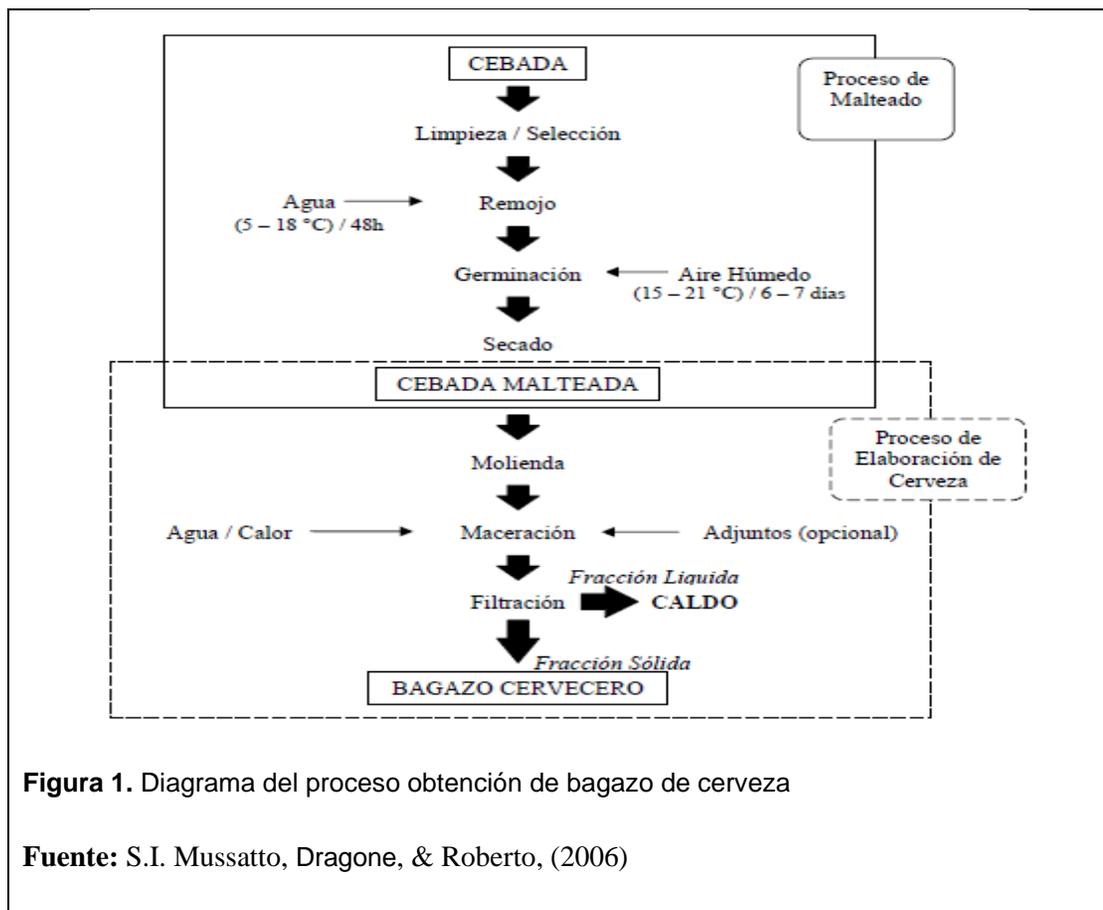


Figura 1. Diagrama del proceso obtención de bagazo de cerveza

Fuente: S.I. Mussatto, Dragone, & Roberto, (2006)

El Malteado consiste en activar las enzimas presentes en el grano para transformar las reservas energéticas en azúcares más simples. Los cambios esenciales que ocurren

durante la modificación del grano son: aumento y activación enzimática hidrolíticas mediante liberación o síntesis; degradación de paredes celulares, proteínas y almidón; y reducción de la fuerza estructural del tejido del grano (Gupta et al., 2010).

Una vez finalizado este proceso, la malta (cebada malteada) puede ser tostada desarrollando sabor y color en diferentes grados de acuerdo a la intensidad del tostado a la cual fue sometido, luego deber ser molida para poder realizar la maceración. Proceso en el cual se incrementa escaladamente la temperatura de 37 a 78°C para promover la hidrólisis enzimática de los constituyentes de la malta, principalmente almidón, y otros productos como proteínas y β -glucanos y arabinosilanos como polisacáridos complejos. Durante el proceso, el almidón es convertido en azúcares fermentables (principalmente maltosa) y azúcares no fermentables (dextrinas) y las proteínas son parcialmente degradadas a polipéptidos y aminoácidos. La solución acuosa obtenida de este proceso se conoce como caldo, el cual es utilizado como medio de fermentación para la producción de cerveza (Mussatto, Dragone, & Roberto, 2006).

2.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL BAGAZO DE MALTA

Santos *et al.* (2003), explica que la composición química del bagazo varía de acuerdo a las variedades de cebada utilizada, las condiciones de cosecha, malteado y maceración del proceso, como también, la calidad y cantidad de adjuntos agregados al momento de la elaboración. Dentro de su composición química, diversos autores coinciden en tratar al bagazo como un material lignocelulósico rico en proteínas y fibra.

El bagazo cervecero se compone principalmente de la cáscara, pericarpio y cubiertas de la semilla de la cebada. Dependiendo de la uniformidad del malteado, pueden quedar en mayor o menor cantidad restos de almidón en el endospermo y restos de pared celular. Aun así, el contenido de almidón es insignificante comparado a los compuestos de las paredes celulares de la cascara, pericarpio, cubiertas de la semilla, las cuales son abundantes en polisacáridos de celulosa, no-celulosa, lignina, algunas proteínas lípidos y algunos residuos de lúpulo introducidos durante la trituración estarán presentes

dependiendo de la preparación utilizado (Mello & Mali, 2014). La cáscara a su vez presenta altos contenidos de silicio y polifenoles (Mussatto *et al.*, 2006).

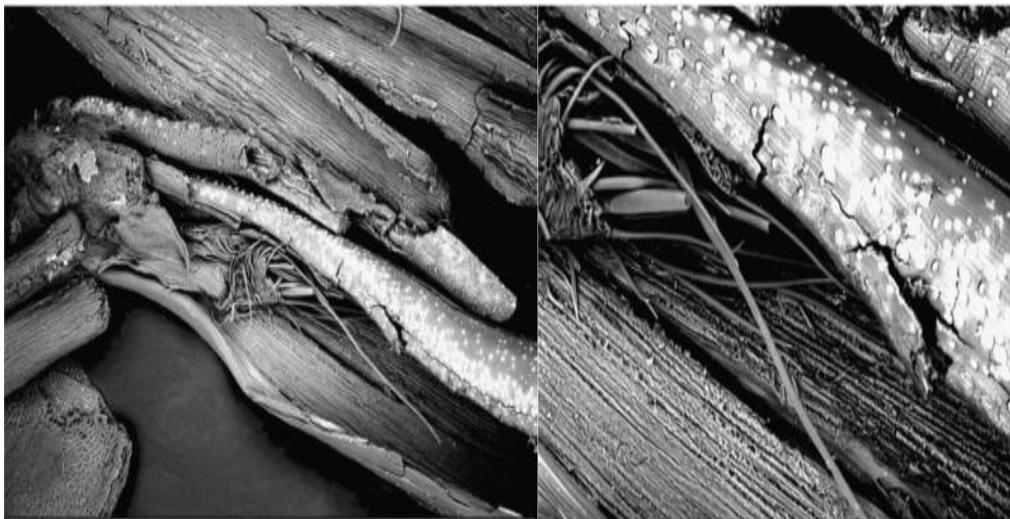


Figura 2. Tejidos fibrosos de las capas superficiales del grano de malta de cebada vistas al microscopio.

Fuente: Mussatto, Dragone, & Roberto, (2006).

2.1.6 SUBPRODUCTOS OBTENIDOS DURANTE EL MALTEADO Y LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

Los subproductos de elaboración de cerveza de cebada ofrecen una oportunidad para los productos horneados, barras alimenticias, balanceados a base de cereales con aceptables características sensoriales y nutricionales (Gupta *et al.*, 2010).

Los ensayos han demostrado su incorporación en panes, galletas, pastas, waffles, panqueques, cereales para el desayuno y tortillas, entre muchos otros. Sin embargo, el bagazo es demasiado granular para la adición directa en los alimentos y debe primero convertirse en harina o por lo menos molturar para evitar que su consumo sea incomodo por su alta cantidad de fibra que posee (Fărcaș *et al.*, 2014).

Tabla 1. Potenciales usos del bagazo de malta de cebada

Áreas potenciales	Usos
Nutrición humana	Hojuelas, productos integrales (pan, galletas), extruidos.
Nutrición animal	Gatos, aves de corral, cerdos, peces, roedores.
Producción de energía	Combustión directa o fermentación para producir biogás.
Procesos biotecnológicos	Sustrato para cultivo de m/o o para producción de enzimas.
Constituyente en ladrillos	Se puede producir ladrillos de alta porosidad.
Manufactura de papel	Toallas de papel o papelería reciclable
Aplicación agronómica	Mejorar la productividad de los suelos frágiles

Fuente: Johnson, Paliwal, & Cenkowski, (2010)

2.1.7 DIGESTIBILIDAD DEL BAGAZO DE CEBADA DE MALTA

El bagazo de cebada de malta es un producto húmedo cuyo contenido en materia seca es de un 20-25 %. No se observan diferencias significativas en la composición química correlacionadas con el contenido de materia seca, aunque éste es variable. En el mercado recibe otros nombres como el de cebadilla de cerveza, y es el término equivalente a lo que el mundo anglosajón conoce como “*wet brewers’s grains*”(Espinoza, 2011).

El contenido en energía metabolizable de este subproducto es de 2,86 Mcal/kg. La degradabilidad efectiva de la proteína es baja (50%), siendo la velocidad de degradación de un 7 %/h. Se trata pues de un alimento de elevado contenido proteico, siendo ésta una proteína que escapa, en buena parte, de la degradación ruminal (Espinoza, 2011).

2.1.8 BENEFICIOS DE INCORPORAR BAGAZO DE CEBADA A LOS PANIFICADOS

Al reemplazar harina de trigo común en una pieza de pan por granos de cebada agotada, se incorpora un elevado valor nutricional (Alvis, Pérez, & Arrazola, 2011)

- Duplica el contenido de fibra
- Aumenta el contenido de proteínas 50%
- Aumenta el contenido de aminoácido esencial
- Disminuye el contenido de calorías en relación a otras harinas.

Beneficios para la salud. Al contener mayor fibra: se obtiene

- Protección de huésped contra patógenos
- Inducción a respuesta inmune
- Disminución de síntesis de colesterol
- Anticancerígeno: Protección contra el desarrollo de cáncer de colon (Alvis et al., 2011).

2.1.9 IMPORTANCIA DEL GRANO DE CEBADA

El grano de cebada es una fuente excelente de dieta soluble e insoluble fibra (DF) y otros constituyentes bioactivos, como la vitamina E (incluidos los toco-tri-enoles), vitaminas del complejo B, minerales y Compuestos fenólicos. β -glucanos, los principales componentes de fibra de cebada, se han visto implicados en la disminución del colesterol en plasma, mejorar el metabolismo lipídico y reducir el índice glucémico. La efectividad de los β -glucanos de cebada en productos alimenticios para disminuir el colesterol en la sangre ha sido documentado en una serie de estudios (Gupta et al., 2010)

2.2 INDUSTRIA CERVECERA EN EL MUNDO Y EN EL ECUADOR

En todo el mundo, el consumo se encuentra al alza debido a diversos factores, dentro de los que destacan los beneficios para la salud que tiene la cerveza, tales como: la alta cantidad de antioxidantes y el bajo contenido calórico, entre otros.

De acuerdo con diversos reportes globales, la cerveza representa el 75% de la cuota del mercado global de bebidas alcohólicas, siendo los principales mercados del mundo China, Estados Unidos, Brasil, Rusia, Alemania, Japón, México, Gran Bretaña, India. China es el principal productor de cerveza con 448 millones de hectolitros en 2016 seguido por Estados Unidos con 221 millones de hectolitros (Calvillo, 2017).

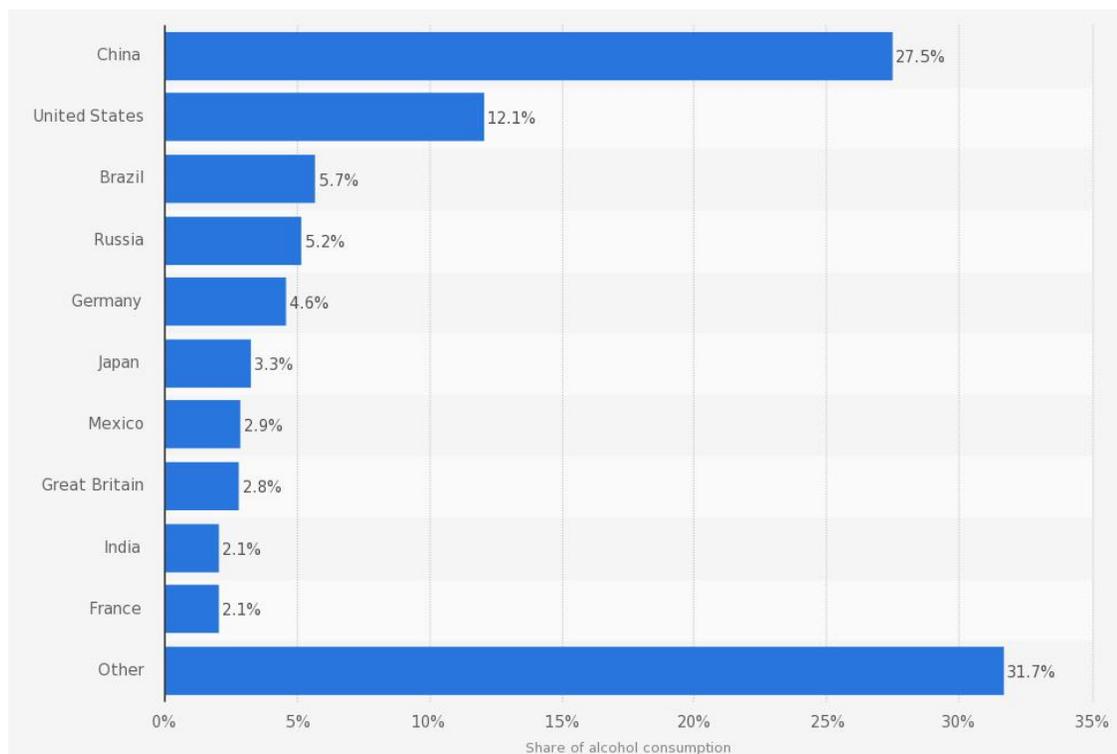


Figura 3. Principales países productores de cerveza

Fuente: IWSR (Reporte global de tendencias) 2016.

El mercado global de la cerveza fue valorado en 530 mil millones de dólares en 2016 y se espera que alcance los 736 mil millones de dólares en 2021, con un crecimiento anual compuesto del 6.0%, previsto durante el periodo 2016-2021.

En el Ecuador la industria cervecera artesanal ha venido incrementando exponencialmente, esto se traduce a mayor consumo de cerveza artesanal, mayor producción de la misma y por lo tanto mayor cantidad de residuos provenientes de esta cadena de consumo (Santiago, & Poveda, 2018).

En la actualidad la cerveza se ha caracterizado por ser un producto de alta aceptación dentro del mercado nacional e internacional. En el Ecuador se consume 300 millones de litros al año, lo que equivale a un total de 25 litros per cápita (Cervecera AmBev, 2007).

La industria cervecera artesanal a nivel global, basa su producción en la Ley de la Pureza Alemana, que, de acuerdo con la Brewers Association, dicta que para que una cerveza sea considerada como artesanal, tiene que estar compuesta únicamente por agua, malta de cebada, lúpulo y levadura. Asimismo, su producción total (por cervecera) debe ser menor a 7 millones de barriles al año conducirse con independencia y tener capital familiar, es decir, no ser parte de una empresa transnacional (Calvillo, 2017).

2.3 FIBRA DIETÉTICA

En los últimos años se ha observado una tendencia hacia el desarrollo de productos altos en fibra destinados al consumo humano, lo cual ha aumentado el valor agregado de la fibra, que antes se destinaba únicamente a la elaboración de alimento balanceado. Entre los alimentos que hoy se producen a partir de fibra están: productos diseñados para evitar problemas de estreñimiento, como cereales, medicamentos, y productos diseñados para personas que desean bajar de peso, en forma de polvos que se hidratan antes de la alimentación, barras energéticas, galletas y panes ricos en fibra, entre otros (Badui, 2012).

Las propiedades funcionales tecnológicas que presenta la fibra dietética como la capacidad de retención de agua y aceite, tienen efectos benéficos en los productos alimentarios y efectos fisiológicos en el organismo del ser humano. Su consumo previene distintas enfermedades como el cáncer de colon, diabetes, enfermedades cardiovasculares, ayuda a la disminución del colesterol, etc (Matos C. & Chambilla M., 2010).

La fibra dietética puede obtenerse de una gran variedad de alimentos naturales tales como cereales de grano entero, leguminosas, frutas y vegetales o bien de productos procesados ricos en fibra que puede encontrarse en una forma diferente a la de su estado natural pero más accesible o conveniente (Córdoba Sequeira, 2005).

La fibra dietética presenta una funcionalidad muy variada en relación con los aspectos organolépticos, microestructurales, mecánicos/físicos y propiedades químicas de los alimentos que la contienen, como las que se resumen en la Tabla 2. Por este motivo, la formulación de productos con un alto contenido en fibra dietética presenta, frecuentemente, algunos retos relacionados con aspectos organolépticos y de procesado, especialmente en lo que se refiere a la textura y sabor. Por ello, se ha dedicado un considerable esfuerzo para comprender las características funcionales de la fibra en el alimento en donde se incorpora.

Tabla 2. Parámetros relacionados con la funcionalidad de los alimentos.

Funcionalidad	Parámetros
Sensorial	Cohesividad
	Dureza
	Crujencia
	Gomosidad
Mecánico/físico	Densidad
	Expansión
	Esfuerzo/Resistencia
	Viscosidad
Microestructural	Celularidad
	Cristalinidad
	Porosidad
	Uniformidad
Funcional	Retención de agua
	Emulsificación
	Untabilidad
	Capacidad de batido (overrum)

*Adaptado de Dreher (1999)

Nota: En este apartado se hace un resumen de la composición de la fibra y su funcionalidad en los alimentos, sus efectos sobre la salud, las fuentes de fibra, los métodos de obtención industrial y los posibles tratamientos para mejorar su funcionalidad.

2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA

La fibra dietética puede clasificarse de acuerdo a su solubilidad en agua como solubles e insolubles. Sus propiedades y efectos fisiológicos están determinados principalmente por las proporciones que guardan estas dos fracciones, sin importar su origen (Matos C. & Chambilla M., 2010).

2.3.1.1 FIBRA SOLUBLE.

La fibra soluble (FS) forma una dispersión en agua; la cuál conlleva a la formación de geles viscosos en el tracto gastrointestinal, que tienen la propiedad de retardar la evacuación gástrica, puede ser saludable en algunos casos, haciendo más eficiente la

digestión y absorción de alimentos y generando mayor saciedad. Este tipo de fibra es altamente fermentable y se asocia con el metabolismo de carbohidratos y lípidos. La fibra soluble contiene mayoritariamente, polisacáridos no-celulósicos tales como la pectina, gomas, algunas hemicelulosas (Arabinosilanos y Arabinogalactanos) y mucilagos (Córdoba 2005, p. 13).

2.3.1.2 FIBRA INSOLUBLE.

La fibra insoluble (FI) aumenta el volumen de las heces hasta 20 veces su peso, debido a su capacidad de retención de agua, y se relaciona con la protección y alivio de algunos trastornos digestivos como estreñimiento y constipación. Esta fibra no se dispersa en agua, este compuesto de celulosa, hemicelulosas (Arabinosilanos y Arabinogalactanos) y ligninas (Priego 2007, p. 13). Las fuentes de este tipo de fibra se pueden encontrar mayoritariamente en verduras, cereales, leguminosas y en frutas.

2.4 ALIMENTOS INTEGRALES

Se denominan alimentos integrales a todos aquellos alimentos que se encuentran en su estado original antes de ser sometidos a cualquier un proceso de refinación (congelación, deshidratación, extracción, envasado, etc.), el cual reduce aprox. el 80% de su valor nutritivo. Debido a su estado pre-refinado, reciben el nombre de alimentos integrales. Los alimentos que son integrales contienen más vitaminas, minerales, enzimas, aminoácidos y carbohidratos complejos que los alimentos refinados, como por ejemplo la harina corriente, pan blanco, cereales refinados, azúcar blanca, pastas, etc.; los cuales han perdido la mayoría de su valor nutritivo (Erazo Sandoval & Terán Zumárraga, 2008).

2.4.1 IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE ALIMENTOS INTEGRALES

Según NESTLÉ REGIÓN AMÉRICA CENTRAL (2009).

- Pueden prevenir algunas enfermedades.

- Aportar más vitaminas, minerales y otros nutrientes que los alimentos refinados.
- Ayudan a reducir los niveles de colesterol y, por tanto, el riesgo de enfermedades cardiacas.
- Son ideales para personas con diabetes, ya que se ingesta no produce “picos” elevados de glucosa.

2.5 ANÁLISIS REOLÓGICOS

2.5.1 DETERMINACIÓN DE FALLING NUMBER O NÚMERO DE CAÍDA

Se produce la degradación del almidón por la acción de la alfa - amilasa y se mide el tiempo de caída de un vástago dentro del tubo viscosímetro. Cuando mayor aglutinación el tiempo de caída será más prolongado, en cambio en los trigos germinados sucederá lo contrario, obteniéndose al panificar con esta harina defectuosa un pan de miga húmeda y pegajosa. El tiempo de caída puede oscilar según el estado del trigo de 1 a 5 minutos. Los trigos con un principio de germinación darán cifras menores, alrededor de 100 y los que están normales 300 a 500 (Toledo, 2010).

Cabe recordar que las amilasas tienen escasa acción sobre el almidón entero y a la temperatura normal de fermentación, mientras que después de la gelatinización que tiene lugar entre 55 y 65°C, resulta más fácilmente atacable. La alfa - amilasa es más importante en las determinaciones de la calidad, ya que hidroliza rápidamente el almidón en dextrinas a la temperatura comprendida entre 55 y 80°C. El pH. óptimo para su actividad en los cereales es de 5,2 a 5,4 (Toledo, 2010)

Tiempo de caída:

- Inferior a 150: Presencia de granos germinados, actividad alfaamilásica elevada, peligro de miga de pan pegajosa.
- Entre 200 250: Actividad alfaamilásica normal.

- Igual o superior a 300: Actividad amilásica débil, riesgo de obtener pan poco desarrollado, poco voluminoso y con miga muy seca.

2.5.2 FARINOGRAFÍA

El farinograma mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y también mide la absorción de agua necesaria para alcanzar dicha consistencia. Para realizar el análisis se toma una pequeña cantidad de harina, se mezcla con agua y se permite que masa se desarrolle a la vez que se mide la estabilidad y tolerancia el amasado. Como una nota aparte hay que decir que este porcentaje es ligeramente superior al real debido a que los otros ingredientes influyen en la absorción final de la harina (Cardoso, Ascheri, & Carvalho, 2015).

Este método se aplica para la determinación de la absorción de agua y el comportamiento durante el amasado de una harina de trigo. El farinógrafo es un equipo que permite medir la consistencia de las masas, y por tanto el potencial de hidratación de una harina para una consistencia dada, 500 unidades de Brabender (Polit & Zamora, 2009).



Figura 4. Farinógrafo brabender

Fuente: Polit & Zamora, 2009.

La información que aporta la curva registrada por el farinógrafo es la siguiente:

- Tiempo de desarrollo de la masa. Corresponde al tiempo necesario para alcanzar la consistencia deseada en relación con la rapidez de formación de la masa. Este valor permitirá diferenciar harinas de amasado lento o rápido
- Estabilidad. Corresponde al tiempo transcurrido entre el punto en que la parte superior de la curva alcanza la línea de 500 unidades farinográficas y el punto en que la misma parte superior de la curva cruza nuevamente la línea de 500 unidades La estabilidad proporciona una indicación sobre la estabilidad de la consistencia (Sandoval, Álvarez, Paredes, & Lascano, 2012)
- Grado de decaimiento. Es la magnitud de descenso de consistencia al proseguir el amasado. Las harinas obtenidas de trigos de alto valor panadero presentan un decaimiento muy poco importante, sin embargo, las harinas débiles presentan importantes valores (Polit & Zamora, 2009)

2.5.3 GLUTEN

Está constituido por dos fracciones de proteínas del trigo insolubles en agua, denominadas gluteninas y gliadinas y que representan el 85% del total de las proteínas. El gluten está reconocido como un factor básico de calidad de la harina de trigo. El gluten se extrae de la harina sometiéndola a una corriente de agua salada que arrastra el almidón presente y a las proteínas solubles. De esta manera se forma un complejo proteínico, denominado gluten húmedo, que tiene aspecto gomoso y que es el responsable de las propiedades plásticas de la harina (Polit & Zamora, 2009).

Gluteninas: pertenecen al grupo de las glutelinas, con alto peso molecular que oscila entre unos 100.000 y varios millones, y cadenas ramificadas. Físicamente, la proteína es elástica, pero no coherente. La glutenina confiere aparentemente a la masa su propiedad de resistencia a la extensión (Sandoval et al., 2012)

Gliadinas: pertenece al grupo de las prolaminas, con un peso molecular medio de unos 40.000, son de cadena simple y son extremadamente pegajosas cuando están hidratadas. Tienen poca o nula resistencia a la extensión y parecen ser las responsables de la coherencia de la masa (Sandoval et al., 2012)

2.5.3.1 GLUTEN HÚMEDO

Se obtiene mediante un centrifugado de 1 minuto a 6.500 rpm en un equipo glutomatic, que permite eliminar de igual manera toda el agua residual. Los resultados de gluten húmedo, siendo éste la proteína insoluble, son correlacionables con el contenido en proteína total de la muestra (Calaveras, 2015)

El gluten húmedo tiene glutelinas y prolaminas, tiene propiedades elásticas y cohesivas

El gluten se forma de las albúminas insolubles (gliadina y glutenina) en agua, durante el amasado. Donde, la gliadina da la viscosidad del gluten y la gluteina se encarga de dar la elasticidad del gluten (Medina, 2016)

2.6 HARINA DE TRIGO

Es un producto finamente triturado, obtenido de la molturación de grano de trigo, o la mezcla de trigo blando y trigo duro, en un 80% mínimo, maduro, sano y seco, e industrialmente limpio. La molturación del grano, incluye la trituración del mismo y su tamizado. El grano se criba, se descascarilla, se escoge y se limpia, excluyendo los granos extraños, y en ocasiones se lavan los granos antes de ser molidos. La harina es una materia básica en la elaboración del pan, pastas alimenticias y productos de pastelería (Requena, 2013)

2.6.1 CLASIFICACIÓN

La tipificación de harinas es muy difícil y muy complejo, ya que cada panadero trabaja la masa de acuerdo a su propio proceso al igual que la formulación de cada uno es distinto (Kirsteen & Daza, 2016).

Tabla 3. Clasificación de harinas

Clasificación	Parámetros
Harina flojísima	Utilizada en líneas totalmente automáticas, con procesos muy rápidos, fermentaciones de tres, cuarto de hora a una hora y con bastante aditivo en la masa.
Harina floja	Apropiada para fermentaciones rápidas. Para piezas de pan común, barras (tamaño medio y grande) de forma artesanal, barra flama y bollería ligera.
Harina floja/alta	Apropiada para la fermentación semi rápida. Para piezas de pan: barras de tamaño superior a lo habitual.
Harina de galletería	Donde se necesitan harinas muy extensibles. Apropiadas para proceso sin fermentación.
Harina para empaquetar	Para uso domiciliario en rebozados y rellenos.
Harina media fuerza	Utilizadas para fermentaciones largas. Tipos de piezas de pan a elaborar, biscote industrial, pan francés, colines y roscas.
Harina de gran fuerza	Especialmente para confitería y repostería en general. Tipos de piezas: ensaimadas, suizos, pan de molde, pan gallego.

Fuente: Calaveras, 2004.

2.6.1.1 HARINAS ESPECIALES

Las harinas especiales surgen como elemento diferenciador en la panadería tradicional. Se basan en harinas panificables mezcladas con semillas, cereales, vitaminas, minerales u otros componentes (Requena, 2013).

Tabla 4. Clasificación de harinas especiales

Clasificación	Parámetros
Harina integral	Producto resultante del grano sin la separación de ninguna parte de él, es decir, con un grado de extracción del 100 por 100
Harina mezclada	Es la harina que resulta de mezclar harinas de distintos cereales.
Harina acondicionada	Cuyas características organolépticas, plásticas, fermentativas se modifican y complementan para mejorarlas mediante tratamientos físicos.
Harina enriquecida	Es a la que se le ha añadido alguna sustancia (proteínas, vitaminas, minerales, ácidos grasos), que eleve su valor nutritivo, con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ella elaborados.
Harina preparada	Es la resultante de la mezcla de harinas especiales con productos lácteos u otras sustancias nutritivas.
Harina alterada	Son todas las que poseen gluten con propiedades anormales, o que tienen sabor u olor anormal.

Fuente: Calaveras, 2004.

2.7 GRANULOMETRÍA

Una prueba que permite separar las partes más gruesas, llamadas redondas, de las más finas, denominadas planas. Asimismo, puede utilizarse una prueba de sedimentación, basada en las velocidades de decantación de las partículas, en las que son más gruesas (y, por tanto, las más pesadas) (Polit & Zamora, 2009).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El desarrollo de la experimentación se realizó en las Unidades Eduproductivas de la carrera de Agroindustria y en la empresa MODERNA ALIMENTOS S.A, los análisis de la materia prima y del producto final se los realizaron en los Laboratorios de Análisis Físicoquímico y Microbiológico de la Universidad Técnica del Norte, los análisis reológicos se los realizaron en los laboratorios de la MODERNA ALIMENTOS S.A.

Tabla 5. Localización del experimento

Provincia	Imbabura	Pichincha
Cantón	Ibarra	Cayambe
Parroquia	El Sagrario	Cayambe
Altitud	2.250 m.s.n.m	2.830 m.s.n.m
Humedad Relativa promedio	62%	56%
Temperatura	20°C	18°C
Precipitación	550,3 mm/año	873 mm/año
Pluviosidad	503 – 1000 mm año	870-1520 mm/año

FUENTE: INAMHI, 2016.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Harina de bagazo de malta de cebada
- Harina de trigo
- Huevos

- Mantequilla
- Azúcar
- Sal
- Polvo de hornear
- Leche
- Agua

3.2.2. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

Tabla 6. Materiales y equipos

Equipos	Materiales
Balanza analítica de precisión	Cuchillos
Farinógrafo	Cucharas
Falling number	Recipientes plásticos
Estufa de secado	Ollas
Analizador de fibra (SOXHLET)	Bandejas
Horno deshidratador eléctrico	Fundas de polietileno
Prensa hidráulica	Tubos de digestión
Molino eléctrico	
Horno de gas	
Amasadora	

3.3. MÉTODOLÓGÍA

3.3.1. CARACTERIZAR FÍSICOQUÍMICAMENTE LA HARINA DEL BAGAZO DE CEBADA DE MALTA.

El bagazo de cebada de malta se obtuvo de la Cervecería NATIVA de la ciudad de Ibarra; se procedió a realizar un prensado de la biomasa (hasta 65%) para reducir el contenido de humedad; se realizó un secado en un deshidratador eléctrico hasta obtener

una humedad del 10%, posteriormente se procedió a la molienda para obtener la harina, se realizó un tamizado para eliminar las partículas con mayor tamaño.

En la tabla 7 se detalla los análisis de las características fisicoquímicas de la harina de bagazo de cebada de malta.

Tabla 7. Análisis fisicoquímicos del contenido nutricional de la harina de bagazo de malta

Análisis fisicoquímicos	Metodología	Unidad
Humedad	AOAC 925.10	%
Cenizas	AOAC 923.03	%
Fibra cruda	AOAC 978.10	%
Extracto etéreo	AOAC 920.85	%
Proteína	AOAC 920.87	%

3.3.2. EVALUAR REOLÓGICAMENTE LA MEJOR MEZCLA DE LA HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA CON HARINA DE TRIGO.

En la tabla 8 se detalla la evaluación de las características reológicas de las mezclas de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo.

Tabla 8. Análisis reológicos a las mezclas de harinas de bagazo de cebada de malta con harina de trigo

Análisis Reológicos	Método o Instrumento
Falling Number	AACC 56-81
Farinógrafo	AACC 54-21.02
Gluten	AACC 38-12

3.4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para lograr la mejor mezcla, se realizó a partir de 5 mezclas constituidas por porciones de las dos harinas (Harina de bagazo y harina de trigo), proporciones que fueron establecidas utilizando un diseño completamente al azar DCA unifactorial.

3.4.1. FACTOR EN ESTUDIO

Factor A: Porcentaje del bagazo de malta.

A1: harina de bagazo al 10%

A2: harina de bagazo al 15 %

A3: harina de bagazo al 20%

A4: harina de bagazo al 25%

A5: harina de bagazo al 30%

A0: TESTIGO

3.4.2. TRATAMIENTOS

Tabla 9. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Porcentaje en la mezcla(bagazo)	Combinaciones
T1	A1	10% harina de bagazo
T2	A2	15% harina de bagazo
T3	A3	20% harina de bagazo
T4	A4	25% harina de bagazo
T5	A5	30% harina de bagazo
T6	Testigo	100% harina de trigo

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar, donde A representa el porcentaje de adición de harina de bagazo de malta.

3.4.3. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Tratamientos: Seis (6)

Repeticiones: Tres (3)

Unidades experimentales: Dieciocho (18)

3.4.4. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental a evaluar fue de 500 gramos con tres repeticiones y 18 unidades experimentales.

3.4.5. ESQUEMA DEL ANALISIS ESTADISTICO

En la tabla 10 se detalla el esquema del ADEVA, indicando detalladamente los grados de libertad tanto de los factores en estudio como de los tratamientos.

Tabla 10.Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de Libertad
TOTAL	17
Tratamientos	5
Error experimental	12

3.4.5.1. *Análisis funcional*

Para el análisis funcional se utilizó el programa estadístico R Studio, se aplicó la prueba de Friedman, para analizar las variables no paramétricas como: Textura, Olor, Sabor y Color.

3.5. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL

3.5.1. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

Todas las muestras se evaluaron en una escala del 1 a 4; correspondiendo el 4 a la muestra que en la variable de medida se ajuste mejor a la característica deseada.

Una vez obtenido el producto final se llevó a cabo una prueba organoléptica en donde intervinieron 30 panelistas no entrenados, a los resultados obtenidos se aplicó la prueba de Friedman.

Posteriormente se obtuvo los resultados de la Catación, se realizó las tabulaciones para aplicar el diseño experimental y obtener el mejor tratamiento.

3.5.2. ANÁLISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

En la tabla 11 y 12 se aprecian los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se realizaron en el producto final al mejor tratamiento, los cuales se describen a continuación.

Tabla 11. Análisis nutricionales en panificados.

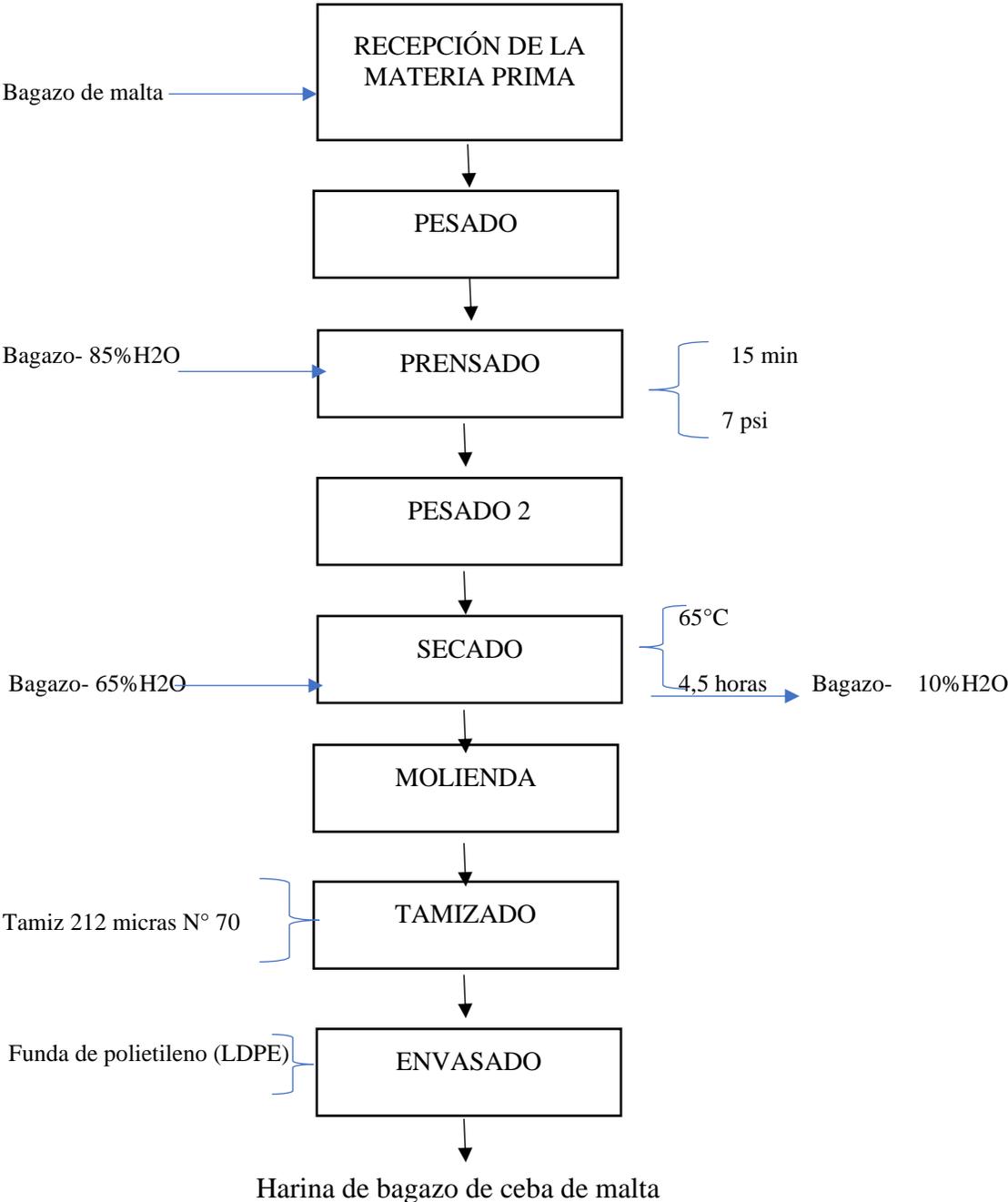
Variables nutricionales	Método o instrumento	Unidad
Grasas	AOAC 920.39	%
Fibra	AOAC 978.10	%
Proteína	AOAC 920.87	%

Tabla 12. Análisis microbiológicos en panificados.

Variables microbiológicas	Método o instrumento
Recuento de Escherichia coli (UFC/g)	NTE INEN 1529-7
Recuento de mohos (UFC/g)	NTE INEN 1529-10
Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g)	NTE-INEN 1529-5

3.6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Diagrama de flujo para la elaboración de harina de bagazo cebada de malta.



3.6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

a) RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima se obtuvo en las instalaciones de la Cervecería Artesanal NATIVA de la ciudad de Ibarra. Se utilizó bagazo de malta de las variedades Pilsen y Pale Ale. Esta materia prima se recolectó finalizado el proceso de extracción de los azúcares.



Figura 5. Recepción de la materia prima

b) PESADO DEL BAGAZO

En esta etapa se procede al pesado del bagazo de malta de cebada en una balanza para determinar el peso y la cantidad de producto a secar en el deshidratador de las unidades eduproductivas.



Figura 6. Pesado del bagazo

c) PRENSADO DEL BAGAZO

Se prensó el bagazo de malta para reducir el contenido de humedad de la biomasa (hasta en 65%), este proceso se lo realiza para disminuir el tiempo de secado en el deshidratador. El procedimiento se aplica conforme lo describe el autor (Santos et al., 2003) en una prensa hidráulica a 7 PSI.



Figura 7. Pesado del bagazo

d) PESADO II DEL BAGAZO

Nuevamente pesado del bagazo de cebada de malta prensado para determinar la cantidad de agua extraída del producto.

e) SECADO DEL BAGAZO

El bagazo de cebada de malta se secó en un horno deshidratador eléctrico, a una temperatura constante de 65°C durante 4.5 horas a una velocidad de secado de 4m/s, hasta obtener una humedad que no supere el 12%. El método (Hernández et al., 1999) menciona no secar a más de 65°C debido a que pueden generar sabores extraños en el producto final.



Figura 8. Secado del bagazo

f) MOLIENDA DEL BAGAZO

El bagazo de cebada de malta se muele en un molino eléctrico de capacidad de 200 kg/h, a una velocidad de giro de 2850 rpm, el cual fue específico para obtener harinas, esto se lo realiza para reducir el tamaño de las partículas y así llegar al tamaño adecuado para continuar con su posterior proceso.



Figura 9. Molienda del bagazo seco

g) TAMIZADO

Se procede a tamizar el producto con un tamiz de 212 micras N° 70, el cual es adecuado para harinas panaderas, como lo indica la norma técnica INEN 616.



Figura 10. Tamizado de la harina de bagazo de cebada de malta

h) ENVASADO DE LA HARINA

Se procede a almacenar la harina en fundas de polietileno de baja densidad (LDPE) ya que este material impermeable, óptimo para almacenar alimentos ya que impide la contaminación, mantiene al producto fresco y conservando sus características organolépticas, a temperatura ambiente



Figura 11. Empacado de la harina de bagazo de cebada de malta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El bagazo de malta de cebada se obtuvo en la ciudad de Ibarra en la cervecería artesanal NATIVA. Es importante la obtención de este residuo inmediatamente después del proceso productivo, ya que es propenso a descomponerse rápidamente por el nivel de humedad y su composición química.

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE BAGAZO DE MALTA DE CEBADA MEDIANTE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

El residuo seleccionado para el experimento proviene de la variedad de malta de cebada Pilsen y Pale Ale, materias primas usadas para elaborar cerveza artesanal rubia. Los resultados obtenidos a través de la caracterización fisicoquímica de la harina de bagazo de cebada de malta con respecto al contenido de agua, cenizas, fibra, proteína, grasa se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Análisis fisicoquímicos de la harina de bagazo de cebada de malta.

MUESTRA	HUMEDAD (%)	CENIZAS (%)	FIBRA (%)	GRASAS (%)	PROTEÍNA (%)
Harina de bagazo de cebada de malta	9,54	2,2	7,8	2,6	14,2

Los resultados obtenidos en la tabla antes señalada, registran para la humedad un valor de 9,54 % el cual se asemeja a los resultados reportados por (Mussatto et al., 2006) el cual fue de 11%, los valores para la humedad de una harina no debe ser superior al

12%,obteniendo una harina que se encuentra dentro del rango establecido (Calaveras, 2015).

Por otro lado, para el análisis químico determinación de cenizas se obtuvo un valor de 2,2% el cual se asemeja a los reportados por (Saucedo, 2012) y (Velásquez, Botini, & Monroy, 2010) el cual fue de 1,9%, los valores superiores al 2,4% indican que existe mayor cantidad de salvado y minerales (potasio, magnesio, sodio), que se encuentran principalmente en las capas exteriores del grano (Benalcazar, 2017).

Para las grasas presenta un valor de 2,6%, el cual es superior que en la investigación de (Erazo Sandoval & Terán Zumárraga, 2008) el cual registra un valor de 1,3%, esto se debe a las variedades de cebada que se utiliza para realizar la investigación

Para la fibra se obtuvo un valor de 7,8%, el cual es superior con lo obtenido por el investigador (Rodríguez & Santiago, 2012) quien registró un valor de 5%. La fibra está concentrada en el residuo, porque la mayor parte del almidón de cebada se elimina durante la trituration y la extracción de azúcares (Prentice, 1979)

La proteína en la harina de bagazo de cebada de malta fue de 14,2 % este valor se asemeja a lo registrado por (Calaveras, 2004) el cual establece que el contenido de las harinas panificadoras se encuentra entre un 8% a un 14%

4.2. EVALUACIÓN REOLÓGICA DE LA MEZCLA DE HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA CON HARINA DE TRIGO

Se evaluó mediante pruebas fisicoquímicas y reológicas las distintas mezclas descritas anteriormente, para lo cual se dispuso de 2 kg de producto elaborado; al cual se le aplicó un diseño experimental D.C.A unifactorial (un factor denominado Mezcla) el cual constituye el porcentaje de sustitución de harina de bagazo de malta de cebada por harina de trigo en la fórmula base. Por otro lado, para la determinación del comportamiento de los datos se procedió a recolectar y tabular mediante el programa

R, mientras que para la diferencia significativa se utilizó la prueba de significancia Tukey con la finalidad de establecer cuál de las mezclas tiene las mejores características para ser utilizada en panificación.

A continuación, se muestran los resultados de los análisis descritos anteriormente para el proceso estudiado en la investigación.

Tabla 13. Análisis reológicos

TRATAMIENTOS	ABSORCIÓN (%)	FALLIN G NUMBER (seg)	ESTABILIDAD (min)	TIEMPO DE DESARROLLO (min)	GLUTEN HUMEDADO (%)
T1	62,12	255,67	17,95	8,71	25,04
T2	63,50	184,33	14,75	9,02	24,07
T3	64,46	150,66	12,53	7,8	22,12
T4	66,20	149,5	10,26	9,3	17,92
T5	67,12	125,33	7,23	9,18	12,01
TESTIGO	62,02	388,33	12,19	7,32	27,30

4.2.1. ABSORCIÓN

Es considerada como una de las propiedades que posee una harina para retener la mayor cantidad de agua sin alterar la formulación de la masa, siendo este uno de los puntos que concuerda con la hidratación de las masas (Cardoso et al., 2015).

Tabla 14. Análisis de varianza de tratamientos para absorción

FACTORES	GL	SC	CM	F. cal	F. tab
Mezcla	5	65,82	13,165	160,5	$1,47 \times 10^{-10}$
Residuo (Error)	12	0,98	0,082		

En este sentido al analizar esta propiedad se pudo identificar que existen diferencias significativas en los tratamientos, esto debido a que el valor de diferencia estadística es $p < 0,05$.

Al existir diferencia estadística significativa se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 15. Prueba Tukey 5%

TRATAMIENTOS	UNIDADES	RANGOS
T5	67,12	a
T4	66,20	b
T3	64,46	c
T2	63,50	d
T1	62,16	e
TESTIGO	62,02	e

En la tabla 15 se puede visualizar que existen diferencias entre los tratamientos excepto el T1 y el Testigo, esto se debe a que son valores estadísticamente similares.

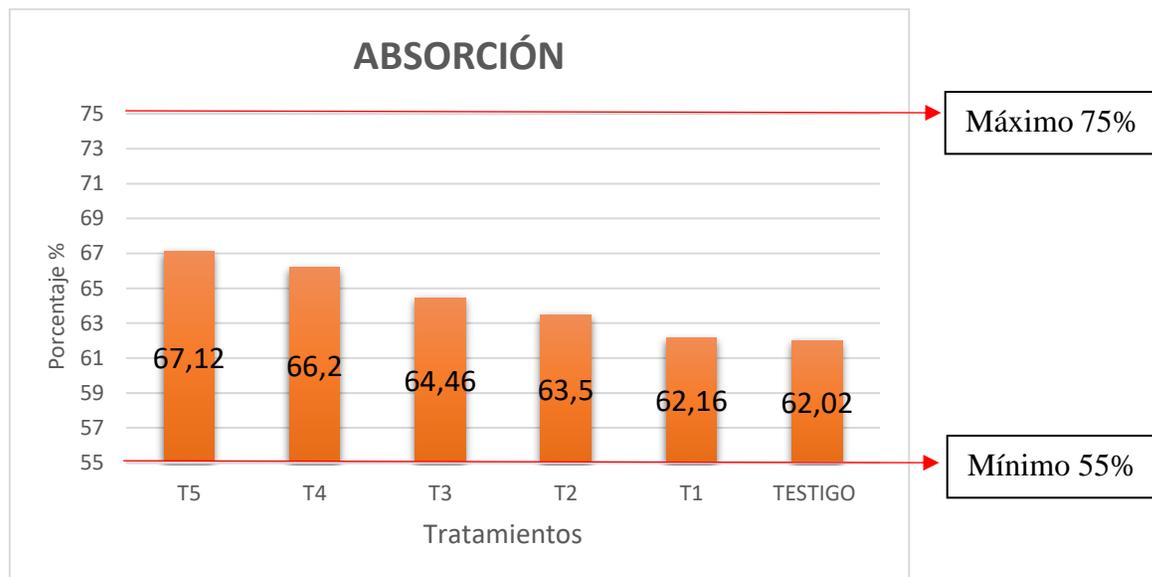


Figura 12. Absorción de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo

La figura anterior se puede observar que existen 6 rangos: el primero corresponde al tratamiento T5, el segundo a T4, el tercero T3, el cuarto T2, y el quinto al T1 semejante al Testigo, esta igualdad de acuerdo con Calaveras (2004) se debe principalmente a la cantidad y calidad de la proteína insoluble presente en la mezcla, así como la capacidad higroscópica y de fuerza (W), esto debido a que cuan mayor sea la cantidad de harina de bagazo de cebada de malta añadida a la harina de trigo mayor será la capacidad de retención de agua.

No obstante, los resultados de los tratamientos deducen que al incrementar la cantidad de harina de bagazo de cebada de malta aumenta la capacidad de absorción de la masa; razón por la cual la absorción aumenta en cada tratamiento con respecto al testigo; los porcentajes de absorción se encuentran dentro de los rangos 55% al 75% según (Ferrari, Villagra, Claps, & Tittonel, 2017), en este sentido, el T5 y T4 presentan mayor cantidad de absorción con 67,12% y 66,2% respectivamente, por lo que se pueden considerar como harinas de fuerza media, ideales para elaborar pan común y para todas las preparaciones que requieren largas horas de procesamiento.

Con los análisis realizados se puede decir que todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos, a tal razón por medio del análisis de absorción, cualquiera de los tratamientos es recomendado para la aplicación en productos panificados.

4.2.2. FALLING NUMBER

Según (Toledo, 2010) y (Calaveras, 2004) el Falling Number mide la actividad enzimática o la cantidad de α -amilasa de la harina, así valores altos de Falling Number indican baja actividad enzimática y valores bajos alta actividad enzimática. La actividad de estas enzimas en el trigo ha sido objeto de recientes estudios para establecer su influencia sobre la formación de la masa y la calidad de la miga del pan obtenida (Vásquez & Matos, 2009).

Tabla 16. Análisis de varianza de los tratamientos en Falling Number

FACTORES	GL	SC	CM	F. cal	F. tab
Mezcla	5	146256	29251	1026	$2,36 \times 10^{-15}$
Residuo (Error)	12	342	28		

El análisis de varianza realizado expresa que existen diferencias significativas $p < 0,05$ entre tratamientos.

Al existir diferencia estadística significativa se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

En la tabla 17 luego de realizar la prueba de Tukey al 5% se observa la diferencia entre cada tratamiento y la semejanza estadística del T3 con el T4, esto se debe a que estadísticamente son valores similares.

Tabla 17. Prueba Tukey 5% falling number

TRATAMIENTOS	UNIDADES	RANGOS
TESTIGO	388,33	a
T1	255,66	b
T2	184,33	c
T3	150,66	d
T4	149,66	d
T5	125,33	e

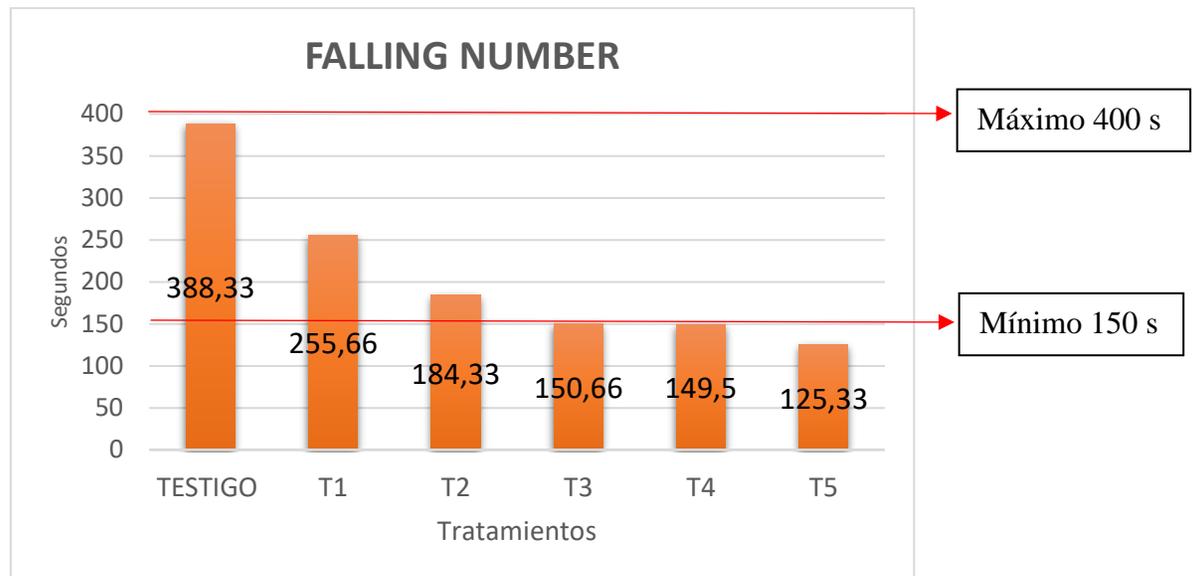


Figura 13. Falling Number de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo

La figura 13 indica que existen 6 rangos: el primero corresponde al Testigo el segundo al tratamiento T1, el tercero al T2, el cuarto T3 y T4, el quinto al T5. Estas diferencias de acuerdo con (Mello & Mali, 2014) se debe a la cantidad de enzimas amilasas, las cuales aumentan debido a la cantidad de harina de bagazo de malta de cebada, es decir a mayor cantidad de harina de bagazo de malta añadida, el pan disminuye su tamaño, cambia su coloración y adquiere mayor dureza, esto se debe a que la harina de bagazo tiene mayor cantidad de α -amilasa, por ser un producto proveniente de una fermentación.

Los promedios de tratamientos T1, T2, T3; T4, T5 y T6 denotan que los resultados de los últimos; T3 (20% de harina de bagazo de malta de cebada con 80% de harina de trigo), T4 (25% harina de bagazo de malta de cebada con 75% harina de trigo) y T5 (30% harina de bagazo de malta de cebada con 70 % de harina de trigo) son valores menores que T1, T2 y testigo razón por la cual, en harinas de trigo normales existe mayor aglutinación y el tiempo de caída será más prolongado, en cambio en harinas fermentadas como la harina de bagazo sucederá lo contrario, obteniéndose al panificar con esta harina un pan de miga húmeda, pegajosa, oscura y de menor volumen.

Tiempo de caída:

- Inferior a 150: Presencia de granos germinados, actividad alfa-amilásica elevada, peligro de miga de pan pegajosa.
- Entre 200 250: Actividad amilásica normal.
- Igual o superior a 300: Actividad amilásica débil, riesgo de obtener pan poco desarrollado, poco voluminoso y con miga muy seca.

Con el análisis de falling number se puede decir que los tratamientos Testigo, tratamiento T1, tratamiento T2 y tratamiento T3 se encuentran dentro de los rangos recomendados, debido a que tienen menor cantidad de harina de bagazo de cebada de malta, por lo tanto, cualquiera de estos tratamientos puede ser tomado en cuenta para la

utilización en productos panificados, a excepción de los tratamientos T4 Y T5 que se encuentran con baja valoración.

4.2.3. ESTABILIDAD

Es el tiempo en el que se mantiene la masa con una consistencia similar, medida en minutos. Se realiza en harinas para la determinación de la aplicación más rentable con información sobre las propiedades del gluten contenido en la masa (Flores, 2017)

Tabla 18. Análisis de varianza de tratamientos de estabilidad

FACTORES	GL	SC	CM	F. cal	F. tab
Mezcla	5	202,80	40,56	566,3	$8,24 \times 10^{-14}$
Residuo (Error)	12	0,86	0,07		

Al existir diferencia significativa de $p < 0,05$ entre tratamientos, se procede a realizar la prueba de Tukey al 5% para determinar las diferencias estadísticas entre cada tratamiento en estudio.

Tabla 19. Prueba Tukey 5% estabilidad

TRATAMIENTOS	UNIDADES	RANGOS
T1	17,95	a
T2	14,75	b
T3	12,53	c
T4	10,26	d
T5	7,23	e
TESTIGO	12,19	c



Figura 14. Estabilidad de las mezclas de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo

En la figura 14 se puede observar cada tratamiento lo que nos indica, cuanto mayor sea el tiempo de estabilidad, mayor podrá ser la fermentación y mayores serán las fuerzas requeridas para el amasado (Polit & Zamora, 2009), el tratamiento T3 y el testigo tienen valores similares en el análisis de estabilidad, esto es debido a la cantidad de harina de bagazo de cebada de malta añadida.

Se puede decir que el mejor tratamiento es el T3 ya que sus valores son los que más se aproximan al testigo el cual tiene un tiempo óptimo, en tiempo de estabilidad del amasado.

4.2.4. TIEMPO DE DESARROLLO

Es el tiempo para la formación óptima de la masa, medida en minutos. (Calaveras, 2004)

El tiempo de desarrollo se lo realiza para el aseguramiento de la calidad estable del producto mediante la identificación de distintos tamaños de partículas en la harina.

Tabla 20. Análisis de varianza de tratamientos de tiempo de desarrollo

FACTORES	GL	SC	CM	F. cal	F. tab
Mezcla	5	0,88	1,57	20,21	0,0000182
Residuo (Error)	12	0,93	0,078		

Al existir diferencia significativa de $p < 0,05$ entre tratamientos, se procede a realizar la prueba de Tukey al 5%, para visualizar las diferencias estadísticas entre cada tratamiento en estudio.

Tabla 21. Prueba Tukey 5% tiempo de desarrollo

TRATAMIENTOS	UNIDADES	RANGOS
T1	8,71	a
T2	8,51	b
T3	9,02	ab
T4	9,3	ab
T5	9,18	ab
TESTIGO	7,32	c

En la tabla 21 indica que existe diferencia estadística entre los tratamientos T1, T2, en los tratamientos T3, T4 y T5 existe similitud esto se da debido a que los valores son semejantes estadísticamente.



Figura 15. Tiempo de desarrollo de las mezclas de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo

En la figura 15 indica que existe diferencia en cada uno de los tratamientos, en el análisis de tiempo de desarrollo, según Calaveras (2004) el tiempo mínimo es de 2 a 3 minutos lo que indica que es una harina floja y el tiempo mayor a 4 minutos indica que se trata de una harina fuerte, cabe mencionar que el tamaño de las partículas influye en el tiempo de desarrollo debido a que a mayor tamaño de los gránulos, existe mayor retención de agua lo que aumenta el tiempo de formación de la masa.

Con el análisis de tiempo de desarrollo se puede indicar que los tratamientos incluido al testigo son harinas fuertes, las cuales son aptas para realizar panificados, por su mayor resistencia al amasado.

4.2.5. GLUTEN HÚMEDO

Se obtiene mediante un centrifugado de 1 minuto a 6.500 rpm en un equipo Glutomatic, que permite eliminar de igual manera toda el agua residual. Los resultados de gluten húmedo, siendo éste la proteína insoluble, son correlacionables con el contenido en proteína total de la muestra (Calaveras, 2015)

Tabla 22. Análisis de varianza de los tratamientos para gluten

FACTORES	GL	SC	CM	F. cal	F. tab
Mezcla	5	468,0	93,59	498,9	$1,75 \times 10^{-13}$
Residuo (Error)	12	2,3	0,19		

El análisis de varianza expresa diferencias significativas $p < 0,005$ entre tratamientos.

Al existir diferencia estadística significativa se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

En la tabla 23 indica las diferencias entre cada tratamiento.

Tabla 23. Prueba Tukey 5% Gluten Húmedo

TRATAMIENTOS	UNIDADES	RANGOS
TESTIGO	27,30	a
T1	25,04	b
T2	24,07	b
T3	22,12	c
T4	17,92	d
T5	12,01	e

En la tabla anterior se puede observar que existe diferencia entre los tratamientos, pero existe semejanza estadística entre los tratamientos T1 y T2 debido a que estos valores son semejantes estadísticamente.

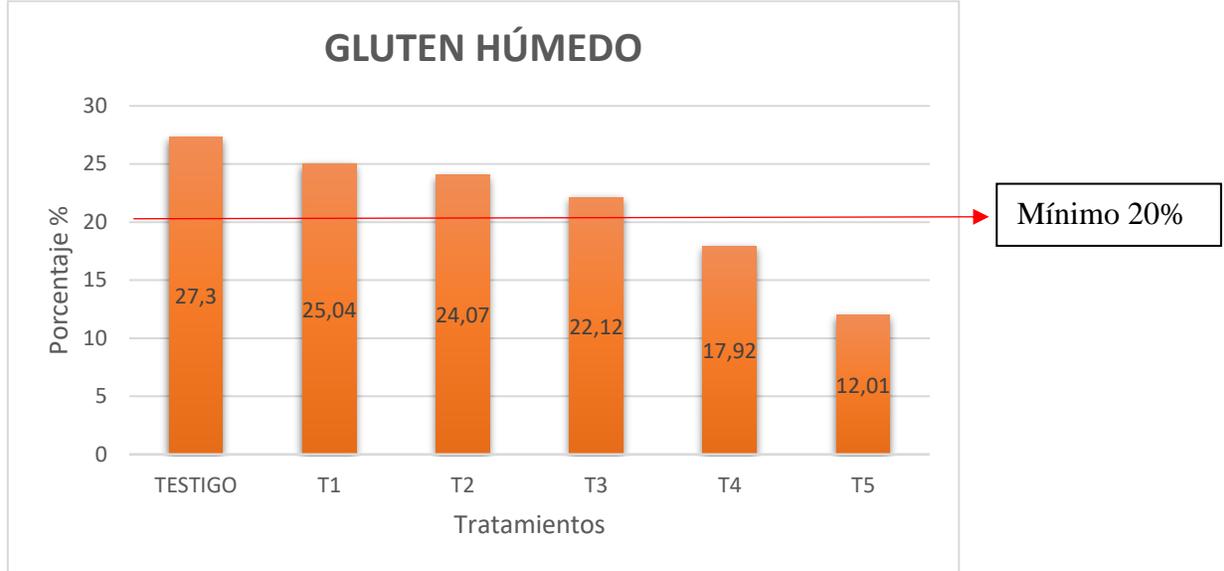


Figura 16. Gluten Húmedo de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo

La figura 16 indica que existen 6 rangos: el primero corresponde al Testigo el segundo al tratamiento T1, el tercero al T2, el cuarto T3 y T4, el quinto al T5. La cantidad de gluten húmedo de la harina influye fuertemente en el volumen del pan (Flores, 2017), esto quiere decir que a mayor cantidad de gluten en la harina, mayor será el tamaño del panificado.

Los valores obtenidos tienen variaciones debido a la cantidad de proteínas (glutelinas y prolaminas) las que son responsables de la cohesividad y elasticidad de la masa. Según (Calaveras, 2004) & NTE INEN 616, establecen un valor de 20 a 28%, en la tabla 18 se puede observar que los tratamientos T4 y T5 contienen valores bajos de gluten húmedo lo que hace que la masa del pan tenga menos volumen.

Mediante el análisis de gluten se puede decir que los tratamientos Testigo, tratamiento T1, tratamiento T2 y tratamiento T3 se encuentran dentro de los rangos recomendados, los tratamientos T4 y T5 tienen baja valoración razón por la cual no se los toma en cuenta.

Como mejor tratamiento se escogió el tratamiento T3 debido a que se encuentra dentro de los rangos y además tiene baja cantidad de gluten, ya que actualmente existe un incremento de consumidores a productos con bajo contenido en gluten.

4.2.6. ANÁLISIS FARINOGRÁFICO

En la curva farinográfica se puede visualizar los análisis realizados en el farinógrafo (absorción, estabilidad, tiempo de desarrollo) donde se puede determinar las características reológicas que tiene la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo del tratamiento 3.

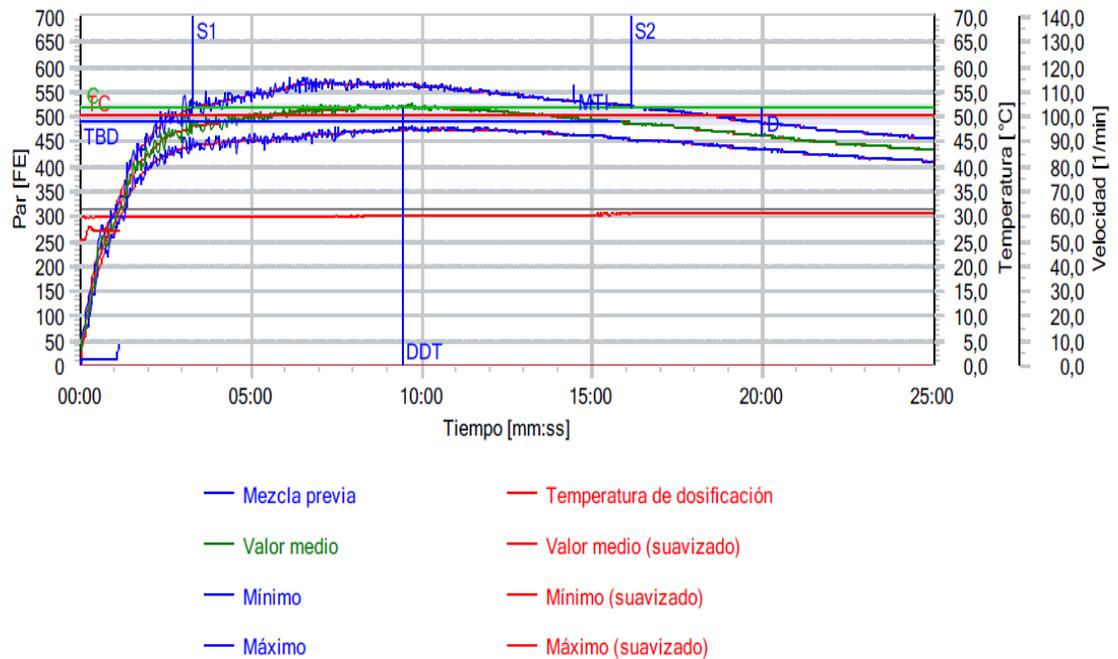


Figura 17. Curva de análisis farinográfico.

- ✓ Mezcla: 300 gr
- ✓ Peso de la muestra: 292.5
- ✓ Humedad: 11.8%

- ✓ Absorción de agua: 64.46%
- ✓ Tiempo de medición: 30 mm:ss

Tabla 24. Análisis farinográfico

Descripción	Valor	Unidad
Tiempo de medición	30	mm:ss
Temperatura de dosificación	26,7	°C
Absorción	64.46	%
Tiempo de desarrollo	9,02	mm:ss
Estabilidad	12,53	mm:ss

En la tabla 24 se aprecia los análisis farinográficos realizados, los que indican que la muestra de harina usada (20% harina de bagazo de cebada de malta con 80% de harina de trigo), es de buena calidad proteica, es decir es apropiada para la elaboración de productos panificados, debido a que se encuentra dentro de los parámetros reológicos analizados, debido a que tanto como la absorción, el tiempo de desarrollo, la estabilidad tienen valores semejantes al testigo, el cual es harina de trigo al 100%.

4.2.7. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LA MEJOR MEZCLA DE HARINAS

Se realizó análisis físico químicos del tratamiento T3 (20% de harina de bagazo de cebada de malta con 80% de harina de trigo) para determinar la calidad de la harina en comparación con lo que establece la NTE INEN 616.

Tabla 25. Análisis físico químicos del mejor tratamiento

Requisitos	Unidad	Mezcla de harina de bagazo con harina de trigo	Harina de trigo
Humedad	%	11,8	14
Cenizas	%	1,8	1
Proteína	%	13	12
Gluten húmedo	%	22,12	20
Granulometría	Tamiz micras	212	212

Fuente: NTE INEN 616

En los análisis fisicoquímicos realizados a la mejor mezcla, los resultados son similares a lo que establece la norma NTE INEN 616, a excepción de las cenizas en el que el valor de la mezcla de harina de bagazo de cebada con harina de trigo es más alto que la harina normal, esto se da debido a que existe mayor cantidad de salvado y minerales (potasio, magnesio, sodio), que se encuentran principalmente en las capas exteriores del grano (Benalcazar, 2017).

4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES, MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL

Los análisis organolépticos se realizaron para determinar el mejor tratamiento, se evaluó las características nutricionales, microbiológicas al producto final de la mejor mezcla para determinar la calidad y la inocuidad del producto elaborado.

Un total de 30 personas calificaron al producto elaborado mediante parámetros cualitativos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad con una escala de 4 categorías

(ver anexo) y evaluadas con la prueba no paramétrica de Friedman al 5%, dando como resultados al tratamiento T3 como el mejor por mayor puntaje obtenido en total.

4.3.1. COLOR

El aspecto de la corteza del pan debe ser dorado y brillante, ambos factores tienen influencia sobre el sabor. Debe presentar además un espesor apropiado y los cortes deben abrir bien y regularmente para darle simetría a la forma de la pieza (Medina, 2016)

Se aplicó una prueba no paramétrica de Friedman al 5% para todos los tratamientos como lo muestra a continuación la tabla 26, la cual los agrupó en los diferentes grupos como lo muestra la figura 18.

Tabla 26. Prueba Friedman 5% color

TRATAMIENTO	PONDERACIÓN	RANGOS
T3	98,5	a
T1	96,5	a
T2	96,0	a
T4	84,5	ab
T5	74,5	b

En la figura 18 se muestra que el panel degustador optó por el tratamiento T3 el cual presenta un color marrón, este parámetro es un indicador de las reacciones químicas que se producen en los alimentos tras someterlos a algún proceso térmico (Requena, 2013) estos tratamientos son más agradables a la vista del consumidor.

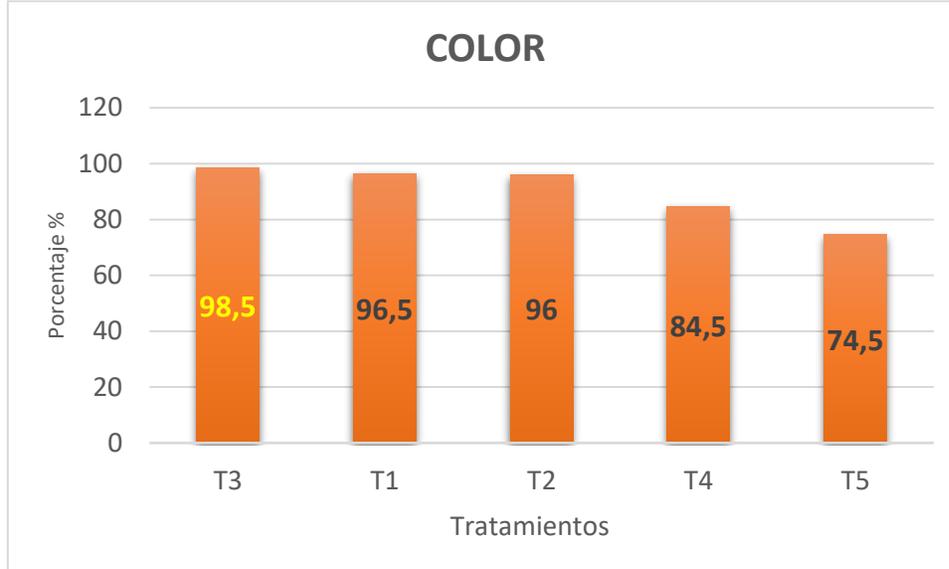


Figura 18. Color de los tratamientos en producto terminado

El color es un parámetro que se analiza con el sentido de la vista, es uno de los factores importantes al momento de adquirir un producto.

4.3.2. OLOR

Se originan por la actividad enzimática durante el amasado, por el metabolismo de las levaduras y las bacterias lácticas durante la fermentación de la masa panaria, las reacciones de oxidación de los lípidos y las reacciones térmicas durante la cocción, principalmente reacciones de caramelización (Alvis et al., 2011). Aunque también las recetas (ingredientes y técnicas de elaboración) pueden contribuir en gran medida al aroma final del pan. El aroma debe ser apropiado al placer del consumidor.

Se utilizó una prueba de Friedman 5% no paramétrica para los tratamientos como lo muestra a continuación la tabla 27, la cual los agrupó en los diferentes grupos como lo muestra la figura 19.

Tabla 27. Prueba Friedman 5% olor

TRATAMIENTOS	PONDERACIÓN	RANGOS
T3	111,5	a
T1	91,5	b
T2	90,5	b
T4	85,5	bc
T5	71,0	c



Figura 19. Olor de los tratamientos en producto terminado

Según el panel degustador la característica del olor fue de mejores características el T3 pues, así como menciona (Sandoval et al., 2012), en su estudio que los aromas u olores provenientes de un alimento dependerán de la cantidad de sustancias volátiles que contengan los insumos del mismo. La fermentación de la masa origina componentes aromáticos fundamentalmente en la miga, mientras que el proceso de cocción influye

fundamentalmente en el olor de la corteza. Se establece una diferenciación entre los panes de trigo y los de bagazo porque estos últimos se elaboran con harina de bagazo de cebada de malta lo que permite la obtención de migas más aromáticas (Kirsteen & Daza, 2016)

4.3.3. SABOR

Se determina por medio de las papilas gustativas en la lengua y de la membrana bucal, sobre una porción de miga de pan. Además, en este momento se deben evaluar las propiedades de masticabilidad, sabiendo que la miga debe ser fácilmente humectable en la boca y no debe pegarse en el paladar (UNIT, 1994)

Se empleó una prueba no paramétrica de Friedman al 5% para todos los tratamientos como lo muestra a continuación la tabla 28, la cual los agrupó en los diferentes grupos como lo muestra la figura 20.

Tabla 28. Prueba Friedman 5% sabor

TRATAMIENTOS	PONDERACIÓN	RANGOS
T3	99,5	a
T2	96,0	a
T4	87,5	a
T1	86,5	a
T5	80,5	a

Tanto la característica del sabor como la del olor van de la mano puesto que mientras se mastica el bolo alimenticio el alimento desprende los diferentes aromas existentes en su composición permitiéndonos a los consumidores a tener un buen criterio sobre esta característica que puede ser una de las más importante al momento de escoger un

alimento. El panel eligió T3, como el mejor en el aspecto del sabor ya que tiene un sabor más dulce neutro, así como también haciendo referencia lo descrito anteriormente.



Figura 20. Sabor de los tratamientos en producto terminado

4.3.4. TEXTURA

Puede presentar celdas regulares o de distintos tamaños, las que pueden ser redondas o alargadas, de paredes gruesas o finas. En general se pretende que sean algo alargadas y de paredes finas, con lo que además se consigue mejor textura (Alvis et al., 2011)

Tabla 29. Prueba Friedman 5% textura

TRATAMIENTOS	PONDERACIÓN	RANGOS
T3	108,5	a
T2	91,0	ab
T4	90,5	ab
T1	81,0	b
T5	79,0	b

Se utilizó una prueba de Friedman 5% no paramétrica para todos los tratamientos como lo muestra a continuación la tabla 29, la cual los agrupo en los diferentes grupos como lo muestra la figura 21.



Figura 21. Textura de los tratamientos en producto terminado

La figura 21 indica que el tratamiento T3 es el que tiene mejores características en textura, ya que la miga se formó adecuadamente en los procesos para obtención del producto final. La percepción de los atributos de textura por el panel de jueces no entrenados se realizó en dos etapas diferenciadas: fase táctil, en la que se comprime la miga con el dedo y se evalúan atributos tales como la elasticidad, y una segunda fase en la que se introduce la miga de pan en la boca, y en la que se evalúan humedad, adhesividad y cohesividad (Alvis et al., 2011).

4.4. ANÁLISIS NUTRICIONALES

Se evaluó mediante pruebas fisicoquímicas el mejor tratamiento para determinar su composición nutricional en un pan con 100g de muestra.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 30. Análisis nutricionales al producto final

VARIABLES NUTRICIONALES	RESULTADO	UNIDAD
Grasas	3,1	%
Fibra	8	%
Proteína	12,9	%

Los resultados obtenidos en la tabla 30, registran para la grasa un valor de 3,1% resultado que se asemeja con (Benavides Grace; Recalde Jeaneth, 2007) quien obtuvo 2,9 % de grasa en un pan de trigo, la grasa es un factor muy importante para que el producto de panificación sea suave, mejora el sabor, aumenta la flexibilidad (Erazo Sandoval & Terán Zumárraga, 2008).

Para la fibra se registra un valor de 8 %, resultado que se asemeja con (Flores, 2017) quien obtuvo 7 % de fibra en pan de trigo, al ser consumidos productos panificados con alto contenido en fibra, aumenta la movilidad intestinal, sobre todo del colon, ayudando a prevenir y mitigar ciertos trastornos digestivos como el estreñimiento (Benavides Grace; Recalde Jeaneth, 2007).

La proteína en el producto final fue de 12,9 % este valor se asemeja a lo registrado por (Calaveras, 2004) el cual obtuvo 8 % de proteína en pan de trigo, es responsable de la tenacidad y elasticidad de la masa, también otorga extensibilidad a la misma (Medina, 2016).

4.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Los análisis microbiológicos son de mucha importancia para determinar que el producto es de buena calidad, libre de microorganismos perjudiciales para la salud y apto para el consumo humano. El análisis microbiológico no mejora la calidad del alimento, sino que permite valorar la carga microbiana, señalando los posibles puntos de riesgo de contaminación o multiplicación microbiana (Robertson et al., 2010).

Los análisis microbiológicos principalmente se usan para:

- Seguridad higiénica del producto.
- Ejecución de prácticas adecuadas de producción
- Generar calidad comercial

Tabla 31. Análisis microbiológicos

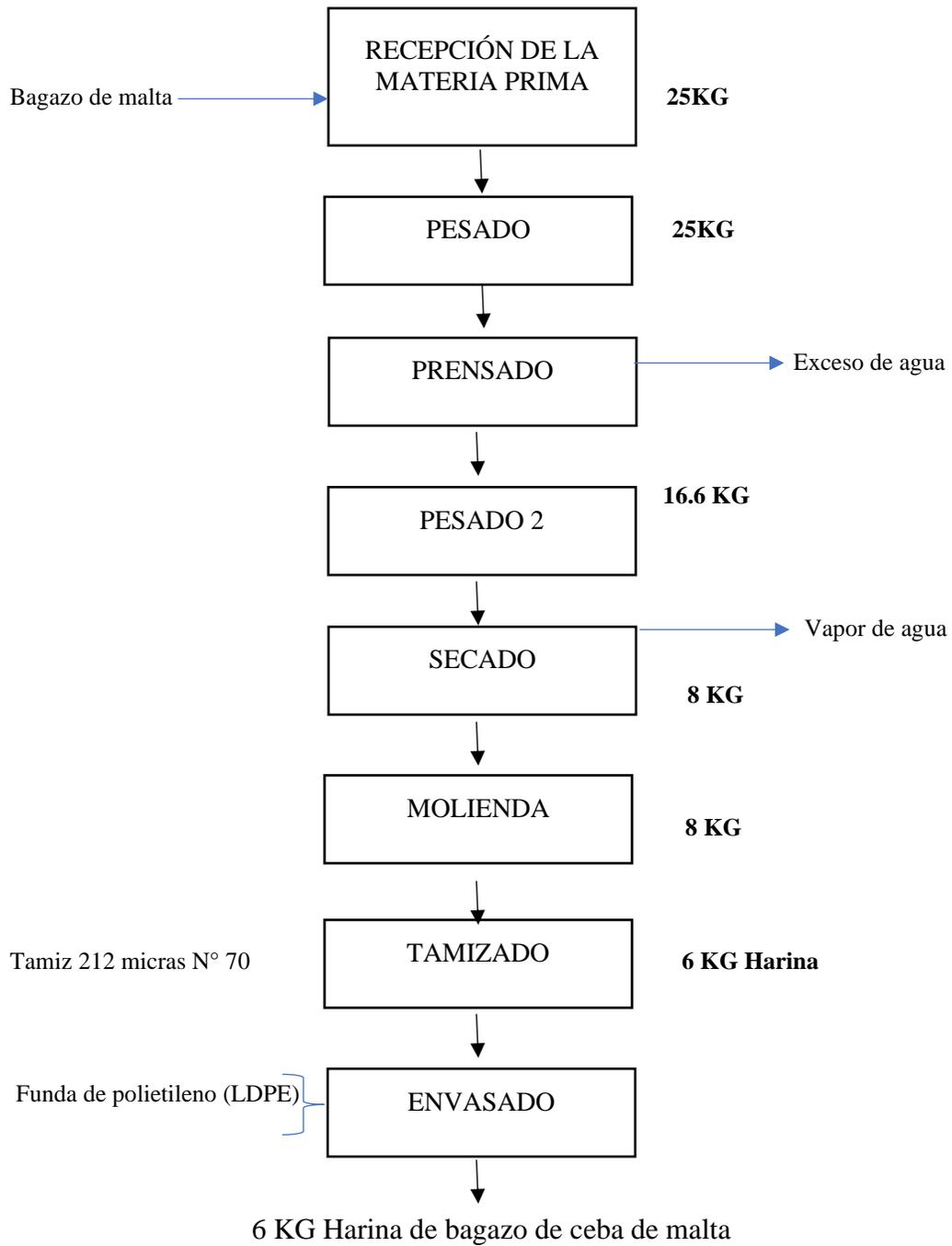
Parámetros microbiológicos	Resultados	Rango m/o	Método o instrumento
Recuento estándar en placa aerobios mesófilos, UFC/g	10 ³	10 ⁴ –10 ⁵	NTE INEN 1529-5
Recuento de mohos, UFC/g	10 ³	10 ² –10 ³	NTE INEN 1529-10
Recuento de E. coli, UFC/g	AUSENCIA	AUSENCIA	NTE INEN 1529-7

En la tabla anterior se detallan los resultados de análisis microbiológicos los cuales se encuentran dentro de los parámetros de la NTE INEN 1529-5, NTE INEN 1529-10, NTE INEN 1529-7, señalando que el producto es inocuo y apto para el consumo humano, así como también por lo registrado en la investigación de Santos et al (2003) el cual presenta similitudes en sus resultados.

Los análisis microbiológicos se realizaron al mejor tratamiento T3 para determinar la carga microbiana y la calidad del producto final.

4.6. BALANCE DE MATERIA

Se realizó un balance de materia para la harina de bagazo de cebada de malta para determinar la cantidad de harina obtenida tras su procesamiento.



RENDIMIENTO

Se realizaron los cálculos de rendimiento de la harina de bagazo donde se puede observar que tiene un rendimiento de 24%.

$$R\% = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$R\% = \frac{6}{25} \times 100$$

$$R\% = 24$$

El rendimiento de la harina de bagazo de cebada de malta es bajo por lo cual debería ser superior a 70% (Benavides Grace; Recalde Jeaneth, 2007), esto se da debido a la alta cantidad de agua que posee el subproducto al momento de su recepción y también a la separación de granos de mayor tamaño en el tamizado luego de la molienda,

4.7. FICHA TÉCNICA DE LA HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA

Se realizó una ficha técnica de la harina de bagazo de cebada de malta donde se detallan sus usos, beneficios, sus características fisicoquímicas y microbiológicas.

La harina de bagazo de cebada de malta es un producto obtenido luego del secado, la molienda y tamizado del bagazo de cebada de malta, libre de impurezas y materias extrañas, caracterizado por ser un polvo fino de color marrón claro.

Este producto puede ser aplicado como materia prima en la industria panadera para mejorar la calidad nutricional de un producto panificado, por su alto contenido en fibra, proteína.

Tiene aportes en la salud ya que contiene alta cantidad de fibra que es muy importante en la dieta humana aumentando la movilidad intestinal, sobre todo del colon, ayudando a prevenir y mitigar ciertos trastornos digestivos como el estreñimiento, así como

también su bajo contenido de gluten da un beneficio a los consumidores con enfermedades celiacas.



FICHA TECNICA DE LA HARINA DE BAGAZO DE CEBADA DE MALTA

Ibarra 2019

DESCRIPCIÓN

Producto obtenido luego del secado, la molienda y tamizado del bagazo de cebada de malta, libre de impurezas y materias extrañas, caracterizado por ser un polvo fino de color marrón claro.

ARÉAS DE APLICACIÓN

Este producto puede ser aplicado como materia prima en la industria panadera.

BENEFICIOS

Aporta alta cantidad de fibra que es muy importante en la dieta humana, así como también su bajo contenido de gluten da un beneficio a los consumidores con enfermedades celiacas.

DOSIS

Según el producto a elaborar y su formulación.

ESPECIFICACIONES

Físico-químicas

% Proteínas	14,2
% Grasas	2,6
% Humedad	9,54
% Fibra	7,8
% Cenizas	2,2
Granulometría (tamiz N°70)	212 micras
Color	Marrón claro
Olor	Característico
Sabor	Característico



Microbiológicos

Aerobios mesófilos, UFC/g	<1000
Mohos, UFC/g	<1000
E. coli, UFC/g	Ausencia

Figura 22. Ficha técnica de la harina de bagazo de cebada de malta

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se concluye con la caracterización fisicoquímica de la harina del bagazo de cebada de malta, obtenida a partir de los residuos provenientes de la cervecería artesanal NATIVA, demuestra un contenido significativo de proteína y fibra con respecto a otras harinas de trigo.
- Una vez analizados los resultados reológicos (absorción, estabilidad, tiempo desarrollo, falling number y gluten) se concluye que el tratamiento T3 con inclusión de 20 % de harina de bagazo de cebada de malta y 80 % de harina de trigo, cumple con los parámetros basados en la NTE INEN 616 mejorando ampliamente la calidad de la harina, tanto en contenido nutricional como también por su mínimo contenido en gluten, tomando en cuenta que actualmente hay tendencia al consumo de alimentos bajos en gluten, debido al aumento de personas con enfermedades celiacas.
- Una vez realizado el análisis organoléptico a todos los tratamientos, se determinó que el T3 (20% de harina de bagazo de cebada de malta con 80% de harina de trigo) tuvo una mayor aceptación, ya que obtuvo en sus características organolépticas (color, olor, sabor y textura) la mayor aceptación por parte del panel degustador.
- Se concluye que el producto final (pan común) contiene valores nutricionales altos, con un valor de proteína 12,9% y fibra total 8%, los cuales son más altos que el pan de trigo comúnmente consumido (proteína 8 a 12% y fibra total 7%); y en lo que respecta a los análisis microbiológicos, los resultados se encuentran en niveles normales según la norma NTE INEN 095 y la NTE INEN 1529.

- En función del análisis estadístico realizado, donde se obtuvo un valor $p < 0,05$; el cual expresa diferencias estadísticas significativas de los tratamientos frente al testigo, se puede afirmar que el porcentaje de harina de bagazo de cebada de malta, sí influyó en las características nutricionales, reológicas y organolépticas del producto final, aceptándose la hipótesis alternativa.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar nuevas investigaciones con el bagazo de cebada de malta aplicando otros métodos de extracción de agua, como el secado por horno rotatorio, puesto que la eficiencia en el secado con el deshidratador eléctrico utilizado en la presente investigación, fue baja debido a que el tiempo de secado fue muy prolongado y con lo cual exige mayor consumo de energía.
- Se debe realizar estudios de otras variedades de bagazo de cebada de malta (pale ale, roja, negra, rubia), que se desechan de otras cervecerías artesanales, así como también sobre otros residuos de las cervecerías artesanales tales como los lodos residuales de la cerveza, puesto que estos tienen potencial nutricional para ser utilizados en otras áreas productivas del sector alimentario.
- Realizar un estudio de vida útil de la harina de bagazo de cebada de malta, para determinar el tiempo de duración del producto en percha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvis, A., Pérez, L., & Arrazola, G. (2011). Elaboración de Panes con Agregado de Harina de Arroz Integral y Modelación de sus Atributos Sensoriales a Través de la Metodología de Superficie de Respuesta. *Informacion Tecnologica*, 22(5), 29–38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642011000500005>
- Arias Larafgue, T., & López Ríos, L. (2016). Propuesta tecnológica para el aprovechamiento energético del bagazo de cebada malteada de la cervecería Hatuey. *Tecnología Química*, 35(3), 256–270.
- Badui, S. B. (2012). *Química Alimentos*.
- Benalcazar, C. (2017). Panificados con bagazo,.
- Benavides Grace; Recalde Jeaneth. (2007). Utilización De Okara De Soya Como Enriquecedor En Galletas Integrales Edulcoradas Con Panela Y Azucar Morena, 1, 1–93.
- Calaveras Jesús. Nuevo Tratado de Panificación y Bollería. 2da. Ed. Madrid, España. 2004
- Calaveras, P. Y. (2015). Calificación profesional : industrias Código : INA177 _ 3, 1–8.
- Calvillo. (2017). La Cerveza Artesanal Una experiencia multisensorial. *Deloitte*, 32. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Cerveza-Artesanal-Mexico-2017.pdf>
- Cardoso, F. F., Ascheri, D. P. R., & Carvalho, C. W. P. de. (2015). Propiedades reológicas e de adsorção de água de farinha extrudada de arroz e bagaço de cevada. *Ceres*, 61(3), 313–322. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000300003>
- Córdoba Sequeira, A. (2005). *Caracterización De Propiedades Relacionadas Con La*

Textura De Suspensiones De Fibras Alimentarias.

- Erazo Sandoval, J. E., & Terán Zumárraga, L. S. (2008). Elaboracion de Galleta Integrales enriquecidas con quinua (*Chenopodium quinoa* L.) y chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) edulcoradas con panela., 167.
- Espinoza, F. (2011). *Valoración energética de alimentos Índice.*
- Fărcaș, A., Tofană, M., Socaci, S., Mudura, E., Scrob, S., Salanță, L., & Mureșan, V. (2014). Brewers ' spent grain – A new potential ingredient for functional foods.
- Ferrari, J. L., Villagra, S., Claps, L., & Tittonel, P. (2017). Reutilización de bagazo de cebada cervecera por secado y pelletización como suplemento forrajero, 43–46.
- Flores, R. V. (2017). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial*, 0(032), 231. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2014.n032.123>
- Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Barley for brewing: Characteristic changes during malting, brewing and applications of its by-products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(3), 318–328. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00112.x>
- Jurado, M. (2017). *Fraccionamiento del bagazo cervecero bajo el concepto de biorrefinería.*
- Kirsteen, A., & Daza, A. (2016). *Sustitución parcial de la harina de trigo por harina de haba (Vicia faba L.), en la elaboración de galletas fortificadas usando panela como edulcorante.*
- Lebwohl, B., Cao, Y., Zong, G., Fb, H., Phr, G., Ai, N., ... Sampson, L. (2016). “¿ Una dieta sin gluten es beneficiosa para la salud en adultos sanos ?” Tipo de mensaje : pregunta del público . En adultos sanos , ¿ una dieta sin gluten se asocia a un menor riesgo de enfermedades y 3 . Identificación y selección de la evidencia cientí, 1–9.

- Matos C., A., & Chambilla M., E. (2010). Importancia de la Fibra Dietética , sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana. *Revista de Investigación En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 4–17.
- Medellín, E. N., Sur, Y. E. L., Valle, D. E. L., Aburrá, D. E. L., Yepes, S. M., Johana, L., ... Sánchez, F. O. (2008). 1 ; 2 3, 61(1), 4422–4431.
- Medina, P. J. M. (2016). Análisis De Humedad, Acidez Y Gluten Húmedo En Harina De Trigo Panificable, Para Determinar Su Calidad Y Vida Úti.
- Mello, L. R. P. F., & Mali, S. (2014). Use of malt bagasse to produce biodegradable baked foams made from cassava starch. *Industrial Crops and Products*, 55, 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.015>
- Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>
- Polit, E., & Zamora, C. S. D. E. (2009). *Análisis reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda del grano de trigo.*
- Prentice, K. &. (1979). *Protein and fiber enrichment of cookie flour with brewers spent grain.*
- Requena, J. (2013). Harinas y derivados, feculas y almidones. *Innovación y Experiencias Educativas*, 4(60), 1–9.
- Robertson, J. A., I'Anson, K. J. A., Treimo, J., Faulds, C. B., Brocklehurst, T. F., Eijsink, V. G. H., & Waldron, K. W. (2010). Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. *LWT - Food Science and Technology*, 43(6), 890–896. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.019>
- Rodríguez, C. A., & Santiago, V. (2012). Producción De Biogás a Partir Del Bagazo Cervecerero. Biogas Production From Brewers Spent Grain.

- Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). *Scientia Agropecuaria*
Estudio reológico de las mezclas de harinas : trigo (*Triticum vulgare*), utilización
en la elaboración de pan Rheological study of mixed flour : wheat (*Triticum*
vulgare), barley (*Hordeum vulgare*) and potato (*Solanum tuberosum*).
- Santiago, & Poveda, D. J. (2018). *Tesis presentada como requisito para optar por el*
título de Ingeniero. Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Retrieved from
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7888/1/03 EIA 450 TRABAJO](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7888/1/03_EIA_450_TRABAJO_DE_GRADO.pdf)
DE GRADO.pdf
- Toledo, F. (2010). Determinación de Falling Number o Número de Caída, 59–62.
- UNIT. (1994). Harina de trigo. Características generales UNIT 951:94.
- Vásquez, G., & Matos, A. (2009). Evaluación de algunas características fisicoquímicas
de harina de trigo Peruano en función a su calidad panadera. *Revista de*
Investigación Universitaria, 1(1), 18–24.
- Velásquez, Y., Botini, M., & Monroy, C. (2010). Estrategias para el mejoramiento de
la productividad, 1–10.

ANEXOS

ANEXO 1. FICHA TÉCNICA DE LA FUNDA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD



Derplas
DERPLAS DERIVADOS PLÁSTICOS, S.A.
D.º Barroco - Pol. Uçarte - Fase 2 - FID-14
Tel: 94 611 54 82 - Fax: 94 671 30 91
4040 ZARATAMO (VIZCAYA)
derplas@derplas.net
www.derplas.net

FABRICACIÓN DE FILM DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

- LÁMINA RETRÁCTIL
- PLÁSTICO PARA CONSTRUCCIÓN
- PLÁSTICO PARA INDUSTRIA
- PLÁSTICO PARA AGRICULTURA
- PLÁSTICO PARA ENSILAJE
- FUNDA RETRÁCTIL




FICHA TÉCNICA POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

- **ESPESOR: 500 GALGAS (125 µm)**

<input type="checkbox"/> Propiedades Físicas	Valor	Unidad	Método
Índice de fluidez (190°C/2,16 kg)	0,3	g/10 min	ISO 1133
Densidad a 23°C	0,922	g/cm ³	ISO 1183
Temperatura de reblandecimiento Vicat (10N)	92	°C	ISO 306/A
Temperatura de congelación	-75	°C	ASTM D746

<input type="checkbox"/> Propiedades del Film	Valor	Unidad	Método
Alargamiento a la rotura			ISO 527-3
- Longitudinal	455	%	
- Transversal	655	%	
Resistencia a la tracción (punto de fluencia)			ISO 527-3
- Longitudinal	13	MPa	
- Transversal	14	MPa	
Resistencia a la tracción (punto de rotura)			ISO 527-3
- Longitudinal	27	MPa	
- Transversal	25	MPa	
Resistencia al desgarro (Elmendorf)			ISO 6383-2
- Longitudinal	40	N/mm	
- Transversal	50	N/mm	
Resistencia al impacto (Dart drop test)	250	g	ISO 7765-1
Transmisión de vapor de agua (g/m ² x 24h) 38°C 90% HR	18	g	DIN 53122

- **ALMACENAMIENTO**

Este producto se debe almacenar en un ambiente seco, temperaturas inferiores a 40°C y protegido de la radiación UV. De no cumplirse estas condiciones pueden comenzar procesos de degradación del producto, por lo que perdería las propiedades anteriormente indicadas.

NOTA: ESTE PRODUCTO ES 100% RECICLABLE



Dpto. de Calidad

ANEXO 2. FICHA TÉCNICA DEL MOLINO PARA HARINAS

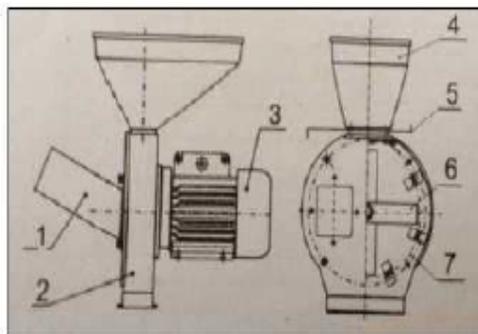
CONTENIDO DEL APARATO

Molino a motor	1
Cuchilla doble para grano/porciones	1
Pletina deslizante	1
Tamiz 0.60 mm.	1
Tamiz 1.5 mm.	1
Tamiz 3.0 mm.	1
Tamiz 5.0 mm. (montado de origen)	1
Tapa de plástico	1
Tornillos	4
Tuercas	4
Arandelas	4
Manual de Instrucciones	1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo	GME-1100
Potencia Nominal	1100 w
Voltaje	230 V - 50 Hz
Velocidad Giro	2850 rpm
Capacidad Producción	200 kg/h
Aislamiento	Tipo B
Modo Uso	S1 (Continuo)
Rango Operativo	-2 °C – 40 °C
Dimensiones	480x305x350 mm.
Peso	19 kg.

DIAGRAMA OPERATIVO



1	Tobera alimentación porciones
2	Tambor principal
3	Motor
4	Tolva alimentación grano
5	Pletina deslizante
6	Cuchilla
7	Tamiz

MODO DE EMPLEO

Seleccione una superficie de trabajo cómoda y estable alejada de cualquiera de los elementos de riesgo mencionados en el apartado anterior y utilice los medios de fijación suministrados con el aparato para dejarlo firmemente anclado.

1. Para moler grano, monte el tamiz con el grosor de salida deseado, cierre completamente el paso del grano desplazando hacia la dcha. la pletina deslizante que regula la alimentación y coloque bajo el tamiz una bolsa o recipiente donde recoger la molienda.
2. Cargue la tolva de grano cuidando de separar del mismo cualquier elemento extraño que pueda dañar la cuchilla o atascar el mecanismo.
3. Seguidamente conecte el aparato, déjelo funcionar en vacío unos instantes para que adquiera su velocidad óptima de trabajo y abra el paso del grano a voluntad desplazando la pletina deslizante hacia la izda. y recargando la tolva a medida que ésta se vaya vaciando.

La capacidad de trabajo del aparato y por tanto el ritmo con que va admitiendo el grano van a depender del tipo de grano y de la textura de salida deseada, de modo que cuanto más fino sea el tamiz seleccionado más tiempo requerirá el grano en el tambor para alcanzar la textura deseada, lo que en ocasiones puede requerir limitar la entrada de grano mediante la pletina reguladora.

Procure no sobrecargar de grano el tambor, pues un exceso de carga podría afectar a la velocidad de giro del mecanismo e incluso llegar a bloquearlo causando daños al aparato.

4. Una vez comprobado que se ha procesado todo el grano deseado, tanto el de la tolva como el que pudiera quedar todavía en el tambor, desconecte el aparato y cierre la pestaña reguladora.
5. Para triturar mazorcas, pan u otros alimentos en porciones repita los mismo pasos, sólo que esta vez, en lugar de cargar grano a través de la tolva, deberá mantener cerrada la pestaña reguladora y retirar en cambio la tapa de la tobera de alimentación lateral, introduciendo por ésta las porciones de alimento a medida que vayan siendo trituradas.

ANEXO 3. FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIAS

INSTRUCCIONES: Marque con una X en el casillero en el que corresponda su calificación de acuerdo a las distintas características organolépticas a evaluarse.

FECHA:
N.º DE CATADOR.....

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS				
		T1	T2	T3	T4	T5
CORTEZA	Excelente					
	Buena					
	Regular					
	Mala					
AROMA	Excelente					
	Buena					
	Regular					
	Mala					
SABOR	Excelente					
	Buena					
	Regular					
	Mala					
TEXTURA	Excelente					
	Buena					
	Regular					
	Mala					
OBSERVACIONES:						

ANEXO 4. NORMA TÉCNICA INEN 616

Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HARINA DE TRIGO REQUISITOS	NTE INEN 616:2015 Cuarta revisión 2015-01
--------------------------------------	-------------------------------	--

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo destinadas al consumo humano y al uso en la elaboración de otros productos alimenticios.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias con fecha, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier enmienda).

NTE INEN 517, *Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de partículas*

NTE INEN 520, *Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza*

NTE INEN 521, *Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable*

NTE INEN 525, *Determinación del bromato de potasio en harinas blanqueadas y en harina integral (Método cualitativo y cuantitativo)*

NTE INEN 1334-1, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos*

NTE INEN 1334-2, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos*

NTE INEN 1334-3, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 3. Requisitos para declaraciones nutricionales y declaraciones saludables*

NTE INEN 1529-8, *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E.coli*

NTE INEN 1529-10, *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad*

NTE INEN-CODEX 192, *Norma general del Codex para los aditivos alimentarios (Mod)*

5. REQUISITOS

5.1 Generalidades

La harina de trigo debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Estar exenta de cualquier peligro físico, químico o biológico que afecte la inocuidad del producto,
- b) Tener un olor y sabor característico del grano de trigo molido.

5.2 Requisitos físicos y químicos

Para efectos de esta norma deben cumplirse los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo

REQUISITOS	Unidad	Pastificios	Panificación	Pastería y galletería	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad, máximo	%	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	15,0	NTE INEN-ISO 712
Proteína (materia seca)*, mínimo	%	10,5	10	7	7	9	11	NTE INEN-ISO 20483
Cenizas (materia seca), máximo	%	0,85	1	0,8	3,5	0,8	2,0	NTE INEN-ISO 2171
Acidez (expresado en ácido sulfúrico), máximo	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	NTE INEN 521

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para la harina de trigo

REQUISITO	UNIDAD	Caso	n	c	m	M	MÉTODO DE ENSAYO
Mohos y levaduras	UFC/g	5	5	2	1×10^3	1×10^4	NTE INEN 1529-10 AOAC 997.02*
<i>E. Coli</i>	UFC/g	5	5	2	< 10	-	NTE INEN 1529-8 AOAC 991.14*

* Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.

donde

- n Número de muestras del lote que deben analizarse,
- c Número de muestras defectuosas aceptables,
- m Límite de aceptación,
- M Límite de rechazo.

5.7 Contaminantes

La harina de trigo debe ser elaborada con granos de trigo que cumpla los niveles máximos de contaminantes establecidos en la Tabla 3 y Tabla 4, según la NTE INEN-CODEX 193.

TABLA 3. Metales pesados en granos de trigo

Metal	Nivel máximo mg/kg
Cadmio	0,2
Plomo	0,2

El análisis de contaminantes para fines de control de calidad puede realizarse de acuerdo a los métodos indicados en la NTE INEN-CODEX STAN 228.

TABLA 4. Micotoxinas en granos de trigo

Micotoxina	Nivel máximo µg/kg
Ocratoxina A	5

ANEXO 5. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Se determinó en base a la norma AOAC 925.10 y correspondió al porcentaje de humedad. $\%H_{bh} = \frac{\text{Peso del crisol} + \text{Peso de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso de la muestra}}$

DETERMINACIÓN DE CENIZAS

La determinación de cenizas se realizó con base en la norma AOAC 923.03 que corresponde en el cociente de los pesos del residuo calcinado sobre el de la muestra.

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

DETERMINACIÓN DE LA PROTEÍNA

Se determinó la proteína mediante la norma AOAC 920.87 con el método de Kjeldahl y se multiplicara por el factor estándar $F=6,25$ usado para la mayoría de proteínas.

$$\%Proteína = \%N \times F$$

DETERMINACIÓN DE LA FIBRA

El porcentaje de fibra cruda se determinó por el método AOAC 978.10

$\%Fibra\ Cruda = \frac{P\acute{e}rdida\ de\ peso\ (seco - calcinado)}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100$

DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO ETÉREO

Se determinó la grasa por el método Soxhlet en base a la norma AOAC 920.85

$\%ET = \frac{Peso\ crisol + grasa - Tara\ crisol}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100$.

DETERMINACIÓN DE GLUTEN

Uno de los métodos aprobados internacionalmente para la determinación de la calidad del gluten es el Gluten Index. El método consiste en utilizar 10g de harina y 4.8 ml de solución acuosa de NaCl se mezclan durante 20s, acto seguido se separa el gluten húmedo automáticamente por lavado con una solución acuosa al 2% en NaCl (caudal 50 – 60 ml/min.) durante 5 minutos, se utiliza tamices ya sea metálico de 80 μ o de poliéster de 88 μ para el caso de harinas.

Para el caso de trigo se lava la masa durante dos minutos en tamiz de 88 μ y luego durante tres minutos sobre un tamiz de poliamida de 840 μ para eliminar el afrecho, luego se somete a centrifugación durante un minuto.

Hay una parte de gluten que atraviesa el tamiz por efecto de la centrifugación al que se recoge con una espátula y se pesa, el gluten que permanece sobre el tamiz se toma con una pequeña pinza y también se pesa.

La suma es el dato que nos permite obtener el porcentaje de gluten húmedo, a la relación peso del gluten que pasa la malla y el gluten retenido sobre el tamiz se denomina como gluten índice ⁽¹⁾. Ver ecuación 1.1.

Para facilitar la interpretación de estos datos, el gluten Index se caracteriza sobre una escala de 0 a 100 como rígido (corto) o débil (expansible).

Cuando el gluten sea muy débil, como resultado de los tipos de trigo o debido a daño por insectos en el campo y por efectos del proceso de molienda en ciertas circunstancias puede ocurrir que todo el gluten atraviese el tamiz. En este caso, el gluten índice corresponde a cero. Cuando nada de gluten atraviesa el tamiz el gluten índice corresponde a 100.

La siguiente ecuación determina el porcentaje de gluten índice.

$$gluten\ index = \frac{gluten\ residual\ sobre\ el\ tamiz(g)}{gluten\ global} * 100 \quad Ec\ 1.1$$

Ecuación. Determinación del Índice de gluten según H. Perten.

El método propuesto por Harold Perten, proporciona buenos resultados referente a la calidad del gluten en comparación con otro método desarrollado con el mismo fin.

RECUESTO TOTAL DE BACTERIAS AERÓBICAS MESÓFILAS.

El método utilizado es el de placa vertida y se utiliza para estimar el número de bacterias heterótrofas. Las colonias pueden formarse de células individuales, de bacterias en pares, cadenas o agrupaciones, razón por la cual están incluidas en el término “Unidades formadoras de colonias” (UFC) Procedimiento:

1. Transferir, con espátula estéril, 25 g de la muestra de harina de trigo a un Erlenmeyer con 225 mL de agua peptonada - bufferada pH=7.2 esta es la disolución 10-1.
2. Homogenizar la dilución en el agitador de alimentos a 300 rpm por 30 segundos.

3. Usando pipetas estériles preparar las diluciones de 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} de la siguiente manera. Pipetear 10mL y adicionarlo en un frasco que contiene 90 mL de agua peptonada bufferada pH 7.2 y se tiene la dilución 10^{-2} . De la dilución 10^{-2} pipetear 10mL y adicionarla en un frasco que contiene 90mL de agua peptonada bufferada pH 7.2 y se tienen la dilución 10^{-3} De la dilución 10^{-3} pipetear 10mL y adicionarla en un frasco que contiene 90ml de agua peptonada bufferada pH 7.2 y se tienen la dilución 10^{-4}
4. Agitar todas las diluciones. Evitando la formación de espuma.
5. Pipetear, por duplicado, 1mL de cada dilución en cajas de petri estériles y debidamente rotuladas.
6. Añadir 12 -15 mL de agar plate count (fundido y previamente enfriado a $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) dentro de cada placa.
7. Inmediatamente mezclar las diluciones de las muestras y el medio uniformemente por rotación alterna de las placas de petri, en movimiento de ocho, sobre una superficie plana (técnica del ocho).
8. Dejar solidificar las placas e incubarlas invertidas a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 horas.
9. Contar, las colonias pequeñas ubicadas en el centro del medio utilizando el contador de colonias, presentes en cada placa y expresar el resultado como UFC/g.

Cálculos: Para calcular el número de colonias, se multiplica el promedio del número de colonias contadas por el factor de dilución (inverso de la dilución).

Ej . dilución 10^{-1} , factor de dilución: 10 Para reportar el resultado: Sí las placas de todas las diluciones, no presentan colonias, reportar como menor de una vez el recíproco de la dilución más baja. Ej. Sí hemos usado las diluciones 10^{-1} 10^{-2} y 10^{-3} (Reportar de una vez $10 \times 1 = 10$ UFC/g) . Criterios de aceptación. Para el recuento se aceptan las cajas que contengan de 30 -300 colonias/g usando un cuenta colonias de Québec.

RECUESTO TOTAL DE MOHOS Y LEVADURAS:

Procedimiento:

- 1- Transferir, con espátula estéril, 25g de la muestra de harina de trigo a un erlenmeyer con 225mL de agua peptonada-bufferada pH 7.2 esta es la dilución 10⁻¹
- 2- Homogenizar la dilución en el agitador de alimentos de 400 a 300 rpm, por 30 segundos.
- 3- Usando pipetas estériles, preparar diluciones decimales de 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴.
- 4- Agitar todas las diluciones, evitando formación de espuma.
- 5- Pipetear, por duplicado, 1 mL de cada dilución en las cajas de Petri estériles y debidamente rotuladas.
- 6- Añadir de 12 – 15 mL de Agar Papa Dextrosa acidificado con solución de ácido tartárico al 10% (fundido y previamente enfriado a 45 °C ± 1°C) dentro de cada placa de petri.
- 7- Inmediatamente mezclar las diluciones de las muestras y el medio uniformemente por rotación alterna de las placas de petri, en movimientos de ocho, sobre una superficie plana (técnica del ocho).
- 8- Dejar solidificar las placas, e incubarlas invertidas a 25 °C ± 1°C por 5 días.
- 9- Contar el crecimiento en las placas después de 5 días de incubación.
- 10- Utilizar el contador de colonias para hacer el recuento del número de unidades formadoras de colonias (UFC), presentes en cada placa y expresar el resultado como UFC / g. Cálculos y Criterio de Aceptación

RECUESTO DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES.

DETECCIÓN DE ESCHERICHIA COLI.

PROCEDIMIENTO:

- 1- Transferir, con espátula estéril, 25g de la muestra de harina de trigo a un erlenmeyer con 225 mL de agua peptonada- bufferada pH 7.2, esta es la dilución 10⁻¹ .
- 2- Homogénizar la disolución en el agitador 400-300 rpm, por 30 segundos.
- 3- Usando pipetas estériles, preparar diluciones decimales de 10⁻², 10⁻³ y 10⁻⁴(ver recuento total de bacterias aeróbicas).
- 4- Agitar todas las diluciones. Evitando la formación de espuma.
- 5- Pipetear por duplicado, 1mL de cada dilución en las cajas de petri estériles y debidamente rotuladas.
- 6- Añadir 10 mL de Agar VRBA (Agar Rojo Violeta Bilis) fundido y previamente enfriado a 45°C ± 1°C dentro de cada placa de petri.
- 7- Inmediatamente mezclar las diluciones de las muestras y el medio uniformemente por rotación alterna de las placas de petri, en movimientos de ocho, sobre una superficie plana (técnica del ocho).
- 8- Dejar solidificar las placas.
- 9- Añadir 5mL de Agar VRBA sobre cada una de las placas ya solidificadas esto es para prevenir el crecimiento de colonias sobre la superficie del medio.
- 10- Invertir las placas e incubarlas 35°C ±1°C por 18 – 24 horas.
- 11- Examinar las placas bajo lentes de aumento utilizando un contador de colonias y con iluminación. Contar las colonias rojo púrpura que son de 0,5 mm o de diámetro un poco mayor y están rodeadas por una zona de precipitado ácido bilis. Las placas deben mostrar un crecimiento de 25 a 250 colonias/g
- 12- Utilizar el contador de colonias, para hacer el recuento del número de unidades formadoras de colonias (UFC), presentes en cada placa y expresar los resultados como UFC/g.

13- Para confirmar la presencia de coliformes totales y coliformes fecales en las placas, tomar al menos 10 colonias presuntivas como coliformes totales y transferir a un tubo de caldo LMX y a caldo Ec (para coliformes fecales).

14- Incubar los tubos de caldo LMX a 35 °C. examinar a 24 y 48 horas, el cambio de color del medio a Azul-Verdoso, determina el número de coliformes por gramo multiplicando el número de colonias sospechosas por el porcentaje. Confirmando en el caldo por factor de dilución.

15- Incubar los tubos de caldo EC a 44.5 °C. Examinar a 24 horas y 48 horas para observar formación de gas, que indica presencia de coliformes fecales.

16- Confirmar la presencia de *Escherichia coli*, sembrando una asada de los tubos positivos de LMX o EC en placas con medio EMB, por el método de estrías. Prueba positiva es el crecimiento de colonias verdes brillantes.