



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA
COMO INSUMO EN LA ELABORACIÓN DE UNA BARRA DE
CEREALES ALTA EN FIBRA.**

**Tesis presentada como requisito para optar por el título de Ingeniero
Agroindustrial**

AUTOR: Santiago David Jurado Poveda

DIRECTOR: Ing. Ángel Satama MSc

Ibarra-Ecuador

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**“APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA
COMO INSUMO EN LA ELABORACIÓN DE UNA BARRA DE
CEREALES ALTA EN FIBRA”**

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

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

FIRMA

Ing. Ángel Satama MSc

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Holguer Pineda MBA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Lucía Toromoreno MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jimmy Nuñez MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

[Handwritten signatures in blue ink over dotted lines]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100344874-1
APELLIDOS Y NOMBRES:	Jurado Poveda Santiago David
DIRECCIÓN:	Cristóbal Gomezjurado 3-138 y Luis Alfonso Moreno
EMAIL:	satoecuador@gmail.com
TELÉFONO MÓVIL	0993768784
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA COMO INSUMO EN LA ELABORACIÓN DE UNA BARRA DE CEREALES ALTA EN FIBRA”
AUTOR:	Jurado Poveda Santiago David
FECHA:	2018-01-12
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
DIRECTOR:	Ing. Ángel Satama MSc

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

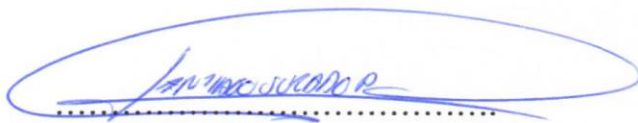
Yo, Santiago David Jurado Poveda, con cédula de identidad 100344874-1, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. 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 12 días del mes de enero del 2018

Autor

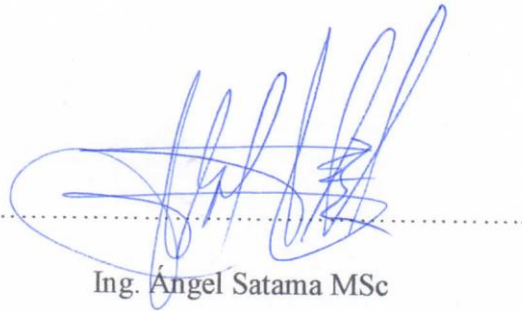


Jurado Poveda Santiago David

C.C. 100344874-1

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Santiago David Jurado Poveda, con cedula de ciudadanía 100344874-1, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Ángel Satama MSc

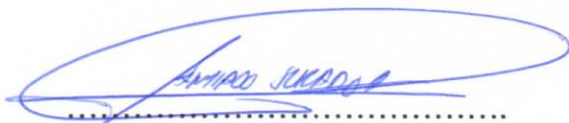
DIRECTOR DE TESIS

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

Yo, Santiago David Jurado Poveda, con número de cédula de identidad Nro. 1003448741, manifesté mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra de grado denominado: **“APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA COMO INSUMO EN LA ELABORACIÓN DE UNA BARRA DE CEREALES ALTA EN FIBRA”**, que ha sido desarrollado para optar por 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 antes 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 12 días del mes de enero del 2018

Autor



Jurado Poveda Santiago David


C.C. 100344874-1

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 12 días del mes de enero del 2018

Autor



Jurado Poveda Santiago David

C.C. 100344874-1

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Sonia Poveda y Marcelo Jurado quienes han sido el pilar fundamental en este largo caminar, para ellos este triunfo.

A mi hermano Marcelo por ser participe y consejero en las buenas y malas.

Al excelente equipo de docentes de la Carrera de Agroindustria.

A Adri, por la paciencia y apoyo incondicional en este proyecto...

Para ellos, mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

Al Universo infinito...

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	iii
RESUMEN.....	iv
SUMMARY	v
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5 HIPÓTESIS	4
1.5.1 HIPÓTESIS NULA	4
1.5.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	4
CAPÍTULO II	5
2.1 RESIDUOS EN LA AGROINDUSTRIA	5
2.1.1 CLASIFICACIÓN.....	6
2.1.2 RESIDUOS SECOS	6
2.1.3 RESIDUOS HÚMEDOS.....	7
2.1.4 COMPOSICIÓN GENERAL DE RESIDUOS	7
2.1.5 RENDIMIENTO ANUAL	9
2.2 GESTIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	10

2.2.1 TRATAMIENTO A LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	10
2.2.2 POTENCIAL DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	11
2.2.3 APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	11
2.2.4 INDUSTRIA CERVECERA EN EL MUNDO Y EN EL ECUADOR	12
2.2.5 RESIDUOS DE LA INDUSTRIA CERVECERA	13
2.2.6 GENERACIÓN DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA	15
2.3 BAGAZO DE MALTA DE CEBADA	16
2.3.1 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA	16
2.3.2 DETERIORO DEL BAGAZO DE MALTA DE MALTA DE CEBADA.....	17
2.3.3 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	18
2.3.4 POTENCIAL AGROINDUSTRIAL	18
2.3.5 BAGAZO DE MALTA DE CEBADA COMO INSUMO ALIMENTICIO.....	20
2.4 BARRAS DE CEREALES	21
2.4.1 CLASIFICACIÓN Y PERFIL NUTRICIONAL.....	22
2.4.2 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.....	24
2.4.3 TEXTURA EN BARRAS DE CEREALES	26
2.4.4 OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA TEXTURA EN LA BARRA DE CEREALES.....	27
CAPÍTULO III.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 LOCALIZACIÓN.....	28
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	29
3.2.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	29

3.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO.....	29
3.3 MÉTODOS	29
3.3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA SECO	29
3.3.2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.3.3 FACTOR EN ESTUDIO.....	31
3.3.4 TRATAMIENTOS	31
3.3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	32
3.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.....	32
3.3.7 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	32
3.3.8 ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
3.3.9 VARIABLES EVALUADAS	32
3.3.10 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	34
CAPITULO IV.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA SECO MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	40
4.2 DETERMINACIÓN DE RESULTADOS DE LAS VARIABLES	41
4.2.1 TEXTURA	42
4.2.2 FIBRA CRUDA	43
4.3 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LA BARRA DE CEREALES	46
CÁPITULO V	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
CONCLUSIONES	51

RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	53
ANEXOS	59
ANEXO 1: ARBOL DE PROBLEMAS	59
ANEXO 2: BALANCE DE MATERIALES DEL EXPERIMENTO.....	60
ANEXO 3: DATOS DE VARIABLES EVALUADAS (TEXTURA Y FIBRA)	61
ANEXO 4: NTE INEN 2595:2011 GRANOLAS.REQUISITOS.....	63
ANEXO 5: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL.....	69
ANEXO 6: ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL BAGAZO	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales componentes de residuos lignocelulósicos.....	9
Tabla 2. Estimación de residuos alimenticios con respecto a la ubicación geográfica.....	10
Tabla 3. Tratamiento a los residuos agroindustriales	10
Tabla 4. Comparativa entre harina de trigo y bagazo de malta de cebada.....	17
Tabla 5. Potenciales usos del bagazo de malta de cebada.....	19
Tabla 6. Propiedades de la harina de bagazo de malta de cebada en los alimentos	21
Tabla 7. Localización del experimento	28
Tabla 8. Análisis de las características fisicoquímicos del bagazo de malta	30
Tabla 9. Descripción de los tratamientos a evaluarse	31
Tabla 10. Esquema del adeva.....	32
Tabla 11. Análisis fisicoquímicos en la barra de cereales alta en fibra	33
Tabla 12. Análisis microbiológico	33
Tabla 13. Tabla análisis sensorial	33
Tabla 14. Resultados de la caracterización del bagazo	40
Tabla 15. Adeva del parámetro de textura en la barra	42
Tabla 16. Prueba de tukey 5% para textura en la barra.....	42
Tabla 17. Adeva del parámetro de fibra cruda en la barra	44
Tabla 18. Prueba de tukey 5% para textura en la barra.....	44
Tabla 19. Resultados de análisis fisicoquímicos a la barra de cereales	49
Tabla 20. Resultados de análisis fisicoquímicos a la barra de cereales	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de la celulosa, hemicelulosa y lignina en materiales lignocelulósicos.	8
Figura 2. Principales residuos de la industria cervecera	13
Figura 3. Principales residuos en el proceso de elaboración de cerveza artesanal	14
Figura 4. Origen del bagazo de malta de cebada	15
Figura 5. Tejidos fibrosos de las capas superficiales del grano de malta de cebada vistas al microscopio.	16
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de barras de cereales ...	34
Figura 7. Textura en la barra de cereales	43
Figura 8. Fibra cruda en la barra de cereales	45
Figura 9. Resultado parámetro color (cualitativo)	46
Figura 10. Resultado parámetro olor (cualitativo)	47
Figura 11. Resultado parámetro sabor (cualitativo).....	47
Figura 12. Resultado parámetro sabor (cualitativo).....	48
Figura 13. Resultado parámetro aceptabilidad (cualitativo)	49

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Recepción de materia prima.....	35
Fotografía 2. Prensado del bagazo.....	35
Fotografía 3. Secado del bagazo.....	36
Fotografía 4. Molturación del bagazo seco.....	36
Fotografía 5. Mezclado de componentes de la barra de cereales	37
Fotografía 6. Moldeado y laminado de las barras de cereales	37
Fotografía 7. Horneado de las barras de cereales	38
Fotografía 8. Cortado de las barras de cereales	38
Fotografía 9. Enfriado a temperatura ambiente	39
Fotografía 10. Empacado al vacío en fundas de polietileno de baja densidad	39

RESUMEN

El bagazo de malta de cebada es uno de los residuos del proceso de elaboración de cerveza artesanal, de bajo costo y alta disponibilidad, es una fuente potencial para la utilización alimentaria e industrial. Por sus características composicionales, posee el potencial para ser una materia prima de alto valor biológico y nutricional. La demanda de la cerveza artesanal exige implementar un sistema de gestión para aprovechar la cantidad de residuos y buscar alternativas, tratamientos y usos de estos. Se elaboró una barra de cereales con alto contenido de fibra (característica principal del bagazo de malta de cebada) de acuerdo a una fórmula base.

Se ejecutó la propuesta “Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra” en la que se aplicó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A) con arreglo factorial $A \times B$ en donde el factor A corresponde a la Sustitución de hojuelas de trigo por bagazo de malta de cebada en la barra de cereales y el factor B, la temperatura de horneado ($^{\circ}\text{C}$) de las barras de cereales. Las variables evaluadas en esta investigación fueron fibra cruda y textura, se evaluó la significancia en los tratamientos mediante la prueba de Tukey (5%). En el análisis sensorial se realizó la prueba de Friedman, resultando los mejores tratamientos T5, T6 y T7 ya que presentaron mejores características cualitativas (color, olor, sabor, textura y aceptabilidad), posteriormente se realizó el análisis fisicoquímico y microbiológico de las barras de cereales de los tratamientos antes mencionados.

SUMMARY

The barley malt bagasse is one of the residues of the craft brewing process. With low cost and high availability, it is a potential source for food and industrial use. Due to its compositional characteristics, it has the potential to be a raw material of high biological and nutritional value. The demand for craft beer requires implementing a management system to take advantage of the amount of waste and look for alternatives, treatments and uses of these. A cereal bar with a high fiber content (main characteristic of the barley malt bagasse) was elaborated according to a base formula.

The proposal "Use of barley malt bagasse as an input in the elaboration of a high-fiber cereal bar" was implemented, in which a Completely Random Design (DCA) was applied with factorial arrangement AxB where the factor A corresponds to Replacement of wheat flakes with bagasse of barley malt in the cereal bar and factor B, the baking temperature (°C) of the cereal bars. The variables evaluated in this investigation were raw fiber and texture, the significance in the treatments was evaluated by the Tukey test (5%). In the sensory analysis the Friedman test was performed, resulting in the best treatments T5, T6 and T7 since they presented better qualitative characteristics (color, odor, taste, texture and acceptability), later the the physicochemical and microbiological analysis of the cereal bars of the treatments was carried out.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

Los residuos se producen continuamente durante la fabricación de alimentos y la elaboración de cerveza artesanal no es una excepción. En el mundo actual en la búsqueda de formas para aumentar la eficiencia de sus procesos, los fabricantes de cerveza artesanal también son desafiados por mantener los costos bajos y la búsqueda de distintas maneras para aumentar la eficiencia de sus procesos para así obtener más valor de sus procesos de la línea de fondo.

La industria de la cervecería artesanal se está incrementando en todo el país debido a la demanda existente por las características sensoriales que posee esta bebida; según SECA (Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales), este “boom” se observa hace ya algún tiempo y se prevé una tendencia al incremento en los próximos años.

La creciente demanda de esta bebida es beneficiosa tanto para los partícipes directos e indirectos de esta cadena productiva de la industria de cerveza artesanal; el consumo mundial de esta bebida 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 gestionan su correcto tratamiento o uso.

En la industria cervecera artesanal la mayor cantidad de residuo del proceso (alrededor del 85%) es el bagazo de malta de cebada, el cual proviene de la filtración de la malta de cebada luego de la cocción de la misma en el proceso de elaboración de cerveza artesanal. En su composición presenta excelentes características en cuanto al contenido de proteína y sobre todo fibra, razón por la cual puede ser empleado en la industria de los alimentos tanto para consumo humano, así como también animal.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La producción de esta industria crece en un 20% por año desde el 2011 y se posiciona en el Ecuador por lo cual el bagazo de malta de cebada está disponible en grandes cantidades durante todo el año, según Ramírez (2015). La tendencia actual de las industrias es la autosustentabilidad y la industria de cerveza artesanal tiene gran potencial en lo que respecta al aprovechamiento de la principal materia prima de su proceso de elaboración.

La cervecería artesanal CARAN produce cerveza artesanal desde el 2015 y ha tenido importante acogida en el mercado local de la ciudad de Ibarra, siendo una de las pioneras de esta industria en la zona.

No se han elaborado productos a partir de un residuo razón por la que en la presente investigación se propuso dar un uso comercial del bagazo de malta de cebada asignándole valor agregado y rentabilidad empresarial del mismo siguiendo un proceso transformativo que lo vuelva apto e inocuo en la nutrición humana, así también se trata de propiciar el consumo de productos funcionales altos en fibra, nutriente no muy frecuente en nuestra dieta diaria.

Por otro lado debido a su importante contenido de proteína este residuo también puede ser aprovechado en otras alternativas.

Además, es un primer aporte para resolver la problemática de gestión de residuos de esta industria que en un futuro deberán implementar.

La transformación de estos residuos en productos con valor agregado da una gran oportunidad de alcanzar objetivos en términos de consideración económica, práctica e innovación de un potencial producto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Aprovechar el residuo de la producción de cerveza artesanal bagazo de malta de cebada para la elaboración de una barra de cereales alta en fibra.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el bagazo de malta de cebada seco mediante análisis fisicoquímicos.
- Evaluar el bagazo de malta de cebada en distintos porcentajes como sustituto del componente de la barra de cereales (hojuelas de trigo) y la temperatura de horneado en la misma.
- Evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de la barra de cereales.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 HIPÓTESIS NULA

La cantidad de bagazo de malta de cebada en la formulación y la temperatura de horneado no influyen significativamente en las características fisicoquímicas (%fibra y textura) de la barra de cereales alta en fibra.

1.5.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

La cantidad de bagazo de malta de cebada en la formulación y la temperatura de horneado influyen significativamente en las características fisicoquímicas (%fibra y textura) de la barra de cereales alta en fibra.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 RESIDUOS EN LA AGROINDUSTRIA

Las industrias provenientes de los sectores agrícola, pecuario y consumo en su mayor parte de la historia han sido ambientalmente benignas. La actividad industrial siempre ha dado lugar a algún tipo de contaminación, ya se trate de residuos sólidos, aguas residuales o contaminación gaseosa (Singh Nee Nigam & Pandey, 2009).

Los residuos agroindustriales se generan durante la transformación industrial de productos agrícolas o animales. Los que se derivan de actividades agrícolas incluyen materiales como: paja, rastrojos, tallo, hojas, cáscara, pelusas, semillas, pulpa o corteza de frutas, legumbres y cereales (arroz, trigo, maíz, sorgo, cebada, etc.), bagazo generadas a partir de caña de azúcar, afrecho de malta de cebada, molienda de sorgo dulce, corteza de café, y muchos otros (Solange I Mussatto, Ballesteros, Martins, & Teixeira, 2012).

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, las

agroindustrias tienen la obligación de proponer alternativas para su aprovechamiento y mitigar la contaminación.

El incremento en los costos de los insumos alimenticios ha provocado una fuerte preocupación de los productores agroindustriales y emprendedores, los cuales proponen nuevas alternativas de reutilización de los residuos, como materias primas alimenticias alternativas a menor costo y de buen valor nutritivo (Fernández Mayer, 2014).

2.1.1 CLASIFICACIÓN

Los residuos agroindustriales son de una amplia variedad de tipos, por tanto, las tecnologías de conversión de estos en energía más adecuadas, y los protocolos de manipulación varían igualmente. La división más significativa es entre aquellos residuos que son predominantemente secos (paja o rastrojos) y los que están húmedos como los residuos animales y provenientes de la agroindustria (cortezas de frutas, sangre, suero, etc).

2.1.2 RESIDUOS SECOS

Éstos incluyen las partes de los cultivos herbáceos, producto de la cosecha, podas y mantenimiento de cultivos y jardines.

2.1.2.1 Cultivo de campo y semillas

Los residuos de cultivos de campo y de semillas son los materiales que quedan por encima del suelo después de la cosecha, incluyendo paja o rastrojo de cebada, frijoles, avena, arroz, centeno y trigo; tallos, semilla de algodón, sorgo, soja y alfalfa.

Este material casi no contiene humedad por la razón que son los residuos más fáciles de gestionar (Singh nee' Nigam, Gupta, & Anthwal, 2009).

2.1.2.2 Cultivo de frutas y nueces

Estos residuos incluyen podas y rastrojos de huertos. Los residuos de frutas y nueces provienen de: manzanas, albaricoques, aguacates, cerezas, pomelos, uvas, limones, limas, aceitunas, naranjas, melocotones, peras, almendras, avellanas, ciruelas pasas, pasas, dátiles higos (Singh nee' Nigam et al., 2009).

2.1.2.3 Cultivos de vegetales

Los residuos de cultivos vegetales consisten principalmente en viñas y hojas que permanecen en el suelo después de la cosecha. Los tipos de cultivos vegetales incluyen plantas tales como alcachofas, espárragos, pepinos, lechuga, melón, patatas, calabaza y tomates (Singh nee' Nigam et al., 2009).

2.1.2.4 Cultivo en vivero

Los residuos de cultivos de vivero incluyen las podas y recortes extraídos de las plantas durante su crecimiento y en la preparación para el mercado. Hay más de 30 especies diferentes de cultivos de vivero (por ejemplo, flores como las rosas, plantas de interior y vegetales cultivados en invernadero etc.) y todas producen por lo menos un 25% de su peso en residuos (podas y cortes) (Singh nee' Nigam et al., 2009).

2.1.3 RESIDUOS HÚMEDOS

Este tipo de residuos se caracteriza por tener una humedad que sobrepasa el 25% p/p.

Éstas incluyen:

1. Efluentes líquidos, sólidos y gaseosos provenientes de agroindustria
2. Suspensión animal (estiércol, orines, sangre, y demás fluidos corpóreos)
3. Ensilaje de hierba

El ensilaje es la biomasa forrajera cosechada y fermentada para uso como forraje de invierno para el ganado bovino y ovino. El ensilaje de pasto se cosecha en el verano y se almacena anaeróbicamente en una abrazadera de ensilaje bajo láminas de plástico (Singh nee' Nigam et al., 2009).

2.1.4 COMPOSICIÓN GENERAL DE RESIDUOS

La acumulación de este tipo de biomasa en grandes cantidades cada año no solamente acelera el deterioro del medio ambiente, sino también la pérdida de material potencialmente valioso que se puede procesar o dar un tratamiento para

producir varios productos de valor añadido, como alimentos, combustible y una variedad de productos químicos y biotecnológicos.

Gran parte de los residuos agroindustriales se componen principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, denominados materiales lignocelulósicos, estas tres fracciones están estrechamente asociadas entre sí, constituyendo el complejo celular de la biomasa vegetal, y formando una estructura compleja que actúa como barrera protectora contra la destrucción celular por bacterias y hongos. Básicamente, la celulosa forma un esqueleto que está rodeado de hemicelulosa y lignina (Solange I Mussatto et al., 2012).

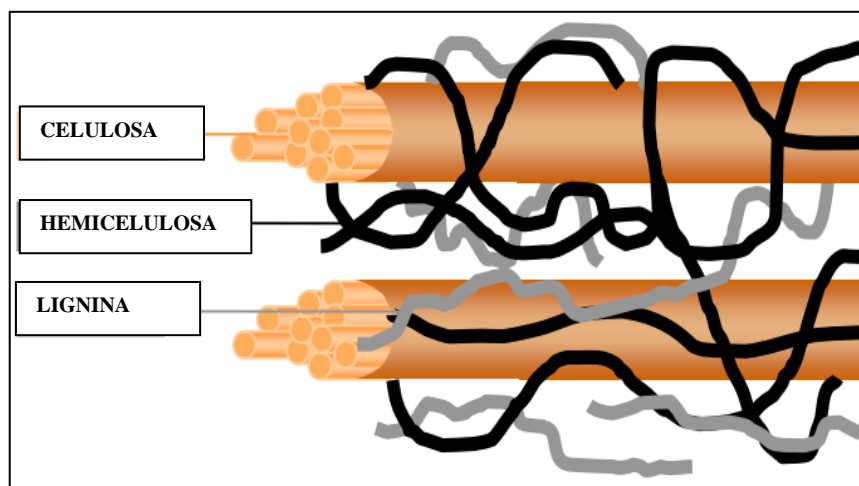


Figura 1. Representación esquemática de la celulosa, hemicelulosa y lignina en materiales lignocelulósicos.

Fuente: Solange I Mussatto et al., (2012)

La celulosa y la hemicelulosa, constituyentes principales de estos residuos, se pueden denominar recursos valiosos por una serie de razones, por sus propiedades y composición química y debido a que pueden ser bioconvertidos para la producción de varios productos con valor agregado (Singh Nee Nigam & Pandey, 2009).

Tabla 1. Principales componentes de residuos lignocelulósicos

Residuos lignocelulósicos	Celulosa p/p%	Hemicelulosa p/p%	Lignina p/p%
Rastrojo de cebada	33,8	21,9	13,8
Mazorcas de maíz	33,7	31,9	6,1
Tallos de maíz	35,0	16,8	7,0
Tallos de algodón	58,5	14,4	21,5
Rastrojo de avena	39,4	27,1	17,5
Rastrojo de arroz	36,2	19,0	9,9
Rastrojo de centeno	37,6	30,5	19,0
Pajuela de soya	34,5	24,8	19,8
Bagazo de caña de azúcar	40,0	27,0	10,0
Rastrojos de girasol	42,1	29,7	13,4
Rastrojos de trigo	32,9	24,0	8,9

Fuente: Singh Nee Nigam & Pandey, (2009)

2.1.5 RENDIMIENTO ANUAL

Los residuos agroindustriales son una fuente de energía ideal si los dos componentes pueden ser separados o tratados con éxito. Más de 300 millones de toneladas de lignocelulosa se producen anualmente en todo el mundo.

En el Reino Unido hay casi 2 millones de hectáreas de trigo y 1 millón de hectáreas de cebada. Más de medio millón de hectáreas de colza oleaginosa, que en general es arada, en parte por ser muy friable y que no se presta convenientemente a la recolección. Las áreas más pequeñas de avena (100.000 ha), centeno (9.000 ha) y triticale (cruza trigo-centeno) (13.000 ha), todo lo cual puede dar paja.

En el Reino Unido, debido a la insuficiente calidez del verano para madurar completamente el grano, la mayoría de la producción de maíz (alrededor de 100.000 ha) se cultiva como forraje y se utiliza para el ensilaje de alta calidad, con sólo 2.500 ha para el grano, en el extremo sur de Inglaterra (Singh nee' Nigam et al., 2009).

En la siguiente tabla podemos denotar la cantidad estimada de algunos residuos provenientes de la agroindustria:

Tabla 2. Estimación de residuos alimenticios con respecto a la ubicación geográfica

Cadena de alimentos	Volumen disponible (toneladas / año)	Región
Orujo de oliva	2881500	En todo el mundo
Residuo del aceite vegetal	50000-100000	Reino Unido
Orujo de tomate	4000000	Europa
Pajuela/rastrojos de trigo	57000	USA
Bagazo de malta de cebada	30000	En todo el mundo
Cáscara de papa	70-140	En todo el mundo
Bagazo de caña de azúcar	0,6	Brasil
Orujo de uva	700	France
Orujo de manzana	3000000-4200000	En todo el mundo
Cascarilla de arroz	120000	En todo el mundo
Cáscara de naranja	700	USA
Residuo del cereal	40000-45000	Europa

Fuente: Ravindran & Jaiswal, (2016)

2.2 GESTIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

2.2.1 TRATAMIENTO A LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Como la glucosa es fácilmente fermentada por la mayoría de los microorganismos, produciendo una variedad de productos, es muy demandada por las industrias de fermentación. La glucosa como celulosa está presente en grandes cantidades en residuos agroindustriales. Debido a que la hemicelulosa y la celulosa presentes en la pared celular sufren lignificación, debe utilizarse un método efectivo y económico para separar la celulosa y la hemicelulosa de la pared celular. Para hacer que la utilización monomérica de azúcar de estos residuos sea una opción viable, se han explorado varios pretratamientos físicos, químicos y biológicos (Singh nee' Nigam et al., 2009).

Tabla 3. Tratamiento a los residuos agroindustriales

Tratamiento	Ejemplos	Efecto del tratamiento
Físico	Molienda	Granulometría fina y sin cristales
	Explosión de vapor o tratamiento con vapor	Incremento del tamaño del poro/ hidrólisis de la hemicelulosa
	Hidrotermal	Hidrólisis de la hemicelulosa, alteración de las propiedades de la celulosa y lignina
	Irradiación	Despolimerización de los polímeros presentes
Químico	NaOH, NH ₃ , H ₂ O ₂ , ácido performico, solventes orgánicos, peroximonosulfatos	Degradación de la lignina/hemicelulosa Activador de la deslignificación

Tratamiento	Ejemplos	Efecto del tratamiento
Biológico	Hongos de la podredumbre blanca	Degradación de la lignina/hemicelulosa
Enzimática	Lignina peroxidasa	Degradación de la lignina/hemicelulosa

Fuente: Singh nee' Nigam, Gupta, & Anthwal, (2009)

Estos tratamientos tienen un único fin; el de separar la celulosa y hemicelulosa con los métodos y tratamientos más viables para que estos compuestos puedan ser utilizados como materia prima de otras industrias.

2.2.2 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 como se describe anteriormente.

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.

2.2.3 APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Los desechos y subproductos incluyen materia prima en mal estado, frutas o vegetales no maduros o carecen de los estándares cualitativos requeridos para la venta en el mercado, tales como regularidad en forma y color.

En la agroindustria se generan enormes cantidades de residuos después de la producción de jugos, conservas, salsas, licores, etc., como residuos sólidos y líquidos, que normalmente se depositan en vertederos o se utilizan como compost o piensos (Taurisano, Anzelmo, Poli, Nicolaus, & Di Donato, 2014).

Los residuos agroindustriales representan un gran contaminante al medio ambiente si no se les da una correcta gestión, sin embargo, estos residuos o subproductos

presentan características fisicoquímicas importantes para ser aprovechadas como materia prima en la elaboración de distintos productos. En especial contienen fuentes de fibra y proteína de alto valor biológico en su composición.

El aspecto económico nos denota que tales residuos pueden ser utilizados como materias primas de bajo costo para la producción de otros compuestos de valor agregado, con la expectativa de reducir los costos de producción (Solange I Mussatto et al., 2012).

El valor del residuo se determina por el proceso de conversión de biomasa. El costo operacional y el valor de los productos a los cuales va a ser destinado son los dos factores principales que determinan si un proceso de conversión de biomasa es factible o no. Por lo tanto, es necesario evaluar las tendencias actuales y el desarrollo reciente de la tecnología en la conversión de residuos de la cadena de suministro de alimentos.

Un amplio espectro de productos comercialmente importantes como los biocombustibles, enzimas, ácidos orgánicos, biopolímeros, nutraceúticos y fibras dietéticas se han desarrollado a partir de la bioconversión de los residuos de la industria alimentaria (Ravindran & Jaiswal, 2016).

2.2.4 INDUSTRIA CERVECERA EN EL MUNDO Y EN EL ECUADOR

La cerveza es la quinta bebida más consumida en el mundo detrás del té, los carbonatos, la leche y el café y sigue siendo una bebida popular con un consumo medio de 23 litros / persona al año. La industria cervecera tiene una tradición antigua y sigue siendo un sector dinámico abierto a los nuevos desarrollos en tecnología y progreso científico (Ciancia, 2000; Levinson, 2002).

En la industria alimenticia, el sector cervecero ocupa una posición estratégica económica con la producción mundial anual de cerveza superior a 1,34 billones de hectolitros en 2002 (FAO source, 2003).

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 (Cervecería AmBev, 2007).

En la actualidad 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.

En la actualidad la producción de cerveza artesanal está dedicada exclusivamente para el público adulto que tiene mayor inclinación por productos elaborados artesanalmente debido a que en su elaboración el productor pone un minucioso énfasis en los detalles ya que no cuenta con la tecnología que tienen las cervecerías industriales, por lo que, el producto final es de mejor calidad.

Según Ramírez, (2015) la producción esta industria crece en un 20% por año desde el 2011 y se posiciona en el Ecuador.

2.2.5 RESIDUOS DE LA INDUSTRIA CERVECERA

Existen cuatro flujos de desechos sólidos generados en las cervecerías artesanales/industriales: desechos del proceso de elaboración de la cerveza, desechos de envases, desechos de alimentos y desechos generados durante eventos especiales, como conciertos o festivales (Brewers Association, 2011).



Figura 2. Principales residuos de la industria cervecera

Fuente: Brewers association, (2011)

La gestión del agua y la eliminación de residuos se han convertido en un factor de costo significativo y un aspecto importante en el funcionamiento de una operación de cervecera artesanal (Perry, De-Villiers, & Meyer-Pittroff, 2003; Unterstein, 2000). Todas las cervecerías tratan de mantener bajos los costos de eliminación de

desechos, mientras que la legislación impuesta para la eliminación de residuos por las autoridades se hace más estricta (Knirsch, Penschke, & Meyer-Pittroff, 1999).

Además, la posición de la cerveza artesanal como producto de consumo masivo lleva a estas industrias a prestar atención a su imagen comercial y tomar en cuenta el tratamiento de residuos (aguas residuales, granos usados, lodo Kieselguhr, excedente de levadura).

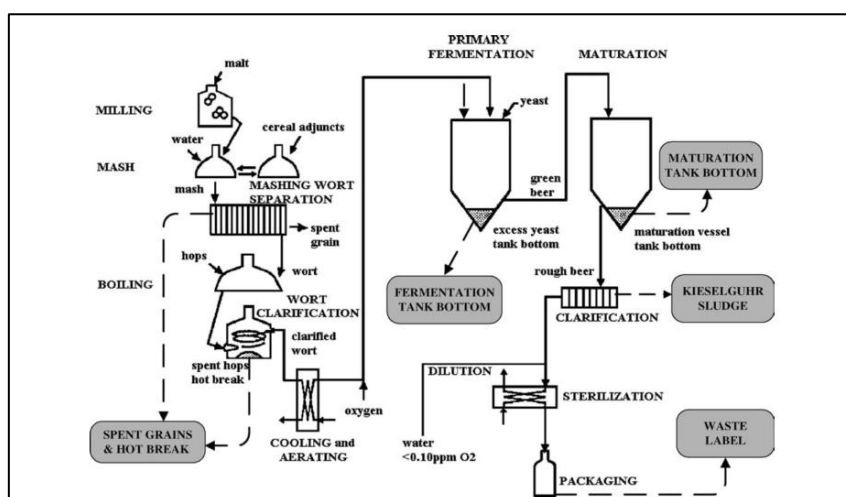


Figura 3. Principales residuos en el proceso de elaboración de cerveza artesanal

Fuente: Fillaudeau, Blanpain-Avet, & Daufin, (2006)

El estudio de (Knirsch et al., 1999) indica que el bagazo de malta de cebada, los lodos Kieselguhr, los excedentes de levadura y las etiquetas de desechos representan los principales residuos.

2.2.5.1 Bagazo de malta de cebada

El proceso de trituración de la malta de cebada es una de las operaciones iniciales en el proceso de elaboración de cerveza artesanal, haciendo que el contenido de grano de malta y cereal sea soluble en agua. Después de la extracción, los granos usados y el mosto (agua con materia extraída) se llaman puré y necesitan ser separados. De aquí sale el grano gastado de cebada o bagazo de malta de cebada, que posee humedad de 78 – 83% siendo el mismo el mayor residuo que sucede de la elaboración de cerveza artesanal.

2.2.5.2 Lodos residuales y excedentes de levadura

Luego de realizada la fermentación al final del tanque precipitan los sólidos que se encuentran en el mosto hasta que luego de la fermentación queda una masa húmeda en el fondo del tanque de fermentación. Este residuo contiene levaduras muertas y sólidos de malta de cebada que han pasado en la filtración. Este residuo tiene potencial investigativo para el área microbiológica.

En la preparación, la levadura excedente se recupera mediante sedimentación natural al final de la segunda fermentación y maduración. La venta comercial de esta levadura puede hacerse a la industria de piensos. Este subproducto cervecero tiene un contenido de materia seca cercano al 10% p/p.

2.2.6 GENERACIÓN DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA

El bagazo de malta de cebada es el mayor subproducto de las industrias de cervecería artesanal representando el 85% del total de subproductos generados (Reinold, 1997). En el apartado de Gupta, Abu-Ghannam, y Gallagher (2010) nos menciona que la industria cervecera genera comúnmente montones de subproductos y residuos de bagazo de malta de cebada, restos de lúpulo, y restos de levaduras.

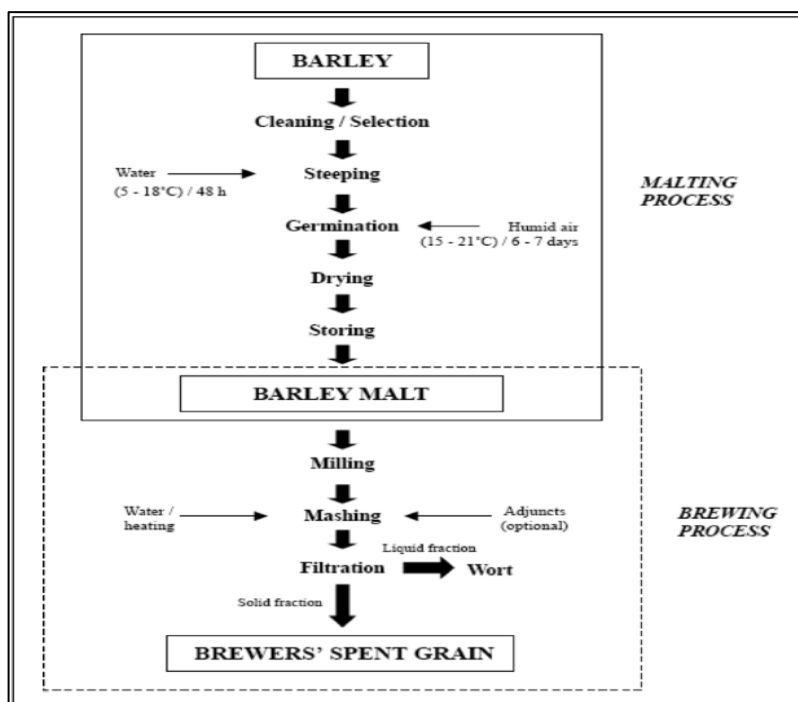


Figura 4. Origen del bagazo de malta de cebada

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

2.3 BAGAZO DE MALTA DE CEBADA

2.3.1 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA

La composición química de bagazo de malta de cebada varía de acuerdo con la variedad de cebada, el tiempo de cosecha, las condiciones de malta y trituration, y la calidad y tipo de aditivos o insumos añadidos en el proceso de elaboración de la cerveza (Huige, 1994; Santos, Jiménez, Bartolomé, Gómez-Cordovés, & del Nozal, 2003). En general el bagazo de malta de cebada se considera como un material lignocelulósico rico en proteínas y fibras.

El bagazo de malta de cebada consiste básicamente en la capa de cáscara-pericarpio-semillas que cubrían el grano de cebada malteada original. Dependiendo de la uniformidad de la malta pueden permanecer también endospermas amiláceos y paredes de células de aleurona vacías. El contenido de almidón será insignificante, y algunos residuos de lúpulo introducidos durante la trituration estarán presentes dependiendo de la preparación utilizado.

Por lo tanto, los componentes principales del bagazo de malta de cebada son ricos en polisacáridos celulósicos, no celulósicos y lignina, y pueden contener algo de proteína y lípido. La cáscara también contiene cantidades considerables de fibra, sílice y gran parte de los componentes polifenólicos del grano de cebada (Macleod, 1979).

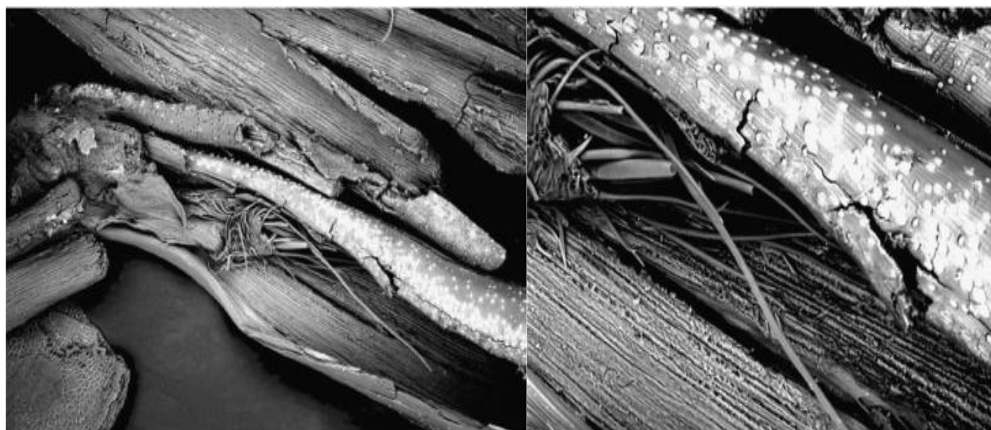


Figura 5. Tejidos fibrosos de las capas superficiales del grano de malta de cebada vistas al microscopio.

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

Los componentes principales de estos tejidos fibrosos son el arabinoxilano, la lignina (una macromolécula polifenólica) y la celulosa (un homopolímero lineal de unidades de glucosa) (S.I. Mussatto, Dragone, & Roberto, 2006). Minerales, vitaminas y aminoácidos también se encuentran en el bagazo de malta de cebada. Los elementos minerales incluyen calcio, cobalto, cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, selenio, sodio y azufre, todos en concentraciones inferiores al 0,5% (Huige, 1994).

Los análisis del bagazo de malta de cebada descritos en Santos et al., (2003) indicaron que además de fibra, 24,2% de proteínas, 3,9% de lípidos y 3,4% de cenizas están presentes en el mismo secado en horno. La proteína y la fibra están altamente concentradas en este residuo porque la mayor parte del almidón de cebada se elimina durante la trituration (Kissell & Prentice, 1979)

Tabla 4. Comparativa entre harina de trigo y bagazo de malta de cebada

	Harina de trigo	Bagazo de malta de cebada
Humedad, %	12,1	5,7
Proteína, %	13,3	18
Fibra, %	0,6	41,28
Almidón, %	81,06	10,1
Azúcar, %	0,22	16,11
Grasa, %	0,59	6,61
Ceniza, %	1,7	3,82
Energía, cal/100gr	335,43	228,6

Fuente: Fârcaş et al., (2014)

2.3.2 DETERIORO DEL BAGAZO DE MALTA DE MALTA DE CEBADA

El bagazo de malta de cebada contiene humedad entre 77-81% (p/p) al momento que sale del proceso de elaboración de cerveza artesanal (Huige, 1994). Debido a su alta humedad y contenido de azúcares fermentables, el bagazo de malta de cebada es inestable en cuanto se trata de almacenamiento y propende a deteriorarse rápidamente por la actividad microbiana (S.I. Mussatto et al., 2006).

Existe la posibilidad que el bagazo de malta de cebada dure aproximadamente 7 a 8 días en condiciones de baja temperatura hasta 3°C máximo.

2.3.3 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Se han propuesto varios métodos para prolongar el tiempo de almacenamiento del bagazo de malta de cebada debido a su contenido de humedad. El secado es uno de los métodos más eficaz para conservar el mismo ya que tiene una ventaja de reducir el volumen del producto por lo que bajaran costos de transporte y almacenamiento consecuentemente (Aliyu & Bala, 2013).

Muchas cervecerías tienen plantas para el procesamiento del bagazo usando una técnica de secado en 2 pasos, en donde primeramente el contenido de agua es reducido por medio del prensado a menos del 60% (p/p), seguido del secado para asegurarnos que el contenido de agua debe estar bajo el 12% (p/p) (Santos et al., 2003).

En Bartolome, Frost, y McDougald (2006) nos dice que el proceso más usado en la conservación del bagazo es el secado por tambor rotatorio, este tipo de secado nos beneficiaria únicamente si tendríamos cuantiosas cantidades del mismo. Hernández, Rodríguez, López, y Zerquera (1999) nos dice que debe tomar en cuenta que las temperaturas de secado no deben sobrepasar los 65°C porque pasado este rango de temperatura es posible que generaren sabores no agradables en el bagazo.

Por otra parte conservantes químicos como el ácido láctico, acético, ácido benzoico, fórmico, y sorbato de potasio pueden utilizarse eficazmente para la conservación de la calidad y el valor nutricional del bagazo tal como lo es reportado en Al-Hadithi, Muhsen, y Yaser (1985)

2.3.4 POTENCIAL AGROINDUSTRIAL

El potencial del bagazo para mejorar el valor nutritivo de los productos de cereales se ha estudiado en el pasado (Prentice & D'Appolonia, 1977). Sin embargo, el tema ha recibido un renovado interés recientemente debido al enfoque recuperado en los beneficios para la salud de la fibra dietética y la investigación de nuevas fuentes de bajo costo de la fibra (Öztürk, Özboy, Ox, & Köksel, 2002). El bagazo de malta de cebada por poseer alto valor biológico y alta disponibilidad se considera una potencial materia prima para desarrollar nuevos productos o incorporar y enriquecer biológicamente a otros.

2.3.4.1 Aplicaciones y potenciales usos del bagazo de malta de cebada

La lista de potenciales aplicaciones para bagazo de malta de cebada es extensa. 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 5. 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 biogas
Procesos biotecnológicos	Sustrato para cultivo de m/o o para la producción de enzimas
Constituyente en ladrillos	Se puede producir ladrillos de alta porosidad
Manufactura de papel	Toallas de papel y papelería reciclable
Aplicación agronómica	Mejorar la productividad de los suelos frágiles

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

2.3.4.2 Nutrición humana

El bagazo de malta de cebada generado durante la producción de cerveza artesanal es considerado un subproducto agroindustrial y ha venido siendo usado para distintos usos, pero en la actualidad existe un fuerte argumento a favor de su uso para el consumo humano (Stojceska & Ainsworth, 2008) puesto que posee alto contenido de fibra dietética (60-71%) (S.I. Mussatto et al., 2006; Öztürk et al., 2002) y tiene también proteína de alto valor biológico (Santos et al., 2003).

Una de las ventajas de uso del bagazo en la dieta humana es que en el proceso de donde sale el mismo utilizan insumos no tóxicos y aprobados para el consumo humano, por lo tanto, tiene potencial para desarrollar nuevos productos que pueden cumplir con la plena aprobación reglamentaria de la salud (Mandalari et al., 2005).

Los cereales y snacks con alto contenido de fibra han ganado interés en la industria alimenticia. Siendo así que la ingesta de bagazo o productos que contengan el mismo pueden ayudar en la prevención de desórdenes gastrointestinales así como también en problemas cardiovasculares (Aman, Jie-Xian, Göran, & Lundin, 1994)

y se ha asociado con el aumento de peso fecal, el tiempo de tránsito intestinal acelerado, aumento del colesterol bueno (HDL) y eliminación de grasa (Fastnaught, 2001). Según Schill & Schill (2013) el colesterol malo (LDL), azúcar en la sangre y los niveles de insulina pueden reducirse también. Además de reducir el riesgo de ciertas enfermedades crónicas, dietas altas en fibra llenan el estómago y por tanto reducen el apetito es decir dietas altas en fibra protegen contra la obesidad.

2.3.4.3 Nutrición animal

Actualmente la aplicación principal del bagazo de malta de cebada ha sido principalmente para el ganado, debido a su alto contenido de proteína y fibra. Como alimento para animales el bagazo se puede emplear bien como un residuo húmedo, poco después de la separación del mosto al lavar, o como un material seco (Öztürk et al., 2002).

Según Huige (1994) el bagazo es un ingrediente excelente para los rumiantes, ya que puede combinarse con fuentes de nitrógeno económicas, como la urea, para proporcionar todos los aminoácidos esenciales. Además de su alto valor nutricional, se afirma que el bagazo promueve una mayor producción de leche sin afectar la fertilidad animal (Belibasakis et al., 1996; Reinold, 1997; Sawadogo, Sepehri, & Houdebine, 1989).

Cuando el bagazo se incorporó a la dieta de vacas el rendimiento de leche, contenido de sólidos totales de leche y rendimiento de grasa de leche se vieron incrementados. Por otro lado, las concentraciones plasmáticas de glucosa, proteína total, albúmina, urea, triglicéridos, colesterol, fosfolípidos, sodio, potasio, calcio, fósforo y magnesio no fueron afectadas (Belibasakis et al., 1996).

2.3.5 BAGAZO DE MALTA DE CEBADA COMO INSUMO ALIMENTICIO

Los científicos están buscando una fuente alternativa de subproductos o residuos agroindustriales aprovechables que sean baratos y con alto contenido proteico. Una de esas fuentes alternativas es el bagazo de malta de cebada que contiene 12-18%

de proteína cruda sobre la base de la materia seca (Westendorf & Wohlt, 2002) y un costo menor que el salvado de arroz, tortas de aceite de coco.

El bagazo de malta de cebada es un material rico en fibras dietéticas y proteínas, se esperan resultados similares después de su incorporación en productos de panadería (Fărcaș et al., 2014).

Hassona, (1993) denota que la adición de 10% de bagazo de malta de cebada en pan aumentó la proteína en un 50% y el contenido de aminoácidos esenciales en un 10% y duplicó el contenido de fibras en comparación con los panes tradicionales sin bagazo de malta de cebada. Además, los panes tenían un 7% menos de calorías que los panes tradicionales.

Tabla 6. Propiedades de la harina de bagazo de malta de cebada en los alimentos

Propiedades	
1.	Facilidad de mezcla
2.	Contenido de calorías es aproximadamente la mitad de otras harinas de cereales
3.	Alta capacidad de absorción de agua
4.	Provee minerales valiosos como: Ca, P, Fe, Cu, Zn y Mg
5.	Baja absorción de grasa (beneficiosa para la masa).
6.	Color homogéneo, sabor suave y aroma tostado
7.	Alto contenido de fibra
8.	Alto contenido de proteína

Fuente: Huige, (1994)

2.4 BARRAS DE CEREALES

En los últimos años, un aumento significativo del consumo de comida rápida y bocadillos se ha observado como una respuesta al cambio en el estilo de vida de la población. Los consumidores buscan alimentos fáciles y rápidos preparados y facilitan la adquisición de productos precocidos, congelados y listos para usar en el mercado. Entre estos productos destacan los "aperitivos", que se definen como comidas pequeñas, de valor nutricional ligero o sustancial, que pueden relacionarse con los atributos sensoriales "saludables" y / o "divertidos". Varios productos se clasifican como "snack", entre los que podemos mencionar las mini-pizzas, galletas, palomitas y barras de cereales (Bower & Whitten, 2000).

La barra de cereales es un producto obtenido a partir de la mezcla o combinación de tres o más componentes higiénicamente preparados con valores nutricionales y sabores específicos, añadido también de un ingrediente de unión o “pegamento” que confiere una textura adecuada. Estas barras se empacan y se venden en porciones individuales de 25 a 40 gramos (Izzo & Niness, 2001).

2.4.1 CLASIFICACIÓN Y PERFIL NUTRICIONAL

La tendencia a consumir alimentos más nutritivos en lugar de dulces y caramelos ha llevado a la aparición de varios tipos de barras, incluyendo variaciones como recubrimiento de chocolate o la incorporación de diferentes frutas, nueces u otras semillas. Una vez que el consumo de cereales se ha expandido más allá del desayuno para cualquier momento del día, estos productos se han convertido en un excelente vehículo para entregar los ingredientes a los alimentos funcionales en el mercado.

Los cereales tienen un papel cada vez más vital en la actualidad (Pablo, Siqueira, Damiani, Valério, & Vilas, 2016) por las convenientes formas que pueden utilizarse, como las instancias listas para consumir las barras de cereales y las barras energéticas (da Silva, Siqueira, do Lago, Rosell, & Vilas Boas, 2014).

Existen varias formas de clasificar a las barras de cereales, la clasificación según la objetividad de las barras es una de las más comunes y las que se pueden identificar en el mercado son:

2.4.1.1 Barras de cereales energéticas

Las energéticas son de fácil absorción, por ser menos fibrosas, pero poseen muchas calorías. Por eso deben ser consumidas durante o después de los ejercicios y no son recomendadas para personas sedentarias (Pellegrino, 2009).

2.4.1.2 Barras de cereales proteicas

Las proteicas presentan un menor contenido lipídico y mucha proteína, debiendo ser consumidas después de la actividad física con el objetivo de la ganancia de masa muscular. No son aconsejadas para sedentarios (Degáspari, Blinder, & Mottin, 2008).

2.4.1.3 Barras de cereales alta en fibra

Las fibrosas poseen altos niveles de glucosa y de fibras por proporcionar un nivel considerable de energía, su consumo es aconsejado después de la práctica de ejercicios físicos. También se recomienda la moderación en su consumo debido al exceso de fibras (Degáspari et al., 2008).

2.4.1.4 Barra de cereales dietéticas

Ya las dietéticas o dietéticas tienen menos calorías y grasas y no contienen azúcar, por lo tanto, son adecuadas para quienes tienen diabetes, o desea mantener una dieta con bajos niveles energéticos. Se recomienda el consumo de este tipo de producto antes de la práctica de ejercicios, siempre que no contengan chocolate, debido al contenido lipídico. Estas barras no se recomiendan después de la práctica de ejercicios, pues no son eficientes en la reposición de grandes cantidades de energía (Coleman, Birney, Heighs, & Altomare, 2008).

El porcentaje de contenido de uno u otro macronutriente determina el uso correcto y eficaz que se le atribuye a cada tipo de barra de cereales.

2.4.1.5 Perfil nutricional

El perfil nutricional es la composición en nutrientes de un alimento o de la dieta. Algunos países han establecido distintos sistemas de clasificación nutricional de los productos alimenticios, basados en general en las recomendaciones internacionales de ingesta equilibrada de nutrientes (Labouze, Goffi, & Azaïs-Braesco, 2007), adaptadas a las necesidades y hábitos particulares de su población (OMS, 2004).

Entre los principales objetivos se encuentran: servir de base a la reglamentación para permitir declaraciones en el rotulado nutricional, orientar al consumidor para la elección adecuada de los alimentos, facilitar las metas a la industria alimentaria para la reformulación y desarrollo de productos de mejor calidad nutricional.

Las barras de cereales deben satisfacer necesidades energéticas durante un esfuerzo físico, aumentar el rendimiento y ayudar a una recuperación más rápida después del ejercicio aportando energía contenida en nutrientes como carbohidratos, proteínas, grasas. Por tal motivo es que el consumo de barras energéticas se ha expandido

más allá del ámbito deportivo, debido al acelerado estilo de vida que ha conllevado a las personas a modificar sus tendencias alimentarias.

Por ser hechas de cereales, las barras poseen carbohidratos, que son fuentes energéticas para las actividades físicas y mentales del día a día, vitaminas y minerales esenciales. Y todas las marcas disponibles en el mercado proporcionan un grupo variado de nutrientes, ya que los ingredientes varían entre un producto y otro (Degáspari et al., 2008).

Esto evitaría la frecuente declaración de aspectos positivos (alto en fibra, con ácidos grasos poliinsaturados, sin colesterol, etc), sin tener en cuenta el contenido de los componentes cuya ingesta se trata de limitar (sodio, grasas totales, saturadas y trans, azúcares, etcétera).

2.4.2 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

La calidad y seguridad de los alimentos vienen garantizadas por los análisis microbiológicos, físicos y químicos. Pero, además, los alimentos también destacan por sus propiedades organolépticas, particularidades que se miden a través de análisis sobre las sensaciones que producen. Este análisis sensorial parte de cuatro parámetros básicos: color, sabor, textura y aroma. Con los años, esta disciplina va adquiriendo mayor importancia y tiene como principal objetivo favorecer las interacciones de un alimento que respondan a criterios de calidad y seguridad (Chavarrías, 2016).

El análisis sensorial se está convirtiendo cada vez más en una disciplina con un importante papel en la industria alimentaria. Entre los parámetros que más se hace énfasis a la hora de estos análisis son (Chavarrías, 2016):

“Sabor. Las papilas gustativas de la lengua son capaces de identificar cinco tipos de sabores: dulce, salado, amargo, ácido y umami. Cada una de las partes de la lengua reconoce mejor uno u otro sabor, aunque todas las papilas pueden percibir todos los sabores. También se puede hablar de sabores inmediatos, como la acidez del ácido cítrico, y de sabores lentos, como la acidez del ácido málico (presente en algunas frutas y verduras con sabor

ácido, sobre todo cuando no están maduras, como uvas, manzanas o cerezas).”

Existe una variedad infinita en lo que se refiere al sabor en las barras de cereales. La aceptación de cada uno de estos se deberá a factores del gusto de consumidores así también como el equilibrio que las papilas gustativas pueden percibir.

“Color. Este parámetro es un indicador de las reacciones químicas que se producen en los alimentos tras someterlos a algún proceso térmico, como cuando la carne se oscurece al cocinarla. Muchas de las variaciones de color son normales y no afectan a la inocuidad. La carne puede pasar de un rojo brillante a un tono más oscuro en función de las condiciones externas, sobre todo si entra en contacto con aire y luz. En este caso, se da un cambio en la mioglobina, un pigmento que le aporta el color característico oscuro. Cuando esto pasa, no significa que esté deteriorada, sino que se ha producido una oxidación. Pero en ocasiones, el color puede ser una señal de deterioro.”

El color es un factor de mayor importancia a la hora de consumir un alimento es por eso que en el proceso de secado del bagazo de malta de cebada y el horneado en el proceso de elaboración de las barras de cereales hay que tener en cuenta la temperatura ya que los azúcares (tanto del bagazo como de la azúcar añadida) sufren un proceso oxidativo el cual da ciertos sabores no deseados tornándose desagradable tanto a la vista como al paladar consumidor.

“Textura. Es una de las particularidades más diferenciadoras entre alimentos clave en las preferencias de los consumidores. Esta propiedad la evalúan los estudios reológicos, que se centran en el análisis de aspectos como la viscosidad, el grosor, la dureza o la rigidez. Algunos alimentos cambian de aspecto y textura durante el almacenamiento, de ahí que las medidas reológicas se usen para predecir la estabilidad de vida útil. En alimentos como el helado, se busca evitar que se formen cristales que, pese a no suponer un riesgo para los consumidores, sí pueden ser motivo de rechazo.”

La situación de la textura en alimentos es extenso puesto se trata más de gustos del consumidor. He ahí la razón de tener diferentes texturas en alimentos, específicamente en barras de cereales hay texturas masticables y crocantes.

“Aroma. Esta propiedad, considerada una de las más difíciles de definir y caracterizar, viene dada por distintas sustancias volátiles presentes en los alimentos, bien de manera natural o procedente de su procesado (a través de aditivos alimentarios, como los aromas artificiales). Se considera que los productos vegetales son más ricos en estos compuestos volátiles, que aparecen también como productos secundarios de reacciones enzimáticas como la reacción de Maillard o la caramelización de los azúcares.”

Los aromas son difíciles de definir y catalogar, pero se vienen dado de la mayoría de componentes con alta cantidades de compuestos volátiles que en su mayoría presencian en productos vegetales en este caso el bagazo y demás cereales compuestos en la barra de alimentos.

2.4.3 TEXTURA EN BARRAS DE CEREALES

La textura en los alimentos es muy importante ya que una gran parte de este parámetro definirá la aceptación o no de nuestro producto.

Según Coleman et al. (2008) se necesitan métodos para la fabricación de barras de cereales que permitan reducir la fuerza de compresión requerida para formar las barras para que se garantice la cohesión adecuada de la barra proporcionando una textura deseable del producto.

Izzo y Niness (como se menciona en Conto, Veeck, & Gustavo, 2015) menciona que la adición de fibra en la formulación incrementa la dureza de la barra de cereales. El mismo autor nos dice que para reducir los efectos sensoriales indeseables (dureza extrema) se puede añadir material no vinculante líquido (emulsionantes, saborizantes líquidos, grasas, etc.).

Entre las texturas que se manejan en el ámbito comercial de barras de cereales en el mercado son: Chewy (masticable), y crocante (alta dureza).

2.4.3.1 Pruebas de textura

Las posibles pruebas de textura realizadas en el texturómetro son:

Prueba de cizalla en la celda Kramer: El producto se introduce en la celda Kramer que funciona a través de varias cuchillas paralelas las que al pasar por una base ranurada en el fondo de la celda o sonda, producen un cizallamiento total del producto analizado (Friedman, Whitney, y Szczeniak, 1963).

Prueba de quiebre de tres puntos: El producto se apoya sobre dos soportes paralelos, separados a una distancia determinada en el calibre. Un tercer eje paralelo, del mismo material de los soportes se desplazó verticalmente ejerciendo una fuerza hasta producir un quiebre en la estructura del producto (Friedman et al., 1963).

Prueba de penetración: El producto se coloca sobre una base sólida con una perforación central que permitió a un pistón al atravesar el producto. Para el caso específico de las barras de granola, la prueba de penetración, que es la respuesta del producto a las fuerzas de compresión y cizalla está relacionado directamente con el diámetro y el perímetro de pistón, respectivamente (Gaines, 1994).

2.4.4 OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA TEXTURA EN LA BARRA DE CEREALES

La mayoría de componentes y su contenido en la formulación tienen mucho que ver en las características texturales así también como:

- Temperatura de horneado
- Recubierta de chocolate o caramelo
- Humedad de los cereales
- Humedad relativa del ambiente
- Grosor de la barra de cereales

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El desarrollo de la experimentación se realizó en las Unidades Eduproductivas de la carrera de Agroindustria, los análisis de la materia prima y del producto final en los Laboratorios de Análisis Físicoquímico y Microbiológico de la Universidad Técnica del Norte, las condiciones ambientales del lugar donde se realizó el experimento se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Localización del experimento

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Altitud	2250 m.s.n.m
Humedad Relativa promedio	62%
Temperatura	20°C
Precipitación	550.3 mm/año
Pluviosidad	503 – 1000 mm Año

Fuente: (INAMHI, 2016)

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS

Insumos y materia prima: bagazo de malta de cebada seco, pasas, coco rallado, arroz crocante, hojuelas de trigo, hojuelas de avena, miel de abeja pura, mantequilla sin sal, azúcar morena, glucosa.

El bagazo de malta de cebada se obtuvo de la cervecería artesanal CARAN ubicada en la parroquia de Caranqui de la ciudad de Ibarra. Se tomó muestras de 20 kg de bagazo de malta con humedad inicial de 78% p/p al cual se le dio tratamiento de prensado (reducción humedad hasta 65%) y de secado (hasta <10%) para poder almacenar a lo largo de la investigación realizada.

3.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

Equipos: Balanza analítica de precisión 0,01g, plancha de agitación magnética, bloque de digestión, destilador por arrastre de vapor, extractor SOXHLET por solvente orgánico, estufa de secado, analizador de fibra (SOXHLET), texturómetro (modelo EZ-9X), Aw-metter, bomba de vacío, prensa hidráulica 15 PSI, horno deshidratador eléctrico, molinillo de laboratorio.

Materiales: cuchillos, cucharas, cucharon de madera, recipientes, ollas, bandejas, fundas con cierre hermético, moldes para barras de cereal, moldeadora/cortadora de acero inoxidable, crisoles de borosilicato, tubos de digestión, pinzas.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA SECO

Una vez seco el bagazo de malta de cebada se realizó análisis fisicoquímicos como los descritos en la siguiente tabla:

Tabla 8. Análisis de las características fisicoquímicos del bagazo de malta

Análisis fisicoquímicos	Metodología
Humedad	AOAC 925.10
Cenizas	AOAC 923.03
Proteína	AOAC 920.87
Fibra Cruda	AOAC 978.10
Extracto etéreo	AOAC 920.85

2.5.1.1 Determinación de la humedad

Se determinó en base a la norma AOAC 925.10 y correspondió al porcentaje de humedad.

$$\%H_{bh} = \frac{\text{Peso del crisol} + \text{Peso de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso de la muestra}}$$

2.5.1.2 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.

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

2.5.1.3 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.

$$\%Proteína = \%N \times F$$

2.5.1.4 Determinación de la fibra cruda

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

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

2.5.1.5 Determinación del extracto etéreo

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

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

3.3.2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.3 FACTOR EN ESTUDIO

Factor A: Sustitución de Hojuelas de trigo por bagazo de malta de cebada en la barra de cereales

A1: Sustitución de hojuelas de trigo por bagazo al 20%

A2: Sustitución de hojuelas de trigo por bagazo al 60%

A3: Sustitución de hojuelas de trigo por bagazo al 100%

Factor B: Temperatura de horneado (°C)

B1: 60°C

B2: 100°C

B3: 140°C

3.3.4 TRATAMIENTOS

Tabla 9. Descripción de los tratamientos evaluados

Trat.	Porcentaje en la mezcla(bagazo)	°T de horneado	Combinaciones
1	A1	B1	A1B1 (20%Bagazo-60°C)
2	A1	B2	A1B2 (20% Bagazo - 100°C)
3	A1	B3	A1B3 (20% Bagazo - 140°C)
4	A2	B1	A2B1 (60% Bagazo -60°C)
5	A2	B2	A2B2 (60% Bagazo - 100°C)
6	A2	B3	A2B3 (60% Bagazo - 140°C)
7	A3	B1	A3B1 (100% Bagazo -60°C)
8	A3	B2	A3B2 (100% Bagazo - 100°C)
9	A3	B3	A3B3 (100% Bagazo - 140°C)

3.3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño completamente al azar (D.C.A) con un arreglo factorial A x B, donde el factor A sustitución de hojuelas de trigo por bagazo de malta de cebada en la barra de cereales y el factor B tiempo de horneado.

3.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Tratamientos: Nueve (9)

Repeticiones: Tres (3)

Unidades experimentales: Veinte y siete (27)

3.3.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental tuvo 150g de mezcla de los cuales se dividió en 3 barras de 50g aproximadamente cada una.

3.3.8 ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la siguiente tabla 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	GL
TOTAL	26
Tratamientos	8
Porcentaje de mezcla bagazo (A)	2
Temperatura de horneado (B)	2
Interacción A x B	4
Error experimental	18

Al existir diferencia significativa entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey (5%).

3.3.9 VARIABLES EVALUADAS

La tabla 11 denota que se realizaron análisis fisicoquímico en el producto final a los 3 mejores tratamientos, resultado que se obtuvo luego de que pasó por el panel

de degustación. Las pruebas de textura y fibra cruda se hicieron a todos los tratamientos.

Tabla 11. Análisis fisicoquímicos en la barra de cereales alta en fibra

Variables físicas y químicas	Método o instrumento
Humedad	AOAC 925.10
Cenizas	AOAC 923.03
Proteína	AOAC 984.13 con factor conversión 6,25
Fibra	AOAC 978.10*
Extracto etéreo	AOAC 920.85
Valor energético	Factor ATWATER
Actividad de agua (Aw)	Medidor de actividad de agua
Textura	Texturómetro*

*: Análisis fisicoquímicos realizados a todos los tratamientos

Tabla 12. Análisis microbiológico

Variables Microbiológicas	Método o instrumento
Recuento estándar en placa, UFC/cm ²	NTE INEN 1529-5
Recuento de mohos, UFC/cm ²	NTE INEN 1529-10
Recuento de E. coli, UFC/cm ²	NTE INEN 1529-7

Tabla 13. Análisis sensorial/organoléptico

Variables sensoriales	Método o instrumento
Olor	
Color	Se realizó mediante la prueba de Friedman al 5% y un panel de degustación.
Sabor	
Textura	
Aceptabilidad	

3.3.10 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.3.10.1 Diagrama de flujo para la elaboración de barra de cereales alta en fibra

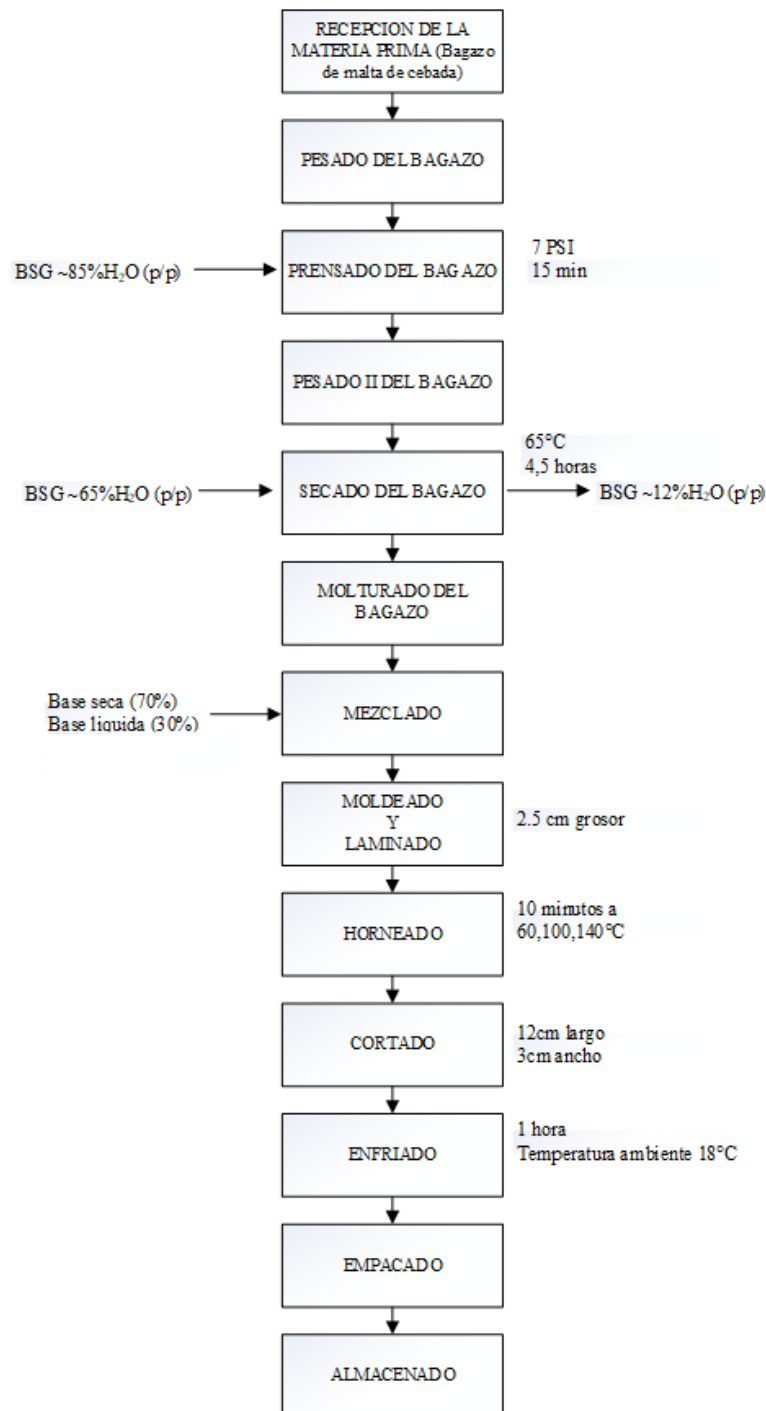


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de barras de cereales

3.3.10.3 Descripción del proceso

Recepción de la materia prima

La materia prima se obtuvo en las instalaciones de la Cervecería Artesanal CARAN 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.



Fotografía 1. Recepción de materia prima

Pesado del bagazo

Se pesó el bagazo de malta de cebada en una balanza digital 0.1g para consecuentemente realizar el balance de materiales (ver anexo).

Prensado del bagazo

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



Fotografía 2. Prensado del bagazo

Pesado II del bagazo

Nuevamente se pesó el bagazo de malta prensado para determinar la cantidad de agua reducida del producto.

Secado del bagazo

El bagazo de malta se secó en un horno deshidratador eléctrico hasta obtener una humedad que no supere el 12% (p/p). 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.



Fotografía 3. Secado del bagazo

Molturado del bagazo

El bagazo de malta de cebada se moltura para reducir las partículas y mejorar la textura del producto final.



Fotografía 4. Molturación del bagazo seco

Mezclado

El mezclado se realizó manualmente por 10 minutos, adicionando los componentes dosificados conforme a una fórmula base. Estos ingredientes se adicionaron de mayor a menor cantidad conforme al siguiente orden: a) hojuelas de trigo, b) hojuelas de avena, c) bagazo de malta de cebada, d) coco rallado y pasas. Estos materiales corresponden a la base seca del producto final.

Posteriormente se prepara la base líquida y/o aglutinante, conformada de: a) miel de abejas, b) mantequilla sin sal, c) azúcar morena y glucosa. Esta solución se calienta hasta 85°C y se agrega a los componentes secos



Fotografía 5. Mezclado de componentes de la barra de cereales

Moldeado y laminado

El moldeado de la masa se realizó en moldes de acero inoxidable hasta 2,5 cm de espesor.



Fotografía 6. Moldeado y laminado de las barras de cereales

Horneado

El horneó las barras de cereales en un horno de convección industrial a temperaturas de 60, 100 Y 140 °C por 10 minutos descritas en él experimento.



Fotografía 7. Horneado de las barras de cereales

Cortado

El corte de las barras se realizó 20 minutos posterior al horneado. Las barras tienen dimensiones de 12 cm x 3 cm y 2,5cm de espesor.



Fotografía 8. Cortado de las barras de cereales

Enfriado

Se enfrió las barras a temperatura ambiente durante 1 hora.



Fotografía 9. Enfriado a temperatura ambiente

Empacado

Se empaqueta en un revestimiento de polietileno resistente de baja densidad y se aconseja sellar al vacío para evitar el intercambio de humedad con el ambiente.



Fotografía 10. Empacado al vacío en fundas de polietileno de baja densidad

Almacenado

Se almacena en lugares frescos y libres de humedad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL BAGAZO DE MALTA DE CEBADA SECO MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

La caracterización del bagazo de malta de cebada se efectuó conforme a los métodos para determinación de humedad, cenizas, proteína, fibra cruda y extracto etéreo. 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. El bagazo de malta de cebada fue secado previamente para realizar la caracterización, conforme se detalla en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de la caracterización del bagazo

Parámetro analizado	Resultados (%)	Otros estudios (%)	Norma INEN 1559
Humedad	9,56	10**	≤13%
Cenizas	2,78	4,6**	
Proteína	14,66	15,25**	≥12%

Parámetro analizado	Resultados (%)	Otros estudios (%)	Norma INEN 1559
Fibra cruda	12,86	16,78*	
Extracto Etéreo	3,4	3,9*	

Nota: **: (S.I. Mussatto et al., 2006), *: (Santos et al., 2003)

El bagazo, objeto de estudio del experimento presento 78% de humedad inicial, luego de la determinación de la perdida por calentamiento el 90,44% está constituido de MS y el 87,88% es materia orgánica.

En la tabla 14 nos muestra que la humedad presente luego del secado del bagazo de malta de cebada está dentro de los rangos que se encuentran en la NTE INEN 1559 que precisa los requisitos para que los granos de cebada sean seleccionados como materia prima para ser comercializados (sea para consumo o para realizar bebidas) con el 13% del contenido de humedad y 12% de proteína, por otra parte en Solange I. Mussatto & Roberto, 2006 denotan en su estudio que la humedad del bagazo de malta de cebada (Solange I. Mussatto & Roberto, 2006) y extracto etéreo (Santos et al., 2003) presentan similitud a los obtenidos en esta investigación conforme se detalla en la tabla 14.

La proteína y la fibra están concentradas en el residuo, porque la mayor parte del almidón de cebada se elimina durante la trituración y la extracción de azúcares (Kissell & Prentice, 1979).

Como menciona S.I. Mussatto et al., 2006 en su estudio los resultados pueden fluctuar dependiendo del tipo de cebada usada (Triumph/Golf), parámetros de secado y mezclas de otros cereales para realizar la cerveza artesanal.

4.2 DETERMINACIÓN DE RESULTADOS DE LAS VARIABLES

Las variables de respuesta textura y fibra se evaluaron para todos los tratamientos, se dispuso 150 gr de producto elaborado (barras de cereal) para realizar los análisis correspondientes. Se aplicó un diseño experimental D.C.A AxB, los factores estudiados constituyen el porcentaje de sustitución de bagazo de malta de cebada (Factor A) por hojuelas de trigo en la fórmula base y temperatura de horneado (Factor B).

4.2.1 TEXTURA

La textura es un parámetro para aceptar o rechazar un producto fresco o procesado y se lo puede medir por análisis sensorial o instrumental (Ciro, Buitrago, y Pérez, 2007).

Tabla 15. ADEVA del parámetro de textura en la barra

FV	SC	GL	CM	F.cal	F. tab	
					5%	1%
Total	609.88	26				
Tratamientos	604.30	8	75.54	243.35 **	2.51	3.71
A	442.17	2	221.09	712.26 **	3.55	6.01
B	151.53	2	75.77	244.09 **	3.55	6.01
Interacción AxB	10.59	4	2.65	8.53 **	2.93	4.58
Error Exp.	5.59	18	0.31			
CV	4.75					

En la Tabla 15, se muestra el Análisis de Varianza para textura, se identificó diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0.05$) y ($p \leq 0.01$) entre tratamientos, factores e interacción AxB. La textura de la barra de cereales se modifica por incidencia de la temperatura y la cantidad del bagazo de malta de cebada incluido en la formula, es decir a mayor temperatura de horneado y porcentaje de bagazo la barra adquiere más dureza. Al existir diferencia estadística significativa se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 16. Prueba de Tukey 5% para textura en la barra

Tratamiento	Combinaciones	Medias (%)	Rangos
T1	A1B1 (20%BSG-60°C)	6,07	a
T2	A1B2 (20%BSG- 100°C)	6,23	a
T3	A1B3 (20%BSG- 140°C)	7,95	b
T4	A2B1 (60%BSG-60°C)	8,17	b
T5	A2B2 (60%BSG- 100°C)	11,72	c
T6	A2B3 (60%BSG- 140°C)	13,38	d
T7	A3B1 (100%BSG-60°C)	14,60	d
T8	A3B2 (100%BSG- 100°C)	17,51	e
T9	A3B3 (100%BSG- 140°C)	19,96	f

La tabla 16 nos indica que existen 6 rangos: el primero corresponde a los tratamientos T1 y T2, el segundo a T3 y T4, el tercero T5, el cuarto T6 y T7, el quinto T8 y el sexto T9.

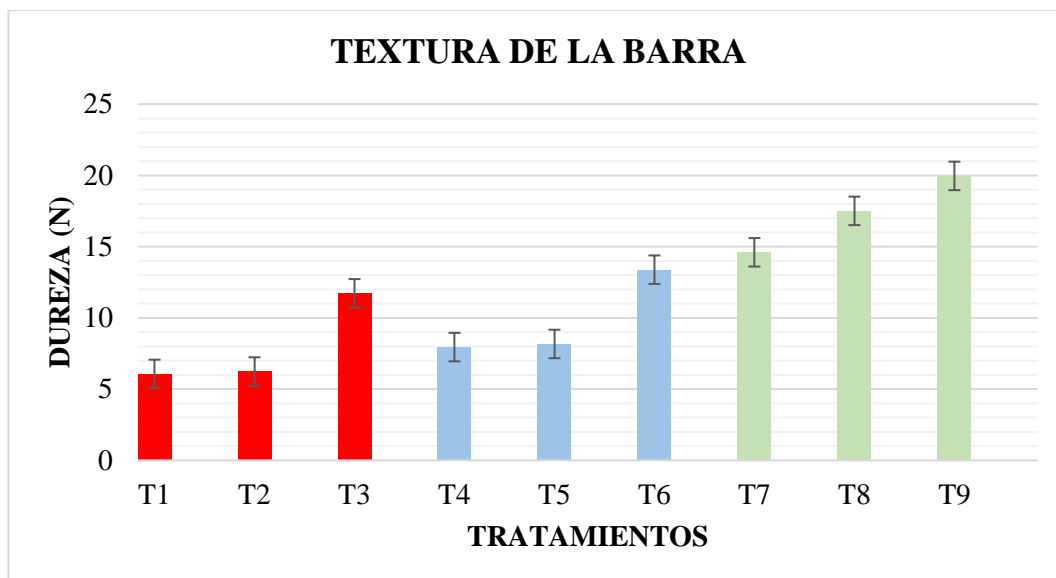


Figura 7. Textura en la barra de cereales

En la figura 7 los bloques de tratamientos T1, T2, T3; T4, T5, T6 y T7, T8, T9 denotan que los resultados de los últimos tratamientos; T3 (20% bagazo de malta de cebada – 140°C), T6 (60% bagazo de malta – 140°C) y T9 (100% bagazo de malta – 140°C) son valores mayores que T1, T2; T4, T5 y T7, T8 respectivamente debido a que la temperatura de horneado 140°C se encuentra dentro del rango de caramelización de los azúcares: fructosa 110°C y sacarosa 160°C (Solange I. Mussatto & Roberto, 2006) razón por la cual la textura en dichos tratamientos (T3, T6 y T9) presenta mayor resistencia que el resto. Por otra parte Izzo & Niness, 2001 mencionan que la adición de fibra en la fórmula base, incrementa la dureza de la barra de cereales.

4.2.2 FIBRA CRUDA

La fibra cruda es una medida de la cantidad de celulosa indigerible, pentosanos, lignina y otros componentes de este tipo en la composición química de un alimento (Prentice & D'Appolonia, 1977).

Tabla 17. Adeva del parámetro de fibra cruda en la barra

FV	SC	GL	CM	F.cal		F. tab	
						5%	1%
Total	89.30	26					
Tratamiento	88.74	8	11.09	354.04	**	2.51	3.71
A	88.65	2	44.33	1414.77	**	3.55	6.01
B	0.05	2	0.02	0.73	n.s	3.55	6.01
Interacción AxB	0.04	4	0.01	0.33	n.s	2.93	4.58
Error Exp.	0.56	18	0.03				
CV	2.31						

Conforme al Análisis de Varianza (tabla 17) para fibra cruda, se identificó diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0.05$) y ($p \leq 0.01$) entre tratamientos y factor A y no significativo para el factor B e interacción de factores AxB. El porcentaje de fibra cruda de la barra de cereales incide directamente por la sustitución del bagazo de malta de cebada en la fórmula, es decir a mayor porcentaje de bagazo en la barra, ésta aumenta sus niveles de fibra cruda en la composición química. Al existir diferencia estadística significativa para tratamientos y factor A se aplicó la prueba de Tukey al 5%

Tabla 18. Prueba de Tukey 5% para textura en la barra

Tratamiento	Medias (%)	Rangos
T1	5,37	a
T2	5,54	a
T3	5,54	a
T4	7,59	b
T5	7,62	b
T6	7,63	b
T7	9,86	c
T8	9,90	c
T9	9,99	c

La tabla 18 indica que existen 3 rangos, el primero corresponde a los tratamientos T1, T2 y T3, el segundo a T4, T5 y T6, el tercero T7, T8 y T9.

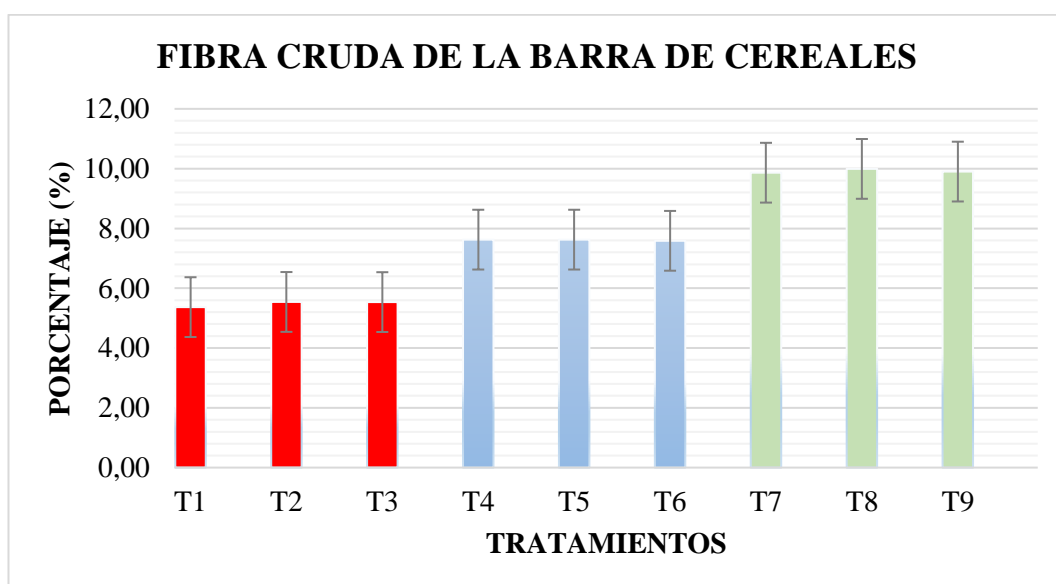


Figura 8. Fibra cruda en la barra de cereales

La figura 8 indica que los bloques de tratamientos T1, T2, T3; T4, T5, T6 y T7, T8, T9 presentan resultados semejantes en el mismo bloque respectivamente, conforme se incrementa el porcentaje de bagazo de malta de cebada en la fórmula (20%, 60% y 100%) presenta una media de crecimiento de 34% de fibra cruda entre bloques.

Ainsworth, Ibanoglu, Plunkett, Ibanoglu, & Stojceska (2007) informaron en su estudio que la adición de bagazo en snacks extruidos aumentó el contenido de fibra de los bocadillos de 4,8% en la muestra de control (0% Bagazo) a 19,8% en muestras que contenían 30% de bagazo.

Cabe recalcar que hay varios factores que inciden en el nivel de fibra de la barra de cereales ya que en el bagazo pueden estar adicionadas materiales ajenos a la malta de cebada (arroz, trigo, sorgo y otros tipos de granos con alto grado también de azúcares fermentables).

En el estudio realizado por Kissell & Prentice, (1979) señala que el bagazo de malta de cebada puede ser utilizado directamente para mejorar niveles de fibra cruda en productos horneados convencionales, el mismo autor demostró que la adición del bagazo de malta de cebada incrementa los niveles de fibra cruda en la composición de galletas horneadas.

4.3 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LA BARRA DE CEREALES

Un total de 20 personas calificaron al producto elaborado (barra de cereales) mediante parámetros cualitativos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad con una escala de 3 categorías (ver anexo) y evaluadas con la prueba no paramétrica de Friedman al 5%, dando como resultados a los tratamientos T5, T6 y T7 como los mejores por mayor puntaje obtenido en total.

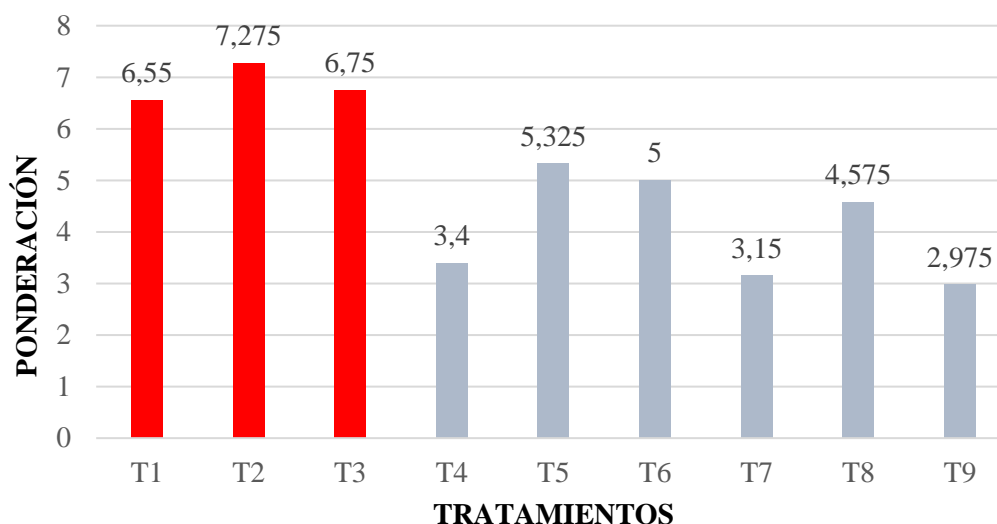


FIGURA 9. Resultado parámetro COLOR (cualitativo)

En la figura 9 se muestra que el panel degustador optó por los tratamientos T1, T2, T3 que presentan un color marrón dorado, este parámetro es un indicador de las reacciones químicas que se producen en los alimentos tras someterlos a algún proceso térmico (Chavarrías, 2016) estos tratamientos son más agradables a la vista del consumidor.

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.

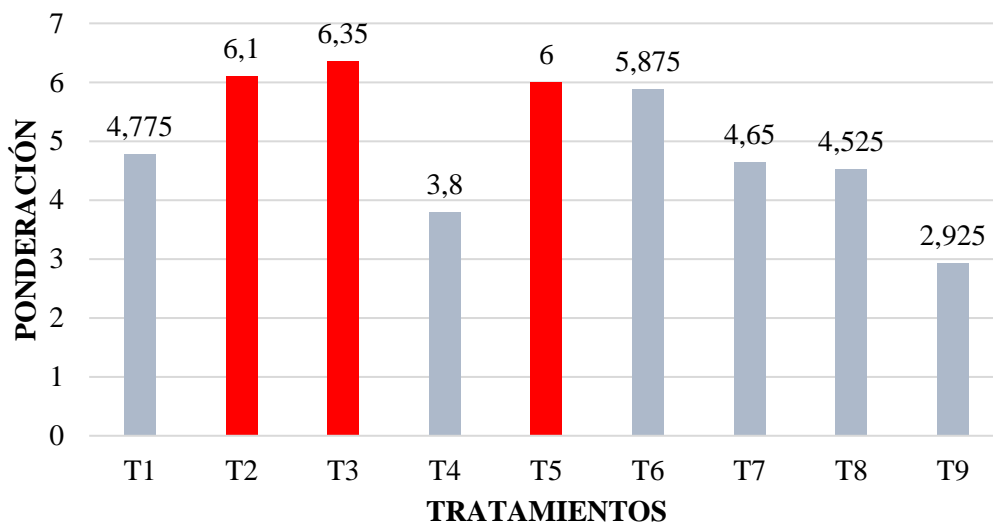


FIGURA 10. Resultado parámetro OLOR (cualitativo)

Según el panel degustador la característica del aroma redundó en todos los tratamientos pues así como menciona McCarthy, O'Callaghan, Piggott, FitzGerald, & O'Brien, (2013) 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. Los insumos de origen vegetal son los que más sustancias volátiles tienen en su estructura bioquímica y que estas también aparecen como producto secundario de la caramelización de los azúcares, esto resulta que a mayor temperatura de horneado en la barra esta obtiene mejores aromas.

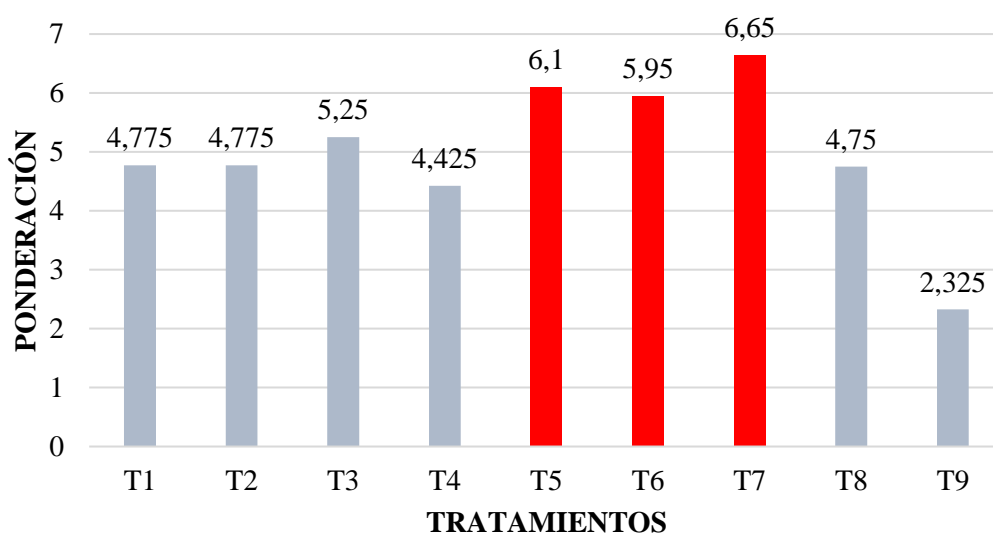


FIGURA 11. Resultado parámetro SABOR (cualitativo)

Tanto la característica del sabor como la del olor van de la mano puesto que mientras estamos masticando 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 T5, T6 y T7 como los mejores en el aspecto del sabor haciendo referencia lo descrito en el anterior párrafo.

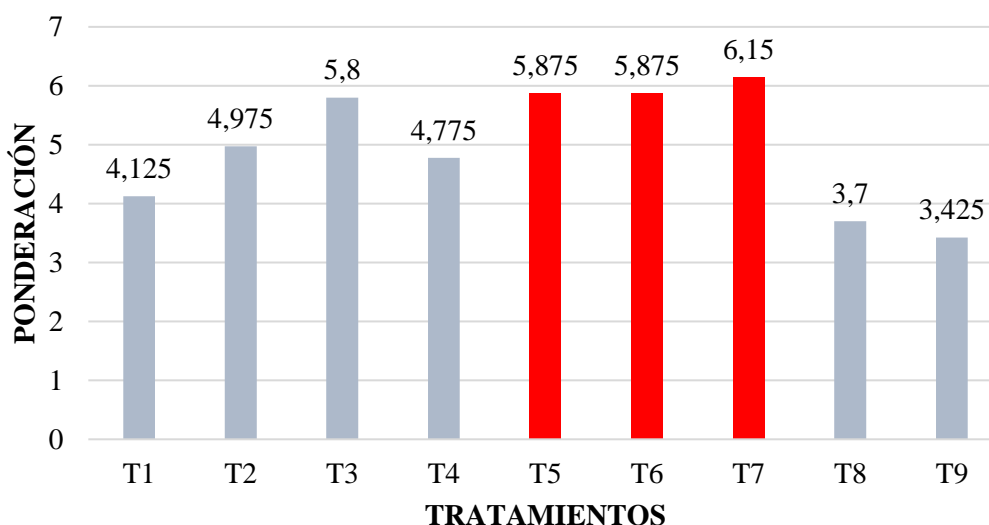


FIGURA 12. Resultado parámetro SABOR (cualitativo)

En la característica de textura el panel degustador eligió T5, T6, T7 como los mejores, el mismo declaró tener preferencia a barras con mayor dureza (crocante). A mayor temperatura de horneado y mayor contenido de bagazo las barras adquieren mayor dureza debido a que se encuentra relacionado directamente con la caramelización de los azúcares presentes en el producto.

Los degustadores manifestaron que la textura ideal para ellos fuera una combinación entre crocante por fuera y masticable en su interior como menciona en los estudios de McCarthy et al., (2013).

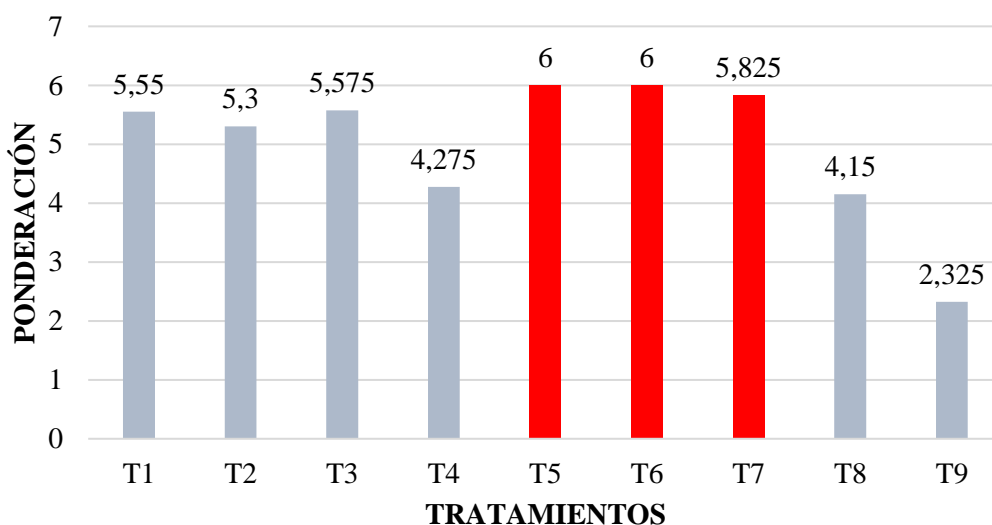


FIGURA 13. Resultado parámetro ACEPTABILIDAD (cualitativo)

La figura 13 indica que los tratamientos preferidos por el panel degustador fueron T5, T6 y T7 entre los 9 tratamientos.

Se evaluaron las características fisicoquímicas del producto terminado conforme a los métodos para determinación de humedad, cenizas, proteína, fibra cruda y extracto etéreo, también se realizó los análisis microbiológicos para determinación de: recuento estándar en placa, recuento de mohos, recuento de E. Coli únicamente para los tres mejores tratamientos,

Tabla 19. Resultados de análisis fisicoquímicos a la barra de cereales

	HUMEDAD (%)	CENIZAS (%)	PROTEÍNA (%)	FIBRA CRUDA (%)	EXTRACTO ETÉREO (%)	CARBOHIDRATOS (POR DIFERENCIA)	AW	VALOR ENERGÉTICO (KCAL)
T5	9.96	1.5363	11,023	7.1067	6.0250	64,3353	0,52	355,65
T6	8.85	1.7465	11,306	8.0791	5.9438	64,0746	0,53	355,01
T7	9.19	2.0358	14,0678	9.4172	5.2253	60,0697	0,49	343,57

Los resultados de los análisis fisicoquímicos evidenciaron que los tratamientos T5, T6 y T7 presentan excelentes niveles de fibra cruda y proteína, resultado de la adición de bagazo de malta de cebada tal como describe Öztürk et al., 2002 en su estudio. La barra de cereales elaborada tiene potencial para ser incluida en la dieta de una persona adulta por el aporte de fibra contenido en la misma.

TABLA 20. Resultados de análisis microbiológicos a la barra de cereales

Parámetros microbiológicos	Resultados	Rango m/o	Método o instrumento
Recuento estándar en placa, 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 20 se detallan los resultados de análisis microbiológicos los cuales se encuentran dentro de los parámetros de la NTE INEN 1529 señalando que el producto es inocuo y apto para el consumo humano.

CÁPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Luego de realizar el procedimiento experimental se concluyó:

- El residuo de bagazo de malta de cebada que proviene de la cervecería artesanal CARAN ubicada en la ciudad de Ibarra demuestra un contenido significativo de proteína y fibra.
- La textura de la barra de cereales es modificada por incidencia de la temperatura y el contenido del bagazo de malta de cebada incluido en la fórmula, es decir a mayor temperatura de horneado y contenido de bagazo de malta de cebada la barra adquiere más dureza.
- El contenido de fibra cruda en la composición química de la barra de cereales es directamente proporcional al contenido de bagazo de malta de cebada que se incluye en la fórmula base.
- El producto final presentó excelentes niveles de fibra cruda, concluyendo que existe gran potencial nutricional para la alimentación humana en el bagazo de malta de cebada.
- En función de los análisis estadísticos realizados se concluye que la cantidad de bagazo de malta de cebada en la formulación y la temperatura de

horneado influyen significativamente en las características fisicoquímicas (fibra cruda y textura) de la barra de cereales alta en fibra, concluyendo que se acepta la hipótesis alternativa.

RECOMENDACIONES

- Realizar nuevas investigaciones con el bagazo de malta de cebada aplicando otros métodos de secado como el secado por horno rotatorio, puesto que la eficiencia en el secado al horno deshidratador eléctrico utilizado en la presente investigación fue baja.
- Para mayor aceptabilidad de las barras de cereal con alto contenido de bagazo se debe molturar y tamizar las partículas gruesas ya que estas provocan una sensación incomoda al momento de ingerir el producto.
- En el caso de industrializar el proceso utilizar conservantes y/o aglutinantes comerciales.
- Efectuar el estudio de vida útil del producto elaborado.
- Otro aspecto importante, es realizar estudios pertinentes en el aprovechamiento de otros residuos, tales como los lodos residuales de la industria de cervecería artesanal, puesto que estos tienen potencial para ser utilizados en otras áreas productivas del sector alimentario.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ainsworth, P., Ibanoglu, S., Plunkett, A., Ibanoglu, E., & Stojceska, V. (2007). Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack. *Journal of Food Engineering*.
- Al-Hadithi, A. N., Muhsen, A. A., & Yaser, A. A. (1985). Study of the possibility of using some organics acids as preservatives for brewery by-products. *Journal of Agrinculture And Water Resources*, 4, 229–242.
- Aliyu, S., & Bala, M. (2013). Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. *African Journal of Biotechnology*, 10(3), 324–331. <https://doi.org/10.4314/ajb.v10i3>.
- Aman, P., Jie-Xian, Z., Göran, H., & Lundin, E. (1994). Human and Clinical Nutrition Excretion and Degradation of Dietary Fiber Constituents in Ileostomy Subjects Consuming a Low Fiber Diet with and without Brewer's Spent Grain. *Human and Clinical Nutrition*, (September), 2–7.
- Bartolome, J., Frost, W., & McDougald, N. (2006). Guidelines for residual dry matter on coastal and foothill rangelands in California. *Rangeland Management Series*, 92(January), 1–6.
- Belibasakis, N. G., Tsirgogianni, D., Gomez-Alarcon, R. A., Armentano, L. E., Wilcox, C. J., Wolfenson, D., & Arieli, A. (1996). Effects of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. *Animal Feed Science and Technology*, 57(3), 175–181. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00860-8](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00860-8)
- Bower, J. A., & Whitten, R. (2000). Sensory Characteristics and consumer liking for cereal bar snack foods. *Journal of Sensory Studies*, 15(3), 327–345. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2000.tb00274.x>
- Brewers Association. (2011). Solid Waste Reduction Manual. *Brewers Association*, 41. Retrieved from Brewersassociation.org

- Chavarrías, M. (2016). Propiedades organolépticas de los alimentos. Retrieved April 4, 2017, from <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2016/06/09/223847.php>
- Ciancia, S. (2000). Micro-brewering: a new challenge for beer. *BIOS Intenational*, 2, 4–10.
- Coleman, E., Birney, S., Heighs, R., & Altomare, B. (2008). Methods for making improved texture cereal bars. *United States Patent Application Publication US20070237880 A1*, 1(19).
- Conto, L. C. De, Veeck, A. P. L., & Gustavo, H. S. F. (2015). Sensory Properties Evaluation of Pine Nut (*Araucaria angustifolia*) Cereal Bars Using Response Surface Methodology, *44*(2006), 115–120. <https://doi.org/10.3303/CET1544020>
- da Silva, E. P., Siqueira, H. H., do Lago, R. C., Rosell, C. M., & Vilas Boas, E. V. de B. (2014). Developing fruit-based nutritious snack bars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(1), 52–56. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6282>
- Degáspari, C. H., Blinder, E. W., & Mottin, F. (2008). Perfil Nutricional do consumidor de barras de cereais nutritional profile of the consumers of cereal bars. *Visão Acadêmica, Curitiba*, 49–61.
- FAO source. (2003). 2000-2002 World beer production. *BIOS Intenational*, 8, 47–50.
- 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.
- Fastnaught, C. . (2001). Barley fiber. *In: Handbook of Dietary Fiber*, 519–542.
- Fernández Mayer, A. (2014). Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina. *Publicaciones Regionales INTA*, 1, 195.
- Fillaudeau, L., Blanpain-Avet, P., & Daufin, G. (2006). Water, wastewater and waste management in brewing industries. *Journal of Cleaner Production*, *14*(5), 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.01.002>

- Friedman, H., Whitney, J., & Szczeniak, A. (1963). The Texturometer - A New Instrument for Objective Texture Measurement. *Journal of Food Science*, 28(4), 390–396. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00216.x>
- Gaines, C. . (1994). The Science of Cookie and Cracker Production. *Journal of Texture Studies*, 26(6), 713–714. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1996.tb00993.x>
- 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>
- Hassona, H. Z. (1993). High fibre bread containing brewer's spent grains and its effect on lipid metabolism in rats. *Food / Nahrung*, 37(6), 576–582. <https://doi.org/10.1002/food.19930370609>
- Hernández, A. ., Rodríguez, J. ., López, B., & Zerquera, O. . (1999). Caracterización química y funcional del afrecho de malta. *Alimentaria*, 105–107.
- Huige, N. (1994). Brewery by-products and effluents. *Handbook of Brewing*, 50–501.
- Izzo, M., & Niness, K. (2001). Formulating nutrition bars with inulin and oligofructose. *Cereal Foods World*, 46(3), 102–106. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20013051020>
- Johnson, P., Paliwal, J., & Cenkowski, S. (2010). Issues with utilisation of brewers' spent grain. *Stewart Postharvest Review*, 6(4), 1–8. <https://doi.org/10.2212/spr.2010.4.2>
- Kissell, L. T., & Prentice, N. (1979). Protein and fiber enrichment of cookie flour with brewer's spent grain. *Cereal Chem.* Retrieved from http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1979/Documents/chem56_261.pdf
- Knirsch, M., Penschke, A., & Meyer-Pittroff, R. (1999). Disposal situation for brewery waste in Germany - results of a survey. *Brauwelt International*, 4, 81–477.

- Labouze, E., Goffi, C., & Azaïs-Braesco, V. (2007). The FoodProfiler, a nutrient profiling system to restrict the use of nutrition and health claims to foods with desirable nutrient profiles. *Sciences Des Aliments*, 27(6), 413–422. <https://doi.org/10.3166/sda.27.413-422>
- Levinson, J. (2002). Malting-Brewing: a changing sector. *BIOS Intenational*, 5, 5–12.
- Macleod, A. . (1979). The physiology of malting. *Brewing Science*, 1.
- Mandalari, G., Faulds, C. B., Sancho, A. I., Saija, A., Bisignano, G., Locurto, R., & Waldron, K. W. (2005). Fractionation and characterisation of arabinoxylans from brewers' spent grain and wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 42(2), 205–212. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.03.001>
- Mussatto, S. I., Ballesteros, L. F., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2012). Use of Agro-Industrial Wastes in Solid-State Fermentation Processes. *Industrial Waste*, 274. <https://doi.org/10.5772/2293>
- 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>
- Mussatto, S. I., & Roberto, I. C. (2006). Chemical characterization and liberation of pentose sugars from brewer's spent grain. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 81(3), 268–274. <https://doi.org/10.1002/jctb.1374>
- OMS. (2004). *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud*.
- Öztürk, S., Özboy, Ö., Ox, D., & Köksel, H. (2002). Effects of brewer's spent grain on the quality and dietary fibre content of cookies. *Journal of the Institute of Brewing of Brewing*, 108(1), 23–27.
- Pablo, E., Siqueira, H. H., Damiani, C., Valério, E., & Vilas, D. B. (2016). Physicochemical and sensory characteristics of snack bars added of jerivá flour (*Syagrus romanzoffiana*). *Food Science and Technology*, 1–5. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.08115>

- Pellegrino, N. (2009). Composición y perfil nutricional de barras de cereales comerciales.
- Perry, M., De-Villiers, G., & Meyer-Pittroff, R. (2003). Modelling the consumption of water and other utilities. *Brauwelt Internationala*, 90–286.
- Prentice, N., & D'Appolonia, B. . (1977). High-fiber bread containing brewers spent grain. *Cereal Chemistry*.
- Ravindran, R., & Jaiswal, A. K. (2016). Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. *Trends in Biotechnology*, 34(1), 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.10.008>
- Reinold, M. (1997). Manual pratico de cervejaria. *Aden Editora E Comunicacoes*, 1, 214.
- Santos, M., Jiménez, J. ., Bartolomé, B., Gómez-Cordovés, C., & del Nozal, M. . (2003). Variability of brewer's spent grain within a brewery. *Food Chemistry*, 80(1), 17–21. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00229-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00229-7)
- Sawadogo, L., Sepehri, H., & Houdebine, L. . (1989). Presence of a factor stimulating prolactin and growth hormone secretion in brewers' spent grains. *Reproduction, Nutrition, Developement*, 29, 139–146.
- Schill, C., & Schill, C. (2013). Spent Grain – a valuable raw material for a high fiber food snack.
- Singh nee' Nigam, P., Gupta, N., & Anthwal, A. (2009). Pre-treatment of agro-industrial residues in Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation book. *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*, 14–29.
- Singh Nee Nigam, P., & Pandey, A. Biotechnology for agro-industrial residues utilisation: Utilisation of agro-residues, *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation: Utilisation of Agro-Residues* § (2009). <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7>
- Stojceska, V., & Ainsworth, P. (2008). The effect of different enzymes on the quality of high-fibre enriched brewer's spent grain breads. *Food Chemistry*, 110(4), 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.074>

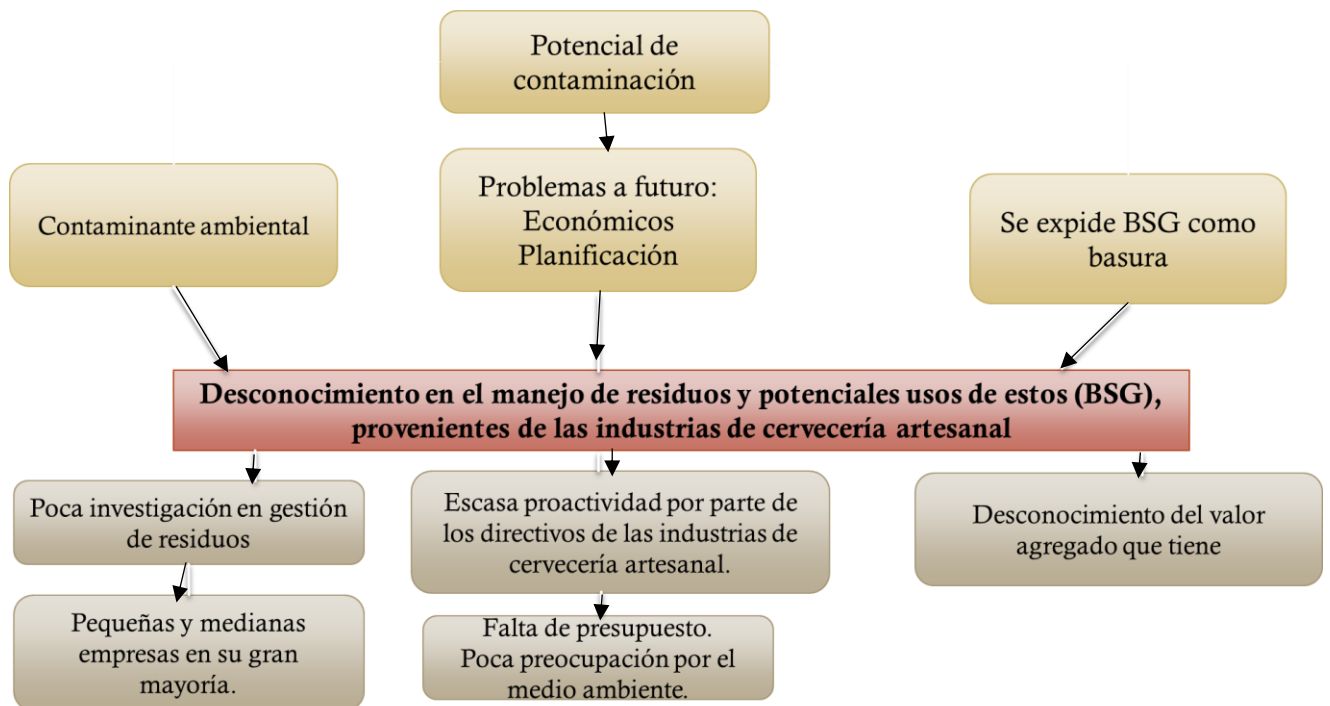
Taurisano, V., Anzelmo, G., Poli, A., Nicolaus, B., & Di Donato, P. (2014). Re-use of agro-industrial waste: Recovery of valuable compounds by eco-friendly techniques. *International Journal of Performability Engineering*, *10*(4), 419–425.

Unterstein, K. (2000). Energy and water go to make beer. *Brauwelt International*, 70–368.

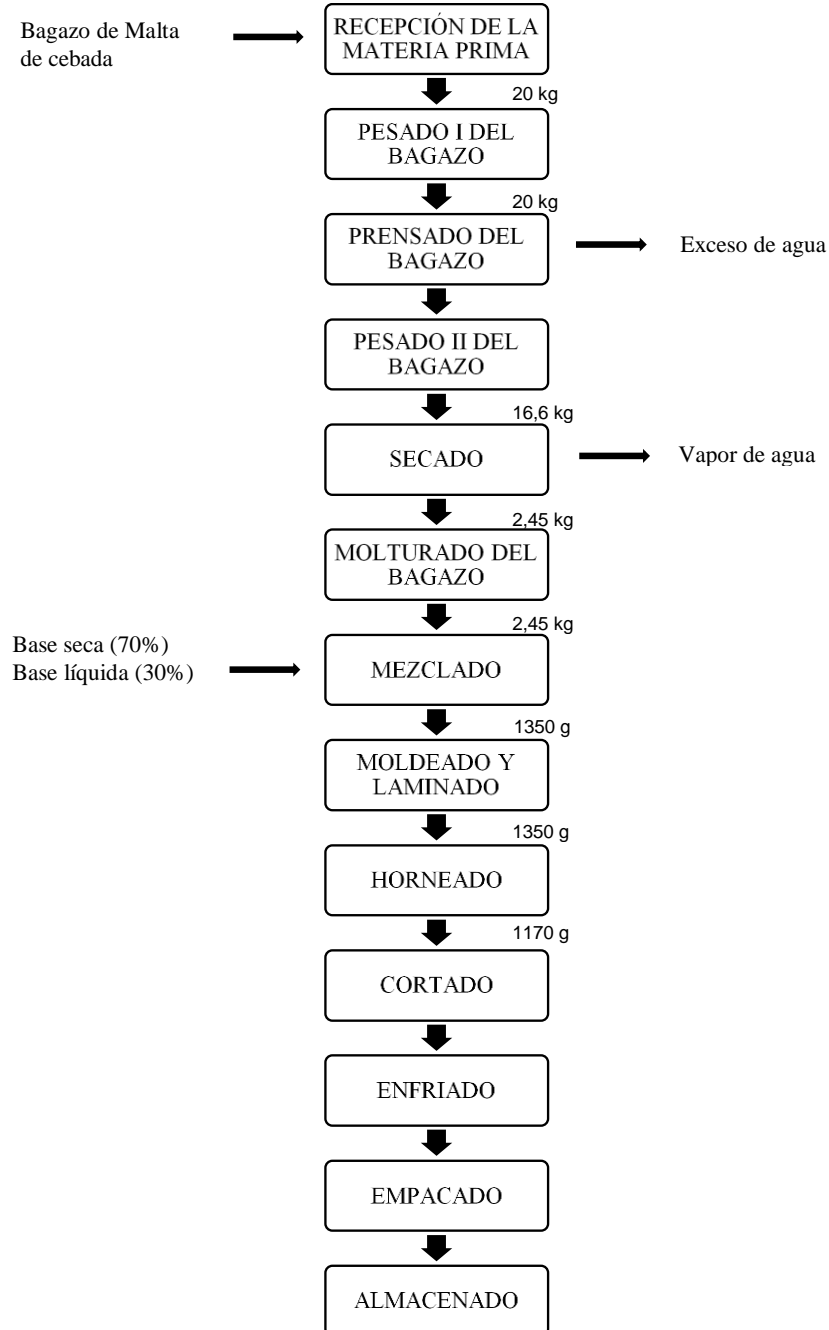
Westendorf, M., & Wohlt, J. (2002). Brewing by-products: their use as animal feeds. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, *18*(2), 233–52. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12235659>

ANEXOS

ANEXO 1: ARBOL DE PROBLEMAS



ANEXO 2: BALANCE DE MATERIALES DEL EXPERIMENTO

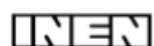


ANEXO 3: DATOS DE VARIABLES EVALUADAS (TEXTURA Y FIBRA)

TEXTURA				
Tratamiento	Repetición	Dureza (N)	Promedio (N)	Desviación Estandar (N) (\pm)
T1	R1	5,9698	6	0,1036
	R2	6,3062		
	R3	5,9283		
T2	R1	5,9698	6	0,1657
	R2	6,6062		
	R3	6,1283		
T3	R1	12,0539	12	0,2646
	R2	12,0031		
	R3	11,1131		
T4	R1	7,9853	8	0,0792
	R2	8,0868		
	R3	7,7762		
T5	R1	8,7528	8	0,2577
	R2	7,9800		
	R3	7,7759		
T6	R1	13,8745	13	0,2280
	R2	12,9737		
	R3	13,3012		
T7	R1	14,2147	15	0,6032
	R2	13,6376		
	R3	15,9549		
T8	R1	17,8764	18	0,2569
	R2	17,7320		
	R3	16,9230		
T9	R1	20,3341	20	0,1892
	R2	19,5780		
	R3	19,9821		

FIBRA				
Tratamiento	Repetición	Dureza (N)	Promedio (N)	Desviación Estandar (N) (\pm)
T1	R1	5,2298	5	0,0684
	R2	5,5034		
	R3	5,3690		
T2	R1	5,6698	6	0,0572
	R2	5,5022		
	R3	5,4509		
T3	R1	5,8054	6	0,1434
	R2	5,2345		
	R3	5,5690		
T4	R1	7,4922	8	0,0737
	R2	7,5987		
	R3	7,7834		
T5	R1	7,5528	8	0,0387
	R2	7,7067		
	R3	7,6159		
T6	R1	7,5533	8	0,0738
	R2	7,4567		
	R3	7,7467		
T7	R1	9,7172	10	0,0769
	R2	9,8502		
	R3	10,0240		
T8	R1	10,1109	10	0,0587
	R2	9,8763		
	R3	9,9876		
T9	R1	10,0129	10	0,1422
	R2	9,5780		
	R3	10,1132		

ANEXO 4: NTE INEN 2595:2011 GRANOLAS.REQUISITOS.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2595:2011

GRANOLAS. REQUISITOS.

Primera Edición

GRANOLAS. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, cereales, leguminosas y productos derivados, granola, requisitos.

AL: 02.02-408

CDU: 664.696

CIU: 3116

ICS: 67.060

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	GRANOLAS. REQUISITOS.	NTE INEN 2595:2011 2011-07
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las granolas. No incluye las granolas en barra.</p> <p style="text-align: center;">2. DEFINICIÓN</p> <p>2.1 Para los efectos de esta norma se adopta la siguiente definición:</p> <p>2.1.1 <i>Granolas</i>. Producto procesado apto para consumo directo, resultante de la mezcla de uno o más cereales, y/o pseudocereales, sometidos a uno o más procesos de cocción, con o sin adición de otros ingredientes crudos o cocidos.</p> <p style="text-align: center;">3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Las granolas deben tener aspecto, textura y consistencia, acorde a sus ingredientes y procesos de producción, pudiendo ser homogénea o heterogénea, crujiente o suave, suelta o granulada.</p> <p>3.2 Las granolas pueden ingerirse solas o mezcladas con otros alimentos.</p> <p>3.3 Las granolas deben presentar sabor y aroma típicos, naturales o provenientes de saborizantes y aromatizantes permitidos.</p> <p>3.4 Las granolas deben ser elaborada en condiciones sanitarias apropiadas, observándose las buenas prácticas de fabricación y a partir de materias primas sanas, limpias e inocuas.</p> <p>3.5 Los cereales y demás ingredientes de las granolas deben estar libres de materias extrañas y de signos de infestación o contaminación por roedores e insectos.</p> <p>3.6 Los ingredientes utilizados como materia prima de las granolas deben cumplir con las normas específicas de requisitos, como ingredientes se permiten entre otros, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Grasas y aceites comestibles,b) azúcares, melazas y jarabes,c) miel de abeja,d) derivados de cereales y pseudocereales,e) edulcorantes,f) especias,g) frutas deshidratadas,h) frutas enconfitadas,i) frutos secos, semillas y nueces,j) leguminosas,k) oleaginosas,l) sal,m) esencias,n) otros ingredientes aptos para el consumo humano. <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, cereales, leguminosas y productos derivados, granola, requisitos.</p>		

4. REQUISITOS

4.1 Requisitos específicos

4.1.1 *Requisito físico.* Las granolas deben cumplir con el requisito indicado en la tabla 1.

TABLA 1. Requisito físico de las granolas.

Requisito	Valor		Método de ensayo
	Mínimo	Máximo	
Humedad, % (m/m)	-	10,0 %	ISO 712 *AOAC 925.09, 925.10
*método generales recomendados.			

4.1.2 *Requisitos microbiológicos.* Las granolas deben cumplir con los requisitos indicados en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos Microbiológicos de las granolas.

Microorganismo	n	c	m	M	Método de Ensayo
Aerobios Mesófilos REP, (ufc/g)	5	1	10 ⁴	10 ⁵	NTE INEN 1 529-5
Mohos, (upc/g)	5	2	10 ²	10 ³	NTE INEN 1 529-10
Coliformes (ufc/g)	5	2	10	10 ²	NTE INEN 1 529-7
<i>Bacillus cereus</i>	5	1	10 ²	10 ⁴	ISO 7932
<i>Salmonella sp.</i>	5	0	Ausencia/25 g	----	NTE INEN 1 529-15

Donde:

n = Número de muestras que se van a examinar

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M = Índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable.

4.2 **Aditivos.** A las granolas se les puede adicionar aditivos en las dosis máximas especificadas en la NTE INEN 2 074.

4.3 **Contaminantes.** El límite máximo de metales pesados en las granolas debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Contaminantes

Metal	Requisito
Plomo, mg/kg	0,2
Cadmio, mg/kg	0,1*
*Excepto el salvado y el germen, así como los granos de trigo y el arroz	

4.4 Las granolas se ajustarán a los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius, CAC/LMR 01-2009.

4.5 Las granolas deben cumplir con un nivel máximo de 10 mg/kg de aflatoxinas totales (B1+B2+G1+G2) y 5 mg/kg de ocratoxina A, establecido por la Comisión del Codex Alimentarius, CODEX STAN 193-1995.

5. INSPECCIÓN

5.1 Los procesos de inspección que deben seguirse para la aceptación de lotes de granolas se especifican a continuación:

5.1.1 *Muestreo*

5.1.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a lo establecido en la familia de NTE INEN-ISO 2859 (ver nota 1) e ISO 3951 para producción continua o lotes aislados, la norma ISO 8422 e ISO 8423 para inspección por atributos y variables y las Directrices Codex sobre muestreo CAC/GL 50.

5.1.1.2 Los requisitos de cantidad de producto en paquetes y sus tolerancias debe estar de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN-OIML R 87.

5.1.2 *Aceptación y rechazo*

5.1.2.1 Si el producto cumple con los requisitos especificados en esta norma el lote es aceptado.

5.1.2.2 Si el producto no cumple con uno o más de los requisitos especificados en esta norma el lote es rechazado.

6. ENVASADO

6.1 Los envases deben ser nuevos y estar en condiciones sanitarias adecuadas, limpios y exentos de materias extrañas a fin de que resguarden la estabilidad y calidad del producto envasado, debiendo además protegerlo de cualquier contaminación durante su transporte, almacenamiento y comercialización.

6.2 Los recipientes, incluido el material de envasado, deben estar fabricados sólo con sustancias que sean de grado alimentario, inocuas y adecuadas para el uso al que están destinadas.

6.3 Los envases deben proteger al producto de la hidratación, constituyendo una barrera a la absorción de humedad externa suficiente para mantenerlo durante el almacenamiento, dentro del límite máximo de humedad establecido en esta norma.

7. ROTULADO Y ETIQUETADO

7.1 El rotulado y etiquetado debe cumplir con lo indicado en las NTE INEN 1 334-1 y 1 334-2, y con el RTE INEN 022.

NOTA 1. A la fecha el INEN ha adoptado las Normas Internacionales ISO 2859-1 e ISO 2859-10.

APÉNDICE Z

Z.1. DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-1	<i>Rotulado de Productos Alimenticios para consumo. Parte 1.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-2	<i>Rotulado de Productos Alimenticios para consumo. Parte 2.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-5	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesofilos REP.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10	<i>Control microbiológico de alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-7	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-15	<i>Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1	<i>Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 10: Introducción a la serie de normas de muestreo NTE INEN-ISO 2859 para la inspección por atributos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-10	<i>Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote.</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Rotulado de productos alimenticios, procesados, envasados, y empaquetados.</i>
Recomendación Técnica Ecuatoriana NTE INEN-OIML	<i>R 87 Cantidad de producto en paquetes.</i>
International Standard Organization ISO 712	<i>"Cereals and cereal products - Determination of moisture content - Reference method series of standards for sampling for inspection by attributes".</i>
International Standard Organization. ISO 7932	<i>"Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of presumptive Bacillus cereus -- Colony-count technique at 30 degrees C".</i>
International Standard Organization. ISO 8422	<i>"Sequential sampling plans for inspection by attributes".</i>
International Standard Organization. ISO 8423	<i>"Sequential sampling plans for inspection by variables for percent nonconforming (known standard deviation)".</i>
International Standard Organization. ISO 2859	<i>Series of standards for sampling for inspection by attributes.</i>
International Standard Organization. ISO 3951	<i>Series of standards for sampling procedures for inspection by variables.</i>
Official Methods of Analysis AOAC 925.09	<i>Solids (Total) and moisture in Flour –Vacuum</i>
Official Methods of Analysis AOAC 925.10	<i>Solids (Total) and moisture in Flour –Air Oven Method.</i>
Comisión del Codex Alimentarius CAC/LMR 01-2009	<i>Lista de límites Máximos de Residuos de Plaguicidas.</i>
Directrices del Codex Alimentarius CAC/GL 50-2004	<i>Muestreo.</i>

Z.2. BASES DE ESTUDIO

Ministerio de Salud Perú, Resolución Ministerial 591-2008/MINSA que aprueba la NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01 *Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: GRANOLA. REQUISITOS	Código:
NTE INEN 2595		AL 02.02-408

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2010-08-09	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: Granola. Requisitos	Fecha de aprobación: 2011-02-17
Fecha de iniciación: 2010-10-12	

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Pablo Polit (Presidente)
 MaE. Adriana Villavicencio
 Ing. Elisa Vélez Decker
 Ing. Augusto Solano
 Ing. Remigio Salazar
 Ing. Ana Gabriela Di Capua

 Ing. Alejandra Chiriboga

 Ing. Ruth Viera

 Ing. José Rugel
 Dra. Pilar Córdova
 Ing. Evelyn Andrade (Secretaria Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL –EPN
 INTERTEK –CALEB BRETT ECUADOR S.A.
 INTERTEK –CALEB BRETT ECUADOR S.A.
 PRODUCTOS SCHULLO
 NUTRIVITAL
 PROGRAMA DE PROVISION DE ALIMENTOS -
 MIES
 PROGRAMA DE PROVISION DE ALIMENTOS -
 MIES
 PROGRAMA DE PROVISION DE ALIMENTOS -
 MIES
 KELLOGG ECUADOR CIA. LTDA.
 LABORATORIO SEIDLA
 INEN

Otros trámites:

La Subsecretaria de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. 11 167 de 2011-05-20
 Registro Oficial No. 488 de 2011-07-11

ANEXO 5: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FICAYA

CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN SENSORIAL

**APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MALTA DE
CEBADA COMO INSUMO EN LA ELABORACIÓN DE UNA
BARRA DE CEREALES ALTA EN FIBRA.**

La evaluación sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un determinado producto y que se lo realiza a través de los sentidos.

INSTRUCCIONES

Sírvase a evaluar cada muestra detenidamente, marque con una X el casillero que mejor describa su percepción sensorial.

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

FECHA: _____

NRO DE CATADOR: _____

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
COLOR	GUSTA MUCHO									
	GUSTA MODERADAMENTE									
	ME DISGUSTA									
OLOR	GUSTA MUCHO									
	GUSTA MODERADAMENTE									
	ME DISGUSTA									
SABOR	GUSTA MUCHO									
	GUSTA MODERADAMENTE									
	ME DISGUSTA									
TEXTURA	GUSTA MUCHO									
	GUSTA MODERADAMENTE									
	ME DISGUSTA									
ACEPTABILIDAD	GUSTA MUCHO									
	GUSTA MODERADAMENTE									
	ME DISGUSTA									

ANEXO 6: ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL BAGAZO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 - CONEA - 2010 - 129 - DC.
Resolución No. 001 - 073 - CEAACES - 2013 - 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	014 - 2017
Análisis solicitado por:	Sr. Santiago Jurado
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	10 de febrero de 2017
Fecha de entrega informe:	16 de febrero de 2017
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica

#	Muestra
1	Bagazo de malta de cebada cerveza roja
2	Bagazo de malta de cebada cerveza rubia

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado		Metodo de ensayo
		1	2	
Contenido de agua	%	----	9,56	AOAC 925.10
Cenizas	%	----	2,78	AOAC 923.03
Extracto etéreo	%	3,47	3,4	AOAC 920.85
Fibra total	%	----	12,86	AOAC 978.10
Proteína total	%	16,11	14,66	AOAC 920.87

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2967800
Fax: Ext 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador