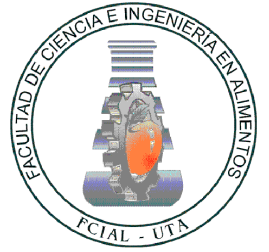




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS**



**“Efecto de la utilización de los β -glucanos del salvado
de la cebada en las propiedades reológicas y
nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor”.**

Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI), previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Autor: Paúl Andrés González Santamaría

Tutor: Ing. M.Sc. Araceli Pilamala

AMBATO - ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

Ing. M.Sc. Araceli Pilamala

Siendo la tutora del trabajo de investigación realizado bajo el tema: Efecto de la utilización de los β -glucanos del salvado de la cebada en las propiedades reológicas y nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor” por el egresado Paúl Andrés González Santamaría; tengo a bien afirmar que el estudio es idóneo y reúne los requisitos de una tesis de grado de Ingeniería en Alimentos; y el graduando posee méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador que sea designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, Febrero del 2015

Ing. M.Sc. Araceli Pilamala

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DE LA TESIS

La responsabilidad del contenido del Proyecto de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente: “EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE LOS B-GLUCANOS DEL SALVADO DE LA CEBADA EN LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y NUTRICIONALES DE UNA MATRIZ ALIMENTICIA TIPO ALFAJOR”, corresponde exclusivamente a Paúl Andrés González Santamaría, como patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Febrero del 2015

.....
Paúl Andrés González Santamaría

CI: 180428462-6

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Por constancia firman:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar las propiedades reológicas y nutricionales del alimento, en función de la incorporación de β -glucanos a mezclas de harinas en proporciones como: 0 % (testigo), 1%, 2% y 3%.

El análisis de los parámetros reológicos de las mezclas de harinas se realizó con el fin de determinar el porcentaje óptimo de adición de beta-glucanos para la elaboración de un alimento "tipo alfajor". Se trabajó con dos mezclas de harinas (Harina de trigo importado con almidón de maíz) y (Harina de trigo importado con harina de Quinoa y almidón de maíz) con la adición de β -glucanos en proporciones de 0%(testigo), 1, 2,3% a cada una de las mezclas.

Para su efecto, inicialmente se trabajó con diez genotipos de cebada a fin de llevar a cabo el proceso de extracción de beta-glucanos, las cuales fueron evaluadas a través de análisis físico-químicos, que en función del rendimiento en el presente proceso se estableció que los genotipos con mayor aptitud para la extracción fueron: INIAP GUARANGA, CM-09-007 y CH-09-011 con valores de 12.45, 10.64 10.26% respectivamente.

El tratamiento que presentó mejores características reológicas, farinográficas y sensoriales corresponde a0b2 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos), como el más apropiado para su escalamiento a nivel industrial.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios quien ha iluminado mi vida, me ha sabido dar la fuerza para levantarme de los tropiezos y momentos más difíciles de mi vida.

Y sobre todo al ser que más amo y amaré, mi madre Laura Fabiola Santamaría Escobar quien luchó siempre porque nunca me faltase nada y quien me amó como solo una madre lo hace, a ella que más que una madre fue mi mejor amiga y confidente, este trabajo es por ella y para ella, porque no solo fue mi sueño, también fue el sueño por el cual ella siempre luchó, a ti con todo mi esfuerzo, dedicación, respeto y sobre todo con todo mi amor madrecita.

Paúl Andrés González Santamaría

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, la paciencia, la fortaleza necesaria para salir adelante y poder cumplir una meta más en la vida.

A mi hermano Santiago que es un ejemplo de vida, que siempre ha estado junto a mi como amigo, como hermano y haciendo las veces de padre, a mi hermano Diego quien me brindo un techo y más que todo compañía y apoyo que me ayudó para poder realizar este trabajo fuera de mi ciudad, a mi cuñada Lorena que poco a poco se ha convertido en mi hermana y con un consejo o voz de aliento ha sabido ayudarme en momentos y ocasiones de mi vida.

A mi abuelita Corina, tía Jimena, y a la ñaña Elvia quien después del fallecimiento de mi madre me acogieron en su hogar, apoyándome y siempre brindándome un platito de comida. Dios les pague siempre.

A mis amigos todos gracias por los momentos compartidos, por cada sonrisa por ser como son conmigo, les quiero a todos y cada uno de ustedes.

A ese ser especial que llega a tu vida y te la cambia Fernanda gracias, como agradecerte todo lo que has hecho por mí, con tu amor y tu paciencia has sabido ayudarme y demostrar que existe siempre una razón por la cual seguir adelante.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería en Alimentos, por los conocimientos impartidos para poder lograr esta meta tan anhelada.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) estación Santa Catalina y sobre todo a la Ingeniera Elena Villacrés, por permitirme realizar este trabajo de graduación en sus instalaciones, gracias por su apoyo, su paciencia. Gracias a usted Ingeniera y a todos los que trabajan en el departamento de Nutrición y Calidad.

A la Ingeniera Araceli Pilamala, gracias por su tiempo, dedicación, esfuerzo y sus acertadas opiniones en la ejecución de este Trabajo de investigación.

INDICE

CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Tema de investigación.....	1
1.2. Planteamiento.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2. Análisis crítico	10
1.2.2.1 Relación Causa - Efecto	11
1.2.3. Prognosis	11
1.2.4. Formulación del problema.....	12
1.2.5. Interrogantes.....	12
1.2.6. Delimitación del objeto de investigación	12
1.3. Justificación	13
1.4. Objetivos.....	14
1.4.1. Objetivo General	14
1.4.2. Objetivo Específico	14
CAPÍTULO II	15
MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes investigativos	15
2.2. Fundamentación filosófica	16
2.3. Fundamentación legal	17

2.4.	Categorías fundamentales.....	21
2.4.1.	Marco conceptual de la variable Independiente.....	22
2.4.2.	Marco conceptual de la variable Dependiente	30
2.5.	Hipótesis.....	46
2.6.	Señalamiento de variables de la hipótesis	46
2.6.1.	Variable Dependiente	46
2.6.2.	Variable Independiente.....	46
CAPÍTULO III.....		47
METODOLOGÍA		47
3.1.	Enfoque	47
3.2.	Modalidad básica de la investigación	47
3.3.	Nivel o tipo de investigación	48
3.4.	Métodos y Técnicas de investigación.....	48
3.4.1.	Acondicionamiento de la muestra.....	48
3.4.2.	Método de obtención del salvado de cebada.	49
3.4.3.	Método de extracción de β -glucanos a partir del salvado de cebada....	49
3.4.4.	Incorporación de los β -glucanos en alfajores.	51
3.5.	Población y muestra	52
3.5.1.	Diseño Experimental	52
3.6.	Operacionalización de variables.....	57
3.7.	Recolección de información.....	59
3.8.	Procesamiento y Análisis de la Información	59

CAPÍTULO IV	60
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	60
4.1. Caracterización Físico- Química de Granos de Cebada	61
4.1.1. Peso Hectolítrico	61
4.1.2. Índice de Llenado	62
4.1.3. Peso de 1000 Granos.....	63
4.1.4. Medida Color	64
4.1.4.1. Luminosidad (L*)	65
4.1.4.2. Chroma (C*)	66
4.1.4.3. Hue Tono (h*).....	67
4.1.5. Humedad.....	68
4.1.6. Porcentaje de salvado	69
4.2. Caracterización Físico-Química del salvado de cebada.....	70
4.2.1. Fibra dietética total	70
4.2.1.1. Fibra dietética soluble.....	70
4.2.2. Rendimiento de extracción de Fibra dietética Soluble (β - glucanos).....	71
4.3. Concentración de β -glucanos en la Fibra dietética soluble	72
4.4. Rendimiento de extracción de β -glucanos y su correlación con la fibra dietética soluble.....	73
4.5. Rendimiento de extracción de β -glucanos y su correlación con el porcentaje de salvado.....	74
4.6. Elección de los mejores extractos de β -glucanos obtenidos del salvado de cebada.....	74
4.7. Caracterización de los extractos de β -glucanos.	75
4.7.1. Contenido de FDT en los extractos de beta-glucanos	75

4.7.2.	Ceniza de los extractos de β -glucanos.....	75
4.7.3.	Proteína de los extractos de β -glucanos	76
4.8.	Farinografía de las harinas enriquecidas con β -glucanos.	77
4.8.1.	Absorción de Agua	77
4.8.2.	Tiempo de Desarrollo	78
4.8.3.	Estabilidad	80
4.8.4.	Debilitamiento	81
4.9.	Reología de masas enriquecidas con β -glucanos.	82
4.9.1.	Índice de absorción de agua (C1).....	83
4.9.2.	Índice Amasado (C2).....	84
4.9.3.	Fuerza de Gluten (C3).....	85
4.9.4.	Viscosidad del gel de almidón (C4)	86
4.9.5.	Resistencia de la amilasa (C5).	87
4.9.6.	Retrogradación del almidón (C6).....	88
4.10.	Análisis sensorial de la matriz alimenticia “Tipo Alfajor”	89
4.10.1.	Color.....	90
4.10.2.	Olor.....	91
4.10.3.	Sabor.....	91
4.10.4.	Textura	92
4.10.5.	Aceptabilidad	93
4.11.	Perfil Nutricional a los mejores tratamientos.....	94
4.12.	Determinación del mejor tratamiento.....	95
4.13.	Costo y rendimiento.....	95
4.13.1.	Costo y rendimiento de extracción de β -glucanos.....	95
4.13.2.	Costo y rendimiento del producto	95

4.14.	Verificación de hipótesis.....	96
CAPÍTULO V		97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		97
5.1.	Conclusiones	97
5.2.	Recomendaciones	98
CAPÍTULO VI		100
PROPUESTA		100
6.1.	Datos informativos	100
6.2.	Antecedentes de la propuesta	100
6.3.	Justificación	101
6.4.	Objetivos.....	102
6.4.1.	Objetivo General	102
6.4.2.	Objetivos Específicos.....	102
6.5.	Análisis de factibilidad	102
6.6.	Fundamentacion científico – técnico.....	103
6.7.	Modelo operativo	105
6.8.	Administración	106
6.9.	Previsión de la evaluación	107
BIBLIOGRAFÍA		108
ANEXOS.....		117

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1.- Ranking de países productores de cebada en el período 2000-2009 (TM).....	5
Tabla N°2.- Producción de granos en México. 1995-2001 (miles de toneladas).....	6
Tabla N°3.- Enriquecimiento en β -glucano del salvado mediante varios tipos de molienda de laboratorio.....	27
Tabla N°3.- Los requisitos para una calidad Panadera.....	39
Tabla N°4.- Tratamientos para el análisis de contenido de beta-glucanos en líneas y variedades de cebada.....	52
Tabla N°5.- Tratamientos Resultantes de la combinación de factores en estudio.....	55
Tabla N°6.- Operacionalización de la Variable Independiente: Utilización de β -glucanos en alimentos.....	57
Tabla N°7.- Operacionalización de la Variable Dependiente: Propiedades reológicas y nutricionales.....	58
Tabla F-5.- Valores económicos de la propuesta.....	103
Tabla F-6.- Modelo operativo (Plan de acción).....	105
Tabla F-7.- Administración de la propuesta.....	106
Tabla F-8.- Previsión de la evaluación.....	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1.- Principales países productores de cebada en el período 2000-2009 (%).....	4
Gráfico N°2.- Árbol de problemas.....	10
Gráfico N° 3.- Red de inclusiones.....	21
Gráfico N° 4.- Curvas de perfil de harinas.....	35
Gráfico N° 5.- Ejemplo de Resultados de Mixolab Profiler.....	37
Gráfico N° 6.- Actividad amilásica medida por el Falling Number Hagberg y el valor del índice de las amilasas medido sobre grano de trigo molido.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1.- Estructura química,4 de los β -glucanos, con un enlace 1,3, cada tres enlaces 1.....	26
Figura N°2.- Esfuerzo cortante frente a gradiente de velocidad para fluidos newtonianos y no newtonianos.....	32
Figura N°3.- Fases del Mixolab.....	36
Figura N°4.- Curva tipo de un farinograma con el Mixolab Protocolo Simulador	44
Figura N° 5.- Atributos perceptuales básicos del color.....	64
Figura N°6.- Diagrama Cromático (izquierda) y coordenadas polares $C_{ab}^*h_{ab}^*$ (derecha).....	67

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS A

METODOLOGIAS

ANEXO A-1.- Hoja de catación

ANEXO A-2.- Proceso de obtención de harina a partir del salvado de cebada

ANEXO A-3.- Proceso de extracción de beta-glucano

ANEXO A-4.- Proceso para la realización de las mezclas de harina y analisis

ANEXO A-5.- Proceso de elaboracion de alfajores

ANEXO A-6.- Contenido de beta-glucanos

ANEXO A-7.- Contenido de fibra dietetica total

ANEXO A-8.- Contenido de proteina total (Micro Kjeldahl)

ANEXO A-9.- Mixolab Simulator

ANEXO A-10.- Mixolab System

ANEXOS B

DATOS EXPERIMENTALES

ANEXO B-1.- Resultados de caracterizacion fisico-quimica de los granos de cebada

ANEXO B-2.- Resultados de fibra total en las lineas/variedades de cebada

ANEXO B-3.- Resultados de porcentaje de cascara en las lineas/variedades de cebada

ANEXO B-4.- Resultados de rendimiento de extraccion de beta-glucanos

ANEXO B-5.- Resultados de contenido de beta-glucanos

ANEXO B-6.- Resultados de fibra de los extractos de beta-glucanos

ANEXO B-7.- Resultados de fibra soluble de los extractos de beta-glucanos

ANEXO B-8.- Resultados de ceniza de los extractos de beta-glucanos

ANEXO B-9.- Resultados de proteína en los extractos de beta-glucanos

ANEXO B-10.- Resultados de farinografía de las mezclas

ANEXO B-11.- Resultados de reología de las mezclas

ANEXO B-12.- Resultados de evaluación sensorial

ANEXO B-13.- Resultados del perfil nutricional

ANEXOS C

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla C-1.- Peso Hectolítrico (kg/HL) de líneas y variedades de cebada

Tabla C-1.1.- Análisis de Varianza para Peso Hectolítrico (kg/HL) de la cebada

Tabla C-1.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para Peso Hectolítrico (kg/HL) de la cebada

Tabla C-2.- Índice de llenado para los 10 genotipos cebada

Tabla C-2.1.- Análisis de Varianza para el índice de Llenado de la cebada

Tabla C-2.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para índice de llenado de 10 genotipos de cebada

Tabla C-3.- Peso de 1000 Granos para los 10 genotipos cebada en estudio

Tabla C-3.1.- Análisis de Varianza para el peso de 1000 granos de cebada

Tabla C-3.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para índice de llenado de 10 genotipos de cebada

Tabla C-4.- Resultados de Luminosidad para los 10 genotipos cebada en estudio

Tabla C-4.1.- Análisis de Varianza para valores de Luminosidad (L*)

Tabla C-4.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para la Luminosidad de 10 genotipos de cebada

Tabla C-5.- Resultados de Chroma C* para las dos variedades y ocho líneas de cebada

Tabla C-5.1.- Análisis de Varianza para valores de Chroma (C*)

Tabla C-5.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Chroma de 10 genotipos de cebada

Tabla C-6.- Resultados de Tono h° para las dos variedades y ocho líneas de cebada en estudio

Tabla C-6.1.- Análisis de Varianza para valores de Tono (h°)

Tabla C-6.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Tono de 10 genotipos de cebada

Tabla C-7.- Porcentaje de Humedad (%H) de dos variedades y ocho líneas de cebada

Tabla C-7.1.- Análisis de Varianza para el porcentaje de Humedad (%H) de la cebada

Tabla C-7.2.- Prueba de Tukey al 5% para la humedad de las variedades y líneas de cebada

Tabla C-8.- Porcentaje de salvado de dos variedades y ocho líneas de cebada nacional

Tabla C-8.1.- Análisis de Varianza para el porcentaje de salvado de la cebada

Tabla C-8.2. Prueba de Tukey al 5% para el Porcentaje de salvado de la cebada

Tabla C-9.- Fibra dietética de líneas y variedades de cebada

Tabla C-9.1.- Análisis de Varianza para el contenido de Fibra dietética soluble (%) en diez genotipos de cebada

Tabla C-9.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el contenido de Fibra dietética soluble (%) de diez genotipos de cebada

Tabla C-10.- Rendimiento de extracción de Fibra soluble, a partir del salvado de cebada

Tabla C-10.1.- Análisis de Varianza para el rendimiento de extracción de fibra soluble, a partir del salvado de dos variedades y ocho líneas de cebada

Tabla C-10.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el rendimiento de extracción de fibra soluble, a partir del salvado de dos variedades y ocho líneas de cebada

Tabla C-11.- Contenido de β -glucanos en los extractos de 2 variedades y ocho líneas de cebada

Tabla C-11.1.- Análisis de Varianza para el contenido de β -glucanos en 10 extractos de fibra soluble de 2 variedades y ocho líneas de cebada

Tabla C-11.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el contenido de β -glucanos en 10 extractos de fibra soluble de 2 variedades y ocho líneas de cebada nacional

Tabla C-12.- Contenido de FDT en los extractos de beta-glucanos.

Tabla C-12.1.- Análisis de Varianza para el contenido de β -glucanos en la fibra dietética total

Tabla C-12.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para los β -glucanos de la fibra dietética total (FDT) de cebada

Tabla C-13.- Contenido de Ceniza en los extractos de β -glucano

Tabla C-13.1.- Análisis de Varianza para el porcentaje de ceniza de tres extractos de β -glucanos

Tabla C-13.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el porcentaje de ceniza en los extractos de β -glucanos

Tabla C-14.- Contenido de Proteína de los extractos de β -glucano

Tabla C-14.1.- Análisis de Varianza para el porcentaje de proteína para los tres extractos de β -glucanos

Tabla C-14.2.- Prueba de diferenciación para el Porcentaje de proteína en los extractos de β -glucanos

Tabla C-15.- Farinogramas de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Tabla C.15.1.- Análisis de Varianza para el Tiempo de desarrollo de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Tabla C-15.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el tiempo de desarrollo

Tabla C-15.3.- Análisis de Varianza para la Estabilidad de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Tabla C-15.4.- Prueba de Diferenciación de Tukey para la Estabilidad

Tabla C-15.5.- Análisis de Varianza para el debilitamiento

Tabla C-15.6.- Prueba de Diferenciación de Tukey para Debilitamiento

Tabla C-16.- Caracterización reológica para todas las mezclas de harina y porcentaje de β -glucanos

Tabla C-16.1.- Análisis de Varianza para el Índice de Amasado

Tabla C-16.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para índice de Amasado

Tabla C-16.3.- Análisis de Varianza para el Índice de Gluten de varias mezclas de harinas

Tabla C-16.4.- Prueba de Diferenciación de Tukey para índice de Gluten

Tabla C-16.5.- Análisis de Varianza para la viscosidad del gel de almidón

Tabla C-16.6.- Prueba de Diferenciación de Tukey para la viscosidad del gel de almidón de varias mezclas de harinas

Tabla C-16.7.- Análisis de Varianza para la Resistencia amilásica

Tabla C-16.8.- Prueba de Diferenciación de Tukey para Resistencia amilásica.....

Tabla C-16.9.- Análisis de Varianza para la retrogradación del almidón

Tabla C-16.10.- Prueba de Diferenciación de Tukey para la retrogradación del almidón

Tabla C-17.- Análisis de Varianza para el Color del Alfajor

Tabla C-17.1.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Color del Alfajor

Tabla C-18.- Análisis de Varianza para el Olor del Alfajor

Tabla C-18.1.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Olor del Alfajor

Tabla C-19.- Análisis de Varianza para el Sabor del Alfajor

Tabla C-19.1.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Sabor del Alfajor

Tabla C-20.1.- Textura del Alfajores enriquecidos con b-glucanos

Tabla C-21.- Análisis de Varianza para el Aceptabilidad del Alfajor

Tabla C-21.1.- Prueba de Diferenciación de Tukey para Aceptabilidad del Alfajor

ANEXOS D

CORRELACIONES

Tabla D-1.- Correlación entre %FDS y rendimiento de extracción de β -glucanos para las 2 variedades y ocho líneas de cebada

Gráfico D-1.1.- Relación entre Fibra dietética soluble y Rendimiento de extracción de β -glucanos para las líneas/variedades de cebada

Tabla D-2.- Correlación entre %FDS y rendimiento de extracción de β -glucanos para las 2 variedades y ocho líneas de cebada

Gráfico D-2.1.- Relación entre el Porcentaje de salvado y Rendimiento de extracción de β -glucanos para las líneas/variedades de cebada

ANEXOS E

FIGURAS Y GRÁFICOS

Gráfico E-1.- Peso Hectolítrico (Kg/Hl) de los granos de cebada

Gráfico E-2.- Índice de Llenado de 10 genotipos de cebada

Gráfico E-3.- Resultados de Peso de 1000 granos (g) de 10 genotipos de cebada

Gráfico E-4.- Resultados de Luminosidad de 10 genotipos de cebada

Gráfico E-5.- Resultados de Chroma C* de 10 genotipos de cebada nacional en estudio

Gráfico E-6.- Valores del Hue o Tono (h°) para 10 genotipos de cebada

Gráfico E-7.- Porcentaje de Humedad (%H) de 10 genotipos de cebada

Gráfico E-8.- Porcentaje de salvado de 10 genotipos de cebada nacional.

Gráfico E-9.- Porcentaje de fibra dietética soluble en el salvado dos variedades y ocho líneas de cebada

Gráfico E-10.- Rendimiento de fibra dietética soluble a partir del salvado de 10 líneas/variedades de cebada

Gráfico E-11.- Contenido de β -glucanos en la FDT de varios genotipos de cebada

Gráfico E-12.- Porcentaje de Ceniza en los extractos de β -glucano

Gráfico E-13.- Porcentaje de proteína en los extractos de β -glucano

Gráfico E-14.- Tiempo de desarrollo de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Gráfico E-15.- Tiempo de estabilidad de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Gráfico E-16.- Debilitamiento (UF) de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Gráfico E-17.- Índice de Absorción de Agua

Gráfico E-18.- Índice de Amasado de varias mezclas de harina con inclusión de β -glucanos

Gráfico E-19.- Índice de Gluten para varias mezclas de harina

Gráfico E-20.- Índice de Resistencia amilásica

Gráfico E-21.- Retrogradación del almidón para varias mezclas de harinas

Figura E-1.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 0% de Beta-glucanos

Figura E-2.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 1% de Beta-glucanos

Figura E-3.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 2% de Beta-glucanos

Figura E-4.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 3% de Beta-glucanos

Figura E-5.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 0% de Beta-glucanos

Figura E-6.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 1% de Beta-glucanos

Figura E-7.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 2% de Beta-glucanos

Figura E-8.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 3% de Beta-glucanos

Figura E-9.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 0% de Beta-glucanos

Figura E-10.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 1% de Beta-glucanos

Figura E-11.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 2% de Beta-glucanos

Figura E-12.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 3% de Beta-glucanos

Figura E-13.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 0% de Beta-glucanos

Figura E-14.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 1% de Beta-glucanos

Figura E-15.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 2% de Beta-glucanos

Figura E-16.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 3% de Beta-glucanos

ANEXOS F

COSTOS Y RENDIMIENTOS

ANEXO F-1.- Rendimiento de extracción

ANEXO F-2.- Costos de extracción

Tabla F-2.1.- Costo de materiales directos e indirectos

Tabla F-2.2.- Costo de materiales directos e indirectos

Tabla F-2.3.- Costo Utensilios y equipos.

Tabla F-2.4.- Costo de mano de obra

Tabla F-2.5.- Costo de producción

Tabla F-2.6.- Costo total del Producto

ANEXO F-3.- Rendimiento de producción

ANEXO F-4.- Costos de producción

Tabla F-4.1.- Costo de materiales directos e indirectos

Tabla F-4.2.- Costo de materiales directos e indirectos

Tabla F-4.3.- Costo Utensilios y equipos

Tabla F-4.4.- Costo de mano de obra

Tabla F-4.5.- Costo de producción

Tabla F-4.6.- Costo total del Producto

ANEXO G

FOTOGRAFÍAS

ANEXO G-1.- Recepción de las líneas/variedades de cebada

ANEXO G-2.- Escarificador

ANEXO G-3.- Salvado

ANEXO G-4.- Molino

ANEXO G-5.- Muestra molida y pesada

ANEXO G-6.- Equipos y Reactivos utilizados para la extracción

ANEXO G-7.- Proceso de extracción

ANEXO G-8.- Fibra Dietética

ANEXO G-9.- Determinación de Beta-glucanos

ANEXO G-10.- Determinación de Cenizas

ANEXO G-11.- Mixolab

ANEXO G-12.- Cataciones

ANEXO G-13.- Alfajores

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

Efecto de la utilización de los β -glucanos del salvado de la cebada en las propiedades reológicas y nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor”.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

1.2.1.1. Contextualización macro

La cebada, (*Hordeum distichum L. Hordeum hexastichum L.*) es el más antiguo de los cereales que el hombre ha cultivado. Tuvo su origen en Asia y su cultivo en la China se registra hacia el 2.800 A.C. donde se utilizaba como alimento humano y animal. Igualmente y con los mismos fines, se cultivaba en Egipto.

En lugares como Palestina, Siria, Valle de Éufrates, Irán y Este de Afganistán se encontraron formas de cebada que fueron usadas por antiquísimos pobladores antes de que se conocieran las variedades cultivadas.

La cebada es utilizada actualmente en países desarrollados en un 75% para alimentación animal y en un 25% para la elaboración de malta, materia prima para la fabricación de cerveza. (Poveda T. , 2010)

La cebada cultivada (*Hordeum vulgare*) descende de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum*), la cual crece en el Oriente Medio. Desde el antiguo Egipto se cultiva la cebada y fue importante para su desarrollo. La cebada

también fue conocida por los griegos y los romanos quienes la utilizaban para elaborar pan y era la base de la alimentación para los gladiadores romanos en Suiza se han encontrado restos calcinados de tortas elaboradas con granos toscamente molidos de cebada y trigo que datan de la Edad de Piedra (Moreno, 2010)

Se tienen antecedentes del cultivo de la cebada en las culturas Babilónica, egipcia y China, en donde se cosechaba este producto de forma silvestre. Se considera que de manera accidental se descubrieron las propiedades de la cebada, cuando al estar almacenada cierto tiempo, por las condiciones de humedad, ésta germinaba y al ser empleada para la preparación de alimentos, éstos resultaban con mejor textura y sabor. Así, en forma deliberada se inició el proceso de germinación de cebada. (Lopez, 2001)

En la actualidad, éste cereal se produce en casi todo el mundo, destinándolo principalmente a dos tipos de mercado: como alimento para ganado y para producción de malta. Particularmente en México, aproximadamente el 70% de la cebada que se produce es específica para ser utilizada por la industria maltera y el 30% restante corresponde a variedades que se utilizan fundamentalmente para alimentación de ganado.

La consolidación en el mercado nacional y de exportación de las dos grandes compañías cerveceras en México y el buen posicionamiento de sus productos en los mercados mundiales, han propiciado el desarrollo de una industria de producción de malta en México, integrada verticalmente con los fabricantes de cerveza. Esta industria a su vez ha desarrollado sus propias comercializadoras de grano de cebada, las que celebran contratos con los productores agrícolas para la producción de las variedades malteras demandadas por la industria. (Fundacion, Guanajuato, 2002)

La cebada es un cereal muy antiguo que fue domesticado aproximadamente hace 10.000 años. Es el cuarto cereal en importancia en el mundo después del maíz, el trigo y el arroz. En España es el cultivo con mayor número de hectáreas sembradas.

La cebada al principio fue utilizada como alimento humano, pero se fue transformando en pienso para los animales o material para fabricación de cerveza a medida que el trigo iba ganando importancia (Newman, 2008)

Sin embargo aún existen algunos países de Asia y África en el que todavía continúa siendo el principal alimento.

Recientes trabajos sobre salud y nutrición han demostrado que la cebada posee grandes cualidades para la salud humana por lo que últimamente se han incrementado mucho los estudios para esta tercera utilidad. Como consecuencia, en Estados Unidos y Canadá se está utilizando bastante con esta finalidad. (Cebadacistue, 2012)

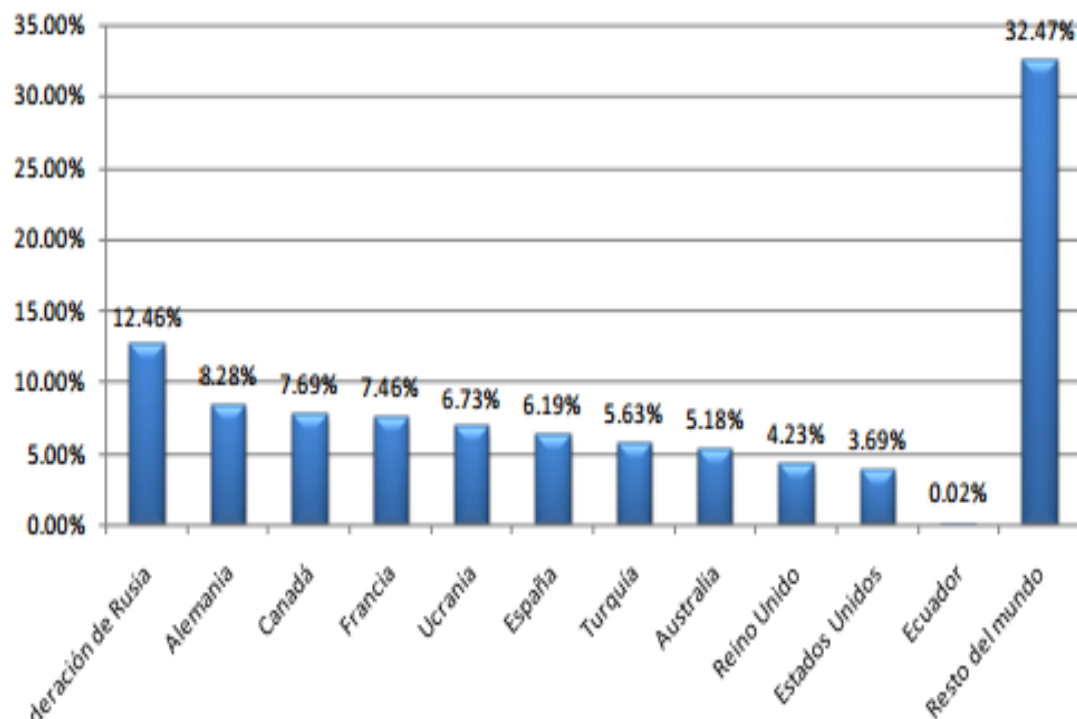
El cultivo de cebada a nivel mundial alcanza una producción promedio de 142'840.251 TM por año.

El continente europeo, con el 63,24% del total, es la región con mayor producción de cebada; por su parte, Asia y América tienen una participación del 28,07%, y Oceanía y África conforman el restante 8,69%.

La participación de los principales productores de cebada a nivel internacional, así como también su volumen anual de producción en el último decenio, se presentan en el Gráfico 1 y en la Tabla 1. La lista está encabezada por la Federación de Rusia, que en promedio para el período 2000 - 2009 produce un total de 17'795.175 TM, con lo cual alcanza el 13% del total mundial.

Canadá, Australia y Estados Unidos, son los únicos países fuera de Europa que aparecen en el ranking de los diez principales, y juntos reúnen el 17% de la producción mundial. Dentro de este ranking, Ecuador ocupa la posición 82, con un promedio de 23.585 TM para el mismo período, y su participación en el mundo es de 0,02%. (INEC, 2009)

Gráfico N° 1.- Principales países productores de cebada en el período 2000-2009 (%)



Fuente: Food and Agricultural Organization (FAO)

Tabla N°1.- Ranking de países productores de cebada en el período 2000-2009 (TM)

Ranking	País	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	Federación de Rusia	14,079,160	19,534,510	18,738,890	18,003,290	17,179,740	15,791,370	18,036,511	15,559,075	23,148,450	17,880,760
2	Alemania	12,105,820	13,494,887	10,927,970	10,490,000	12,993,000	11,613,800	11,966,600	10,384,218	11,967,114	12,288,100
3	Canadá	13,228,600	10,845,600	7,467,700	12,164,200	12,556,700	11,677,600	9,573,100	10,983,900	11,781,400	9,517,200
4	Francia	9,709,332	9,799,113	10,975,970	9,844,289	11,031,511	10,313,389	10,400,600	9,473,570	12,171,300	12,879,600
5	Ucrania	6,871,900	10,185,700	10,363,800	6,833,200	11,084,400	8,975,100	11,341,200	5,980,800	12,611,500	11,833,100
6	España	11,063,008	6,249,139	8,362,328	8,698,400	10,639,817	4,626,059	8,136,389	11,945,319	11,261,100	7,399,700
7	Turquía	8,000,000	7,500,000	8,300,000	8,100,000	9,000,000	9,500,000	9,551,000	7,306,800	5,923,000	7,300,000
8	Australia	6,743,000	8,280,000	3,865,000	10,382,000	7,739,767	9,483,000	4,257,032	7,160,168	7,996,506	8,098,000
9	Reino Unido	6,492,000	6,660,000	6,128,000	6,370,000	5,816,000	5,495,000	5,239,000	5,079,000	6,144,000	6,969,000
10	Estados Unidos	6,919,229	5,406,619	4,940,197	6,058,777	6,090,565	4,613,400	3,922,552	4,574,520	5,229,590	4,949,370
82	Ecuador	25,121	26,361	29,085	22,763	22,037	22,914	23,438	24,762	17,954	21,423
	Resto del mundo	37,903,525	46,035,965	46,644,862	45,609,987	49,678,210	46,530,921	47,069,188	46,331,359	46,819,762	51,156,743
	Mundo	133,115,574	143,991,533	136,714,717	142,554,143	153,809,710	138,619,639	139,493,172	134,778,729	155,053,722	150,271,573

Fuente: Food and Agricultural Organization (FAO)

1.2.1.2. Contextualización meso

En el periodo 2009/2010: Argentina, Brasil y Uruguay produjeron en conjunto 2'017.700 toneladas de cebada, de las cuales participa Argentina con 1'353.000 toneladas Uruguay 464.071 toneladas, Brasil 200.629 Toneladas.

A nivel mundial se elabora aproximadamente una cantidad de 9.3 millones de toneladas de pastas alimenticias al año. Italia produce 2.9 millones de toneladas por sí sola, seguida muy de lejos en segundo lugar por EE.UU, con 1.15 millones. En tercer lugar se ubica Brasil con 1 millón de toneladas.

En América Latina, el mayor productor es Brasil (10% de la producción mundial), seguido por México (4%), Venezuela (3,5%) y Argentina (3%). (Pachacama, 2012)

Tabla N°2.- Producción de granos en México. 1995-2001 (miles de toneladas).

	Granos	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Promedio 95-2001	TMCA 1/
1	Maíz	18,353	18,026	17,656	18,456	17,708	17,559	20,134	18,270	0.7%
2	Sorgo	4,171	6,809	5,712	6,475	5,720	5,842	6,567	5,900	2.5%
3	Trigo	3,468	3,375	3,657	3,235	3,021	3,493	3,275	3,361	-0.2%
4	Frijol	1,271	1,349	965	1,261	1,059	888	1,063	1,122	-5.7%
5	Cebada	487	586	471	411	454	713	762	555	6.6%
6	Arroz	367	394	469	458	327	351	227	370	-5.4%
7	Garbanzo	116	223	201	98	198	234	326	199	10.5%
8	Soya	190	56	185	150	133	102	122	134	-1.8%
9	Girasol	0	0	2	1	1	0	1	1	1.6%
10	Triticale	0	0	0	0	0	2	2	1	307.7%

Fuente: SIACON, SAGARPA, 2002.

En algunos países del Cercano Oriente y de América del Sur, como Colombia y Ecuador, aún se utiliza como alimento para consumo humano. Sin embargo, la cebada es mucho más utilizada en el malteado y obtención de mostos para la elaboración de la cerveza y para destilar en la fabricación de whisky escocés y de ginebra holandesa. Existe una parte del pan que se elabora con cebada: pan de cebada (denominado a veces “pan negro”). Otra pequeña proporción se destina para la alimentación animal, particularmente de cerdos. Se elaboran bebidas no alcohólicas o ligeramente alcohólicas, como el kvas y el agua de cebada. (SAGARPA, 2012)

El principal uso de la malta en México es para la producción de cerveza, la cual se encuentra dominada por dos grandes corporativos, Cervecería Modelo y Cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma, las cuales a su vez han generado un esquema de integración vertical hacia la línea de aprovisionamiento de malta, teniendo sus propias empresas productoras del extracto que es empleado como

base del proceso de fermentación empleado para producir cerveza. (Pachacama, 2012)

1.2.1.3. Contextualización micro

El cultivo de la cebada en el país se remonta desde los tiempos de conquista Española, cuando por necesidad de forraje para alimentar a los caballos fue cultivada con anterioridad al trigo.

Después del maíz y a pesar de la reducción de la superficie cultivada, es el cereal de más amplia distribución en la región interandina, en razón de su empleo diversificado; un 40% se destina para alimentación humana, es utilizada principalmente por amplios sectores de la población, estimada en 3'000.000 de habitantes, el 40% sobrante se utiliza industrialmente, en la elaboración de malta y cerveza; en tanto que el 20% se emplea como forraje.

Pese a la reducción del número de explotaciones dedicadas a este cultivo, se reportan 12.844 unidades de explotación; sin embargo, no refleja a los pequeños productores que cultivan superficies reducidas, destinadas al uso y consumo familiar. (Coronel, 2011)

De acuerdo al INIAP, las condiciones agroecológicas para el cultivo de cebada en Ecuador son: zonas especializadas en cereales comprendidas entre 2.400-3.300 msnm, un clima que incluya una precipitación de 400 a 600 mm lo largo del ciclo de cultivo, un suelo franco arenoso, profundo, con buen drenaje y con un pH que oscile entre 6,5 a 7,5.

La cebada en el Ecuador es usada de varias formas y una de las principales es la máchica que es la harina de cebada tostada y como arroz de cebada, que unidas representan el 88,3% del total de la cebada consumida. Cabe recalcar que he incrementado la importancia de las cualidades físicas y químicas de la

cebada con el objetivo de captar otros segmentos de mercado. Para una buena comercialización se requiere un manejo adecuado post-cosecha pero además el incorporar variedades mejoradas. (Poveda M. , 2006)

El Ecuador, importa quinientas mil toneladas de trigo para satisfacer la demanda local y, solo se produce el 2% de este total en el país, si llegáramos a una superficie de 500.00 hectáreas a nivel nacional se abastecería en un 30% la demanda del país. (SICA, 2002).

En el Ecuador, la superficie sembrada con cebada supera las 48 000 ha (INEC, 2009), distribuidas en todas la provincias de la sierra, siendo Chimborazo y Cotopaxi las de mayor área con el cultivo.

Es innegable la importancia o connotación social que tiene la cebada en nuestra región interandina, si se toma en cuenta que el agricultor cebadero de las partes altas de esta región es de los más pobres del mundo (agricultor de subsistencia), y este cultivo, por su tolerancia y adaptación a ambientes marginales de producción, como son aquellas áreas ubicadas sobre los 3300 m de altitud, se ha constituido, por centurias ahora, en un alimento básico de estos campesinos(as).

La importancia económica y social de la cebada se basa en el consumo humano. En áreas rurales el consumo de este cereal representa el 46% de la producción nacional que es de 20.800 toneladas (INEC 1995), mientras que en el área urbana, el consumo familiar (cinco personas/familia) no excede de los 34.16 kg/año (Poveda M. , 2006)

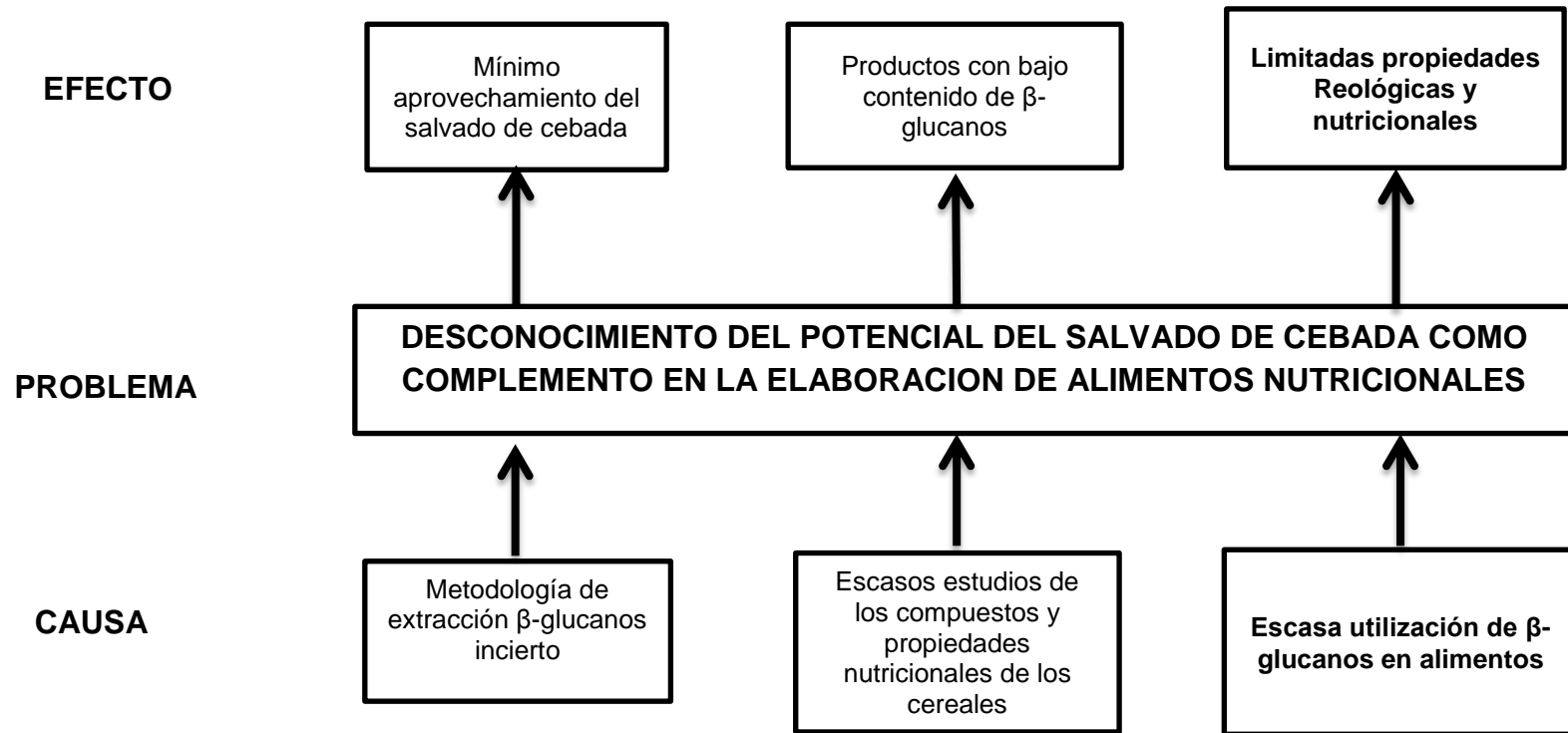
Se han hecho diversos estudios que comparan el efecto de la alimentación con cebada o trigo o arroz sobre los niveles de colesterol en individuos hipercolesterolémicos que demuestran que la cebada produce una disminución significativa de dichos niveles (Newman, 2008).

Se cree que el efecto de reducción del colesterol producido por la cebada se debe a la viscosidad causada por la presencia del beta-glucano que, a nivel intestinal, inhibe la absorción de lípidos y colesterol (Wang et al. 1992). También se cree que los beta-glucanos modifican el metabolismo de los ácidos biliares en el intestino al unirse a ellos, provocando su excreción y en último término, la disminución del colesterol (Kahlon TS, 1993)

La “Food and Drug Administration (FDA)” estadounidense acepta el consumo de 3-6 g de β -glucano diarios en forma de grano de cebada entero, grano de cebada perlado (sin las cariósides que lo envuelven, productos con harina de cebada como pan (70% trigo + 30% cebada) o repostería es efectivo para bajar el colesterol LDL y el colesterol total. (Kahlon TS, 1993)

1.2.2. Análisis crítico

Gráfico N°2. Árbol de problemas



Elaborado por: Paúl González S., 2015

1.2.2.1 Relación Causa – Efecto

El presente estudio se fundamenta la utilización β -glucanos extraídos del salvado de cebada (*Hordeum vulgare*), en el enriquecimiento de una matriz alimenticia tipo alfajor, para contribuir al desarrollo de la innovación tecnológica en productos de galletería, ofertar productos con mejores propiedades reológicas y nutricionales, aprovechando el desecho que genera la cebada al momento de la molienda.

Los pocos trabajos de investigación técnico económico utilizando el salvado de cebada en alimentos para consumo humano no han permitido el desarrollo a nivel industrial de este sub-producto y por lo tanto la existencia de un mercado insatisfecho y deseoso de un producto novedoso con buenas características tanto nutricionales como sensoriales.

1.2.3. Prognosis

Si no se desarrolla la presente investigación, no se permitirá conocer el contenido de beta-glucanos del salvado de cebada y su funcionalidad en la industria alimentaria. En general los β -glucanos son un componente importante de la fibra alimenticia soluble, con gran influencia en los valores nutricionales y propiedades funcionales de la comida. (Rivero, 2011-2012)

Por tal motivo se debe fomentar la investigación y estudio de nuevas alternativas de procesamiento de alimentos, las cuales pueden ser potencialmente útiles en la industria alimenticia, ya que de no hacerlo no existiría un mejoramiento en los productos ya establecidos en el mercado a mas altos costos.

A futuro, si no se aplica nuevas tecnologías en la industria alimenticia que permita mejorar la calidad de los alimentos tanto física, química, nutricional y

organoléptica provocaría que el alimento no cumpla las expectativas del consumidor, por esto surge la necesidad de extraer polisacáridos llamados beta-glucanos con el propósito de adicionar a una matriz alimenticia mejorándola nutricionalmente.

1.2.4. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la utilización de los β -glucanos del salvado de la cebada en las propiedades reológicas y nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor”?

1.2.5. Interrogantes

- ¿Cuál será el rendimiento de β -glucanos a partir de 10 genotipos de Cebada?
- ¿Cómo se elaborará el producto alimenticio enriquecido con β -glucanos obtenidos del salvado de cebada?
- ¿Cuál es el tratamiento óptimo en función de la evaluación reológica y sensorial?
- ¿En qué alimento proponer la incorporación de β -glucanos?

1.2.6. Delimitación del objeto de investigación

Campo: Investigación Tecnológica

Sub-Área: Alimentos

Sector: Cereales

Sub- sector: Nutrición

Delimitación espacial: Este proyecto será estudiado en los espacios físicos de los Laboratorios de Nutrición y Calidad del I.N.I.A.P Quito - Ecuador

Delimitación temporal: La investigación será realizada en el periodo Enero – Agosto 2015

1.3. Justificación

Tomando en cuenta lo benéfico de los β -glucanos que son un componente importante de la fibra alimenticia soluble, con gran influencia en los valores nutricionales y propiedades funcionales de los alimentos, sin embargo son pocos los trabajos que se han realizado sobre la elaboración de alimentos enriquecidos con β -glucanos extraídos de los desechos de la cebada, por lo que es un tema de suma importancia ya que se pretende elaborar alfajores con sustitución parcial de harina de quinua y el enriquecimiento con β -glucanos, dando así una posible alternativa de solución para preservar la salud y aprovechar los desechos de la cebada.

Es por esto que el presente proyecto planteado tiene como finalidad trasladar la investigación sobre tecnologías tanto de extracción como de elaboración de alimentos enriquecidos con β -glucanos a un nivel industrial tomando en cuenta los resultados obtenidos en la parte experimental del proyecto financiado por el INIAP Santa Catalina que permita un rango aceptable en las características nutricionales y reológicas del alimento.

La elaboración de un alimento con características funcionales es de suma importancia debido a que este tipo de producto puede ayudar a obtener una dieta balanceada principalmente en las personas de edad media ya que el producto que se realiza tiene como componente principal la fibra dietética soluble esta permanece sin digerir excepto por la microflora del colon en el intestino inferior.

No obstante una de las razones por el cual se realizará este estudio es el aprovechamiento de los desechos de la cebada en los cuales se encuentra la mayor cantidad de β -glucanos mismos que se destina para alimentación animal sin darle un mejor aprovechamiento en la industria alimentaria. Con este proyecto también se proporcionará un mayor aporte nutricional para la

población ecuatoriana que consuma productos elaborados a base de estos cereales.

El efecto de la utilización de los β -glucanos del salvado de la cebada en las propiedades reológicas y nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor” presenta un margen de originalidad debido a que engloba la utilización de los desechos de cebada para la extracción de β -glucanos, y no existen estudios sobre el aprovechamiento de dicho recurso.

Por otro lado, la presente investigación tiene un alto grado de factibilidad de realización al aprovechar los desechos de cebada para la extracción de su componente principal como son los β -glucanos, polisacáridos con alto contenido en fibra, proteína y gomas, compuestos de mucha importancia en el área de galletería, además puede sustituir las funciones del gluten que el harina de quinua no la tiene y se va a utilizar para la elaboración de dichos alfajores.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar las propiedades reológicas y nutricionales del alimento en función de la incorporación de β -glucanos.

1.4.2. Objetivo Específico

1.4.2.1. Determinar el rendimiento de β -glucanos a partir de 10 genotipos de Cebada

1.4.2.2. Desarrollar un producto alimenticio enriquecido con β -glucanos obtenidos del salvado de cebada

1.4.2.3. Determinar el tratamiento óptimo en función de la evaluación reológica y sensorial.

1.4.2.4. Proponer la matriz alimenticia para la utilización de β -glucanos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes investigativos

En la presente investigación bibliográfica se encontró varios estudios acerca de B-glucanos tales como:

(Moreano, 2011) En su investigación sobre la cuantificación de β -glucanos concluye que doce materiales presentaron el mejor contenido de β -glucanos, con valores que van desde 2.23 a 3.74% entre ellas sobresalieron INIAP Guaranga, CD-09-009 y CM-09-007 con valores de 3.74, 3.72 y 3.73 respectivamente. En el estudio también describe que la concentración de β -glucanos no es atribuible a un solo genotipo de cebada en particular, ya que de entre los 12 materiales con alta concentración de β -glucanos, 6 son del genotipo hexásticas, 5 son diásticas y 1 es maltera, por lo que presentan mayor aptitud para el consumo humano, mientras que la variedad CAMELOT con 0.38% de β -glucanos es ideal para cervecería.

Por otro lado Moreano, 2011 menciona que el contenido de β -glucanos no se correlaciona proporcionalmente con la viscosidad de los mostos, debido a que no depende de la concentración del β -glucano, si no del peso molecular. Y finalmente dice que los materiales con alto contenido de β -glucanos, se determinó un alto grado de correlación con la fibra dietética soluble, debido a que los componentes mayoritarios de la fibra dietética soluble son los β -glucanos, encontrándose en menor proporción los pentosanos y las hemicelulosas solubles. Un ejemplo claro de los expuesto por Moreano se obtuvo con la variedad INIAP Guaranga con el mayor contenido de β -glucanos (3.74%) y fibra dietética soluble (8.54%).

(Rivero, 2011-2012) Desarrolló procesos de extracción de beta-glucanos de los granos de cebada concluyendo que los extractos obtenidos a partir de cebada son capaces de aportar una elevada viscosidad a sus disoluciones acuosas que dependerá del peso molecular de los beta-glucanos y de su concentración. Dichos extractos fueron parte de la formulación de pan en la cual, todo parece indicar que la consistencia que aportan a la masa sin gluten puede no ser suficiente para sustituir a los miméticos habitualmente seleccionados para la formulación de panes sin gluten, solamente el β - glucano comercial parece aportar dicha consistencia a las masas de pan de sin gluten. A la vista de los resultados, es posible que se pueda requerir de un complemento de hidroxipropil metilcelulosa (HPMC), probablemente menor del habitual, para conseguir panes enriquecidos en β - glucano y de buena calidad sensorial.

2.2. Fundamentación filosófica

La presente investigación se basa en el paradigma positivista que según:

Reichart y Cook (1986), este paradigma tiene como escenario de investigación, el laboratorio a través de un diseño pre-estructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientada a lo confirmatorio, reduccionista, verificación, inferencial e hipotético deductivo mediante el respectivo análisis de resultados. Además la realidad es única y fragmentable en partes que se pueden manipular independientemente, y la relación sujeto-objeto es independiente. Para este enfoque la realidad es algo exterior, ajeno, objetivo y puede y debe ser estudiada y por tanto conocida. El positivismo acepta como único conocimiento válido al conocimiento verificable, medible y visible.

El positivismo no acepta la pertinencia de otras perspectivas, de otros procedimientos metodológicos y otros tipos de conocimientos de interpretación de la realidad; lo que importa para el positivista es la cuantificación y medir una serie de repeticiones que llegan a construirse en tendencias, a plantear nuevas

hipótesis y a construir teorías, todo fundamentado en el conocimiento cuantitativo. Los aspectos cuantitativos están sólidamente mezclados con aspectos cualitativos. (Alvarez J. , 2012)

(Ríos, 2004) Menciona que dicho paradigma se caracteriza por el alto interés, por la verificación del conocimiento a través de predicciones. Algunos lo llaman el paradigma prediccionista, ya que lo importante es plantearse una serie de hipótesis como predecir que algo va a suceder y luego verificarlo o comprobarlo.

2.3. Fundamentación legal

La presente investigación se fundamenta en los siguientes artículos de la constitución:

Según los **Objetivos, Políticas y Lineamientos Nacionales del Ecuador para el Buen Vivir** (Plan Nacional Para el buen Vivir 2009-2013)

Política 1.1. Garantizar los derechos del Buen Vivir para la superación de todas las desigualdades (en especial salud, educación, alimentación, agua y vivienda).

- Impulsar el acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos, preferentemente producidos a nivel local, en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales, promoviendo la educación para la nutrición y la soberanía alimentaria.

Política 1.4. Democratizar los medios de producción para generar condiciones y oportunidades equitativas

- Conformar bancos de semillas, germoplasma y, en general, variedades genéticas para promover su conservación y libre intercambio, así como la promoción de investigaciones asociadas.
- Fomentar acciones afirmativas que beneficien el acceso y la generación de infraestructuras de apoyo para la producción y comercialización, ciencia y tecnología, información, conocimientos ancestrales, capacitación, asistencia técnica y financiamiento a los grupos humanos históricamente excluidos social, económica y territorialmente.
- Fomentar asistencia técnica, capacitación y procesos adecuados de transferencia de ciencia, tecnología y conocimientos ancestrales, para la innovación y el mejoramiento de los procesos productivos, con la activa participación de los diversos actores incluyendo a las universidades e institutos técnicos.

Política 2.1. Asegurar una alimentación sana, nutritiva, natural y con productos del medio para disminuir drásticamente las deficiencias nutricionales.

- Promover programas de reactivación productiva enfocados al cultivo de productos tradicionales, articulados al programa nacional de alimentación y nutrición.

Política 3.1. Promover prácticas de vida saludable en la población

- Implementar mecanismos efectivos de control de calidad e inocuidad de los productos de consumo humano, para disminuir posibles riesgos para la salud.

Política 5.3. Propender a la reducción de la vulnerabilidad producida por la independencia externa alimentaria y energética

- Fomentar la producción de alimentos sanos y culturalmente apropiados de la canasta básica para el consumo nacional, evitando la dependencia de las importaciones y los patrones alimenticios poco saludables.
- Impulsar la industria nacional de alimentos, asegurando la recuperación y la innovación de productos de calidad, sanos y de alto valor nutritivo, articulando la producción agropecuaria y con el consumo local.

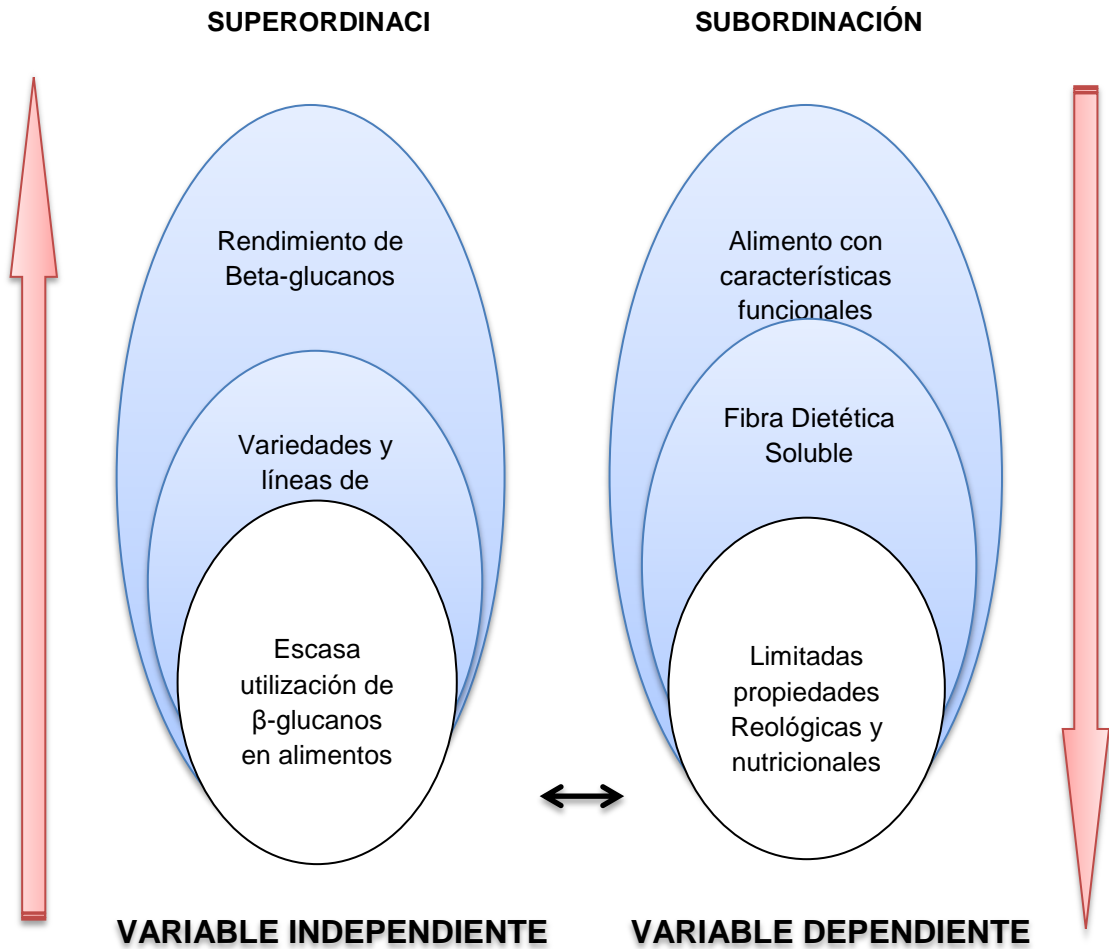
Política 11.3. Impulsar las condiciones productivas necesarias para el logro de la soberanía alimentaria.

- Incentivar programas de conservación y recuperación de productos y semillas tradicionales.
- Fomentar la producción de alimentos sanos y culturalmente apropiados orientados al consumo interno, mediante un apoyo integral que potencie las capacidades productivas y la diversidad de las pequeñas y medianas unidades, urbanas y rurales, de las comunidades campesinas, indígenas, montubias y afroecuatorianas.

- Impulsar la industria nacional de alimentos, asegurando la recuperación y la innovación de productos de calidad, inocuos y de alto valor nutritivo, el vínculo con la producción agropecuaria y con el consumo local, y minimizando el uso y el desecho de embalajes.
- Proteger la producción local de alimentos básicos a través de precios de sustentación, subsidios productivos y mecanismos similares.

2.4. Categorías fundamentales

Gráfico N° 3. Red de inclusiones



Elaborado por: Paúl González S., 2015

2.4.1. Marco conceptual de la variable Independiente

2.4.1.1. Alimentos Funcionales

El aumento de interés en nuevos alimentos funcionales con características especiales y beneficios en la salud ha generado el desarrollo de nuevas oportunidades en el campo alimenticio. Estos alimentos pueden enriquecer una dieta y mejorar la salud humana, debido a su fácil consumo junto con una comida habitual. Se asume que el B-glucano de cebada puede adaptarse bien a una aplicación funcional, siendo capaz de impartir una sensación bucal suave a las bebidas, alimentos y proporcionando una excelente fuente de fibra soluble. Una goma de B-glucano de cebada con propiedades funcionales similares podría servir como alternativa a espesantes tradicionales como los alginatos, pectina, xantana y carboximetilcelulosa (Din, 2009)

En 1970 inicia la fortificación de alimentos con fibra como panes blancos, en un principio se hizo para beneficiar la salud de los consumidores como es la pérdida de peso, a través del tiempo se fueron describiendo otros aspectos funcionales de las fibras, pero en la actualidad se utiliza en un amplio número de productos, como son:

Los productos horneados en los cuales, un gran número de factores deben ser considerados para adicionar fibra a estos alimentos, para que los productos horneados sean aceptados por el consumidor, deben considerarse las propiedades reológicas de las masas ya que al tener una alta capacidad de retención de agua la absorción de agua aumenta con los niveles de fibra lo que afectara la reducción del tiempo a la tolerancia al mezclado, reducirá la extensibilidad y dependiendo de la fibra usada disminuirá o aumentará la resistencia a la extensión la viscosidad y la pegajosidad de las masas al estar afectados estos factores influirán en el volumen de la masa por lo que necesitara la adición de mejoradores de estas características (Tungland, 2000)

En septiembre de 1995, se desarrolló un foro denominado "Perspectivas Orientales respecto a los alimentos funcionales", donde se llegó al acuerdo de que la clasificación de alimentos funcionales incluye a todos los alimentos que tienen componentes fisiológicamente activos y que proveen beneficios, tanto por el aporte nutricional, así como por su función protectora contra enfermedades crónicas y cáncer (Functional foods attitudinal research, 2000)

Según (Elíaz, 2000), la característica principal de los alimentos funcionales es la composición química nutricional, exaltando tanto la función fisiológica preventiva, como la nutricional.

En la actualidad el consumidor está más informado acerca del papel que juegan ciertos componentes dietéticos en la prevención de enfermedades. Esto se traduce en un mayor interés por informarse y adquirir productos con determinadas características. El consumidor busca buena presentación, características sensoriales atractivas y propiedades benéficas.

Para la industria alimentaria esta situación representa una gran oportunidad de abrir nuevas líneas de productos con un valor agregado de gran aceptación por consumidores meta. También la industria farmacéutica visualiza un mercado potencial, como proveedora de materia prima para la industria y distribuidora de suplementos para la población

El crecimiento significativo de los alimentos procesados funcionales ha replanteado el papel de los entes reguladores de la comercialización a nivel internacional de alimentos y medicamentos. Es urgente definir normas específicas que permitan un óptimo desarrollo de este mercado, en función de las regulaciones del etiquetado nutricional y la educación al consumidor. (Sedó, 2001)

2.4.1.2. Cebada

El origen de la cebada no se conoce con precisión, se supone que inicio alrededor del curso bajo del Nilo, en los años 8000 a 6000 A.C (Vivar, 1994)

Se han realizado intensos estudios sobre el género *Hordeum*, al que pertenece la cebada, referidos a su variabilidad morfológica, distribución de especies, ecología y capacidad de cruzamiento aspecto muy importante desde el punto de vista de la mejora de la cebada cultivada (Fedak, 1985)

Hoy en día, se admite que la cebada es una sola especie polimorfa, (*Hordeum vulgare L.*) que comprende tanto formas cultivadas como silvestres, que son interfértiles y estrechamente relacionadas biológicamente. Las formas cultivadas pertenecen a la subespecie vulgare, mientras que las formas silvestres pertenecen a la subespecie spontaneum de raquis quebradizo (Rodríguez, 2001)

Las cebadas cultivadas se clasifican en cebadas de dos carreras (*Hordeum vulgare distichum*) y cebadas de seis carreras (*Hordeum vulgare hexastichum*).

En ambas se insertan en el mismo punto, sobre cada articulación del raquis, tres espiguillas, siendo fértil sólo la central y estériles las laterales en la cebada de dos carreras, y las tres fértiles en la cebada de seis carreras, en la que los granos laterales son ligeramente disimétricos. (Rodríguez, 2001)

Variedades y líneas de cebada

La cebada es una planta herbácea, monocotiledónea, anual y hermafrodita de fecundación autógama. Su cultivo se extiende principalmente por la zona templada.

Pertenece a la familia de las Poaceas. Existen muchas variedades de cebada, pero todas ellas se caracterizan por presentar las mismas características

La mayoría de las cebadas cultivadas pertenecen a la especie (*Hordeum vulgare L.*) sensu lato, que es un miembro de la tribu Triticeae de la familia Gramineae. (Molina, 1989)

Se utilizaron 2 variedades y 8 líneas de cebada para la extracción:

Variedades: Guaranga, Cañicapa

Líneas: CH-09-009, CD-09-009, CH-09-006, CH-09-011, CH-09-014, CM-09-007, CH-09-010, CD-09-013.

INIAP-Guaranga 2010 es una variedad de cebada de dos hileras que proviene entre el cruzamiento de las líneas JAZMIN/CARDO/TOCTE, cuyo historial de selección es CBSS95M00962T-F-3M-1Y-0M-0E. esta línea desarrollada en México por el programa de cebada ICARDA-CIMMYT e introducida al Ecuador por el programa de cereales del INIAP en el año 2000. A partir de este año INIAP-GUARANGA ha sido evaluada en la Estación Experimental Santa Catalina y en varias localidades de la provincia de Bolívar (INIAP G. , 2010).

INIAP-Guaranga 2003 es una variedad de cebada de dos hileras que proviene entre el cruzamiento de las líneas INIAP SHYRI 89/3/GAL/PI6384//ESCD-II-72-607-1E-1E-1E-5E, con un historial de selección E97-9053-3E-0EC-1E-0E-0E-0E. cruza hecha por el programa de cereales de la E.E Santa Catalina en el año 1997, en el cual se realizó la siembra y multiplicación de cada una de las generaciones en la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP C. , 2003).

2.4.1.2. Beta-glucanos

La importancia de los β -glucanos, más concretamente de los extraídos de la cebada, viene dada por sus efectos beneficiosos para la salud, como corroboran la FDA, la EFSA y numerosos estudios científicos. Además, uno de sus puntos fuertes, es que pueden ser utilizados para sustituir al gluten en la elaboración de productos de panadería aptos para celíacos.

Características de los Beta-glucanos

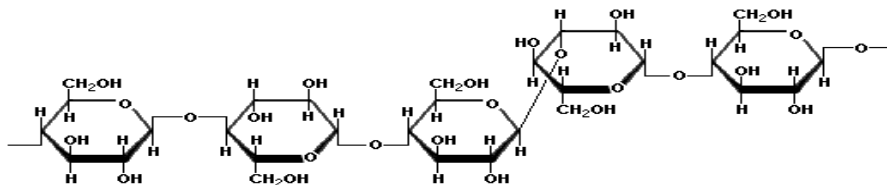
Los β -glucanos son polisacáridos no amiláceos compuestos de enlaces (1,3) y (1,4) de glucosa. Están localizados mayoritariamente en las paredes celulares del endospermo y en la capa de aleurona de los diferentes granos de cereales, especialmente cebada y avena. Están formados por cadenas de unidades de D-glucosa con enlaces glucosídicos tipo beta. Estos anillos D-glucosa de seis caras pueden ser conectados unos a otros, en una variedad de posiciones en la estructura del anillo de D-glucosa. Algunos compuestos de β -glucano, se repiten continuamente debido a la unión de D- glucosa en posiciones específicas.

Los β (1,3) (1,4) glucanos también son extraídos de los salvados de algunos granos como la avena y cebada, y en un grado menor en el centeno y el trigo. (Rivero, 2011-2012)

Su tamaño molecular y su concentración, así como sus características moleculares, son variables importantes en la determinación de las propiedades físicas de los polímeros resultantes, tales como solubilidad, viscosidad y capacidad de formación de gel (Skendi et al., 2003)

Su uso comercial está orientado a sustituir grasas y a modificar la textura de los productos alimenticios.

Figura N°1. Estructura química,4 de los β -glucanos, con un enlace 1,3, cada tres enlaces 1.



Fuente: (Rivero, 2011-2012)

Tabla N°3.- Enriquecimiento en β -glucano del salvado mediante varios tipos de molienda de laboratorio.

Referencia	Tipo de molienda	B.glucano en avena desnuda (%peso seco)	B.glucano en harina (%peso seco)	B.glucano en salvado(%peso seco)	Rendimiento de salvado (%peso seco)
Autio et al	Tamizado con EtOH	3,0-5,3	---	11,8-11,3	---
Ganbmann	Tamizado seco	4,4-5,4	1,4-1,9	7,8-10,6	37-40
Knuckles et al.	Desgrasado, molido con rodillos, tamizado	4,7	0,6	21,2	18
Paton et al	Macerado, tamizado con EtOH	3,9-6,8	---	14,7-19,1	13-23
Wood et al.	Falling number, tamizado	3,9-6,8	1,6-2,3	5,8-8,9	48-58
Wood et al.	Tamizado en seco, tamizado con EtOH	4,2-6,7	---	10,8-13,4	26-34

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Naturaleza y análisis de Beta-glucanos

Tanto desde el punto de vista normativo como en investigación y desarrollo, es importante poder analizar los componentes específicos de un alimento funcional a los que se asigna el efecto fisiológico. El β -glucano se puede analizar como fibra alimentaria, pero, a diferencia de otras fibras alimentarias, existen además para el β -glucano otros métodos específicos reconocidos, lo cual convierte al β -glucano en un modelo particularmente útil para la investigación. Utilizando técnicas de microscopia y tinción específica, según se ha descrito anteriormente, se puede identificar el β -glucano de forma específica entre otros componentes de un alimento o producto de la digestión.

También existen métodos de análisis enzimáticos. El método de Aman y Graham utiliza una β -glucanasa para convertir de forma cuantitativa el β -glucano en glucosa, la cual se determina a continuación mediante glucosa oxidasa. En este método es necesario eliminar primero todo el almidón mediante α -amilasa, que debe estar libre de β -glucanasa. Un método desarrollado por McCleary y Glennie-Holmes usa una (1 \rightarrow 3) (1 \rightarrow 4)- β -D-glucanohidrolasa específica para solubilizar y extraer de forma cuantitativa glucano en forma de oligosacáridos, que son a continuación convertidos mediante una β -glucosidasa específica.

Estructura del Beta-glucano

El β -glucano es un polisacárido lineal, no ramificado compuesto en un 70% por unidad de β -D-glucopiranosilo unidas mediante enlaces 4-O-, y en un 30% por unidad de β -D-glucopiranosilo unidas mediante enlaces 3-O-.

El beta- glucano de avena y cebada y el de β -glucano que no es de cereal, el liquenano, parecen ser prácticamente idénticos desde el punto de vista estructural, sobre la base del análisis de los enlaces o de los espectros, pero los

análisis de los fragmentos de oligosacáridos liberados por las enzimas revelan diferencias.

Las cantidades relativas de los oligosacáridos producidos por acción de las liquenazas, una (1→3) (1→4)- β-D-glucan-4-glucanohidrolasa específica altamente específica, constituye una huella de la estructura. Los oligosacáridos se analizan de forma fácil y rápida mediante cromatografía de intercambio aniónico de alto rendimiento (HPAEC). Como no es necesario purificar ni limpiar la muestra, es posible realizar un análisis estructural de todo el beta-glucano de una harina o producto, en lugar de analizar una porción purificada que no es necesariamente representativa del conjunto.

Solubilidad del Beta-glucano

El término solubilidad es quizá inapropiado aplicado a la fibra alimentaria y específicamente al β-glucano de cebada. La solubilidad se refiere a la extractibilidad de la muestra preparada en determinadas condiciones específicas de disolvente, la temperatura, el tiempo, y la proporción sólido-líquido.

Es difícil realizar una comparación de los datos de varios estudios relativos a la extracción o solubilidad de β-glucano de avena y cebada debido al gran número de variables implicadas. Como en el caso de la determinación del PM, pueden ser importantes enzimas endógenos, tanto si proceden del propio cereal como de microorganismos contaminantes, la cantidad de β-glucano que se extrae de harina sin tratar es mayor que la que se obtiene de muestras tratadas con etanol. Sin embargo, el efecto solubilizante de la despolimerización puede ser compensado por los cambios producidos en las paredes celulares durante el secado que resulta en una menor extractibilidad.

La extracción del β .glucano de cereales con reactivos y condiciones suaves no es completa. No se han encontrado aún explicación plenamente satisfactoria de las causas a nivel molecular o de microestructura que justifiquen esta resistencia a la solubilización ni las diferencias entre muestras, aunque es evidente que el peso molecular puede influir. Además el mayor grosor de las paredes celulares, como las del endospermo sub-aleurónico de muchos cultivares, ejerce una mayor resistencia a la extracción. McCleary, extrajo el 90% del beta-glucano total de cebada mediante tratamientos sucesivos con agua a 40,65 y 95°C, mientras que Wood et.al 1983 (Mazza, 2000), extrajeron aproximadamente el 45% del beta-glucano de cebada y el 70% del de avena con carbonato a (pH10) a 60°C,

2.4.2. Marco Conceptual de la Variable Dependiente

2.4.2.1. Reología

La Reología puede definirse como la ciencia que estudia la deformación y el flujo de materiales causadas por la aplicación de un esfuerzo. El comportamiento reológico de los alimentos es muy complejo y a la vez desempeña un papel muy importante en muchos sistemas de proceso. (Ramirez, 2006)

Beta-glucano es un polisacárido lineal, de alto peso molecular, que, si no se produce un ordenamiento y una asociación de las cadenas y por encima de determinada concentración mínima, produce disoluciones muy viscosas y pseudoplásticas.

La viscosidad (η) depende en gran medida de la concentración y, en este caso, también del gradiente de cizalla (S), por lo que los datos deben compararse a igual gradiente de cizalla y concentración. Para la comparación se puede usar la siguiente ley de potencia:

$$\eta = KS^{n-1}$$

Pero las comparaciones deben realizarse con gradientes de cizalla del mismo orden, ya que la fórmula solo es válida dentro de un intervalo limitado.

Basándose en esta ecuación se puede determinar los parámetros k índice de consistencia o viscosidad teórica a un gradiente de cizalla de 1s^{n-1}) y n (índice de flujo, una medida del grado de reducción de la viscosidad conforme aumenta el grado de cizalla) (Zhang, 1998)

Las propiedades reológicas determinan el comportamiento de las masas de harina de trigo durante el manejo mecánico, además de su influencia en la calidad del producto final. Tener conocimiento del comportamiento reológico de las masas y de sus propiedades empieza a tomar importancia debido a la creciente automatización de la industria de la panificación (Launay et al., 1990).

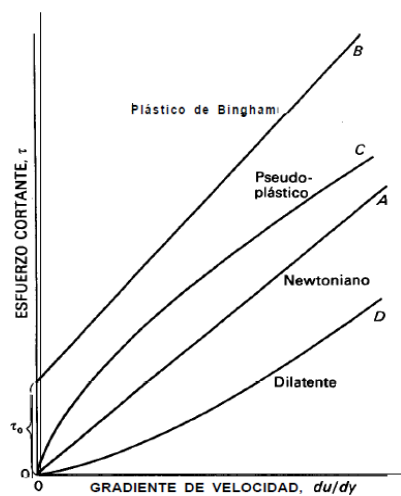
Las masas de harina de trigo son materiales viscoelásticos (Launay et al., 1990) que poseen al mismo tiempo, las características de un líquido viscoso y un sólido elástico, que muestra un comportamiento no lineal, es decir, que depende tanto del esfuerzo como del tiempo (Navickis, 1989).

Varias son las razones para determinar las propiedades reológicas de alimentos: para diseño de plantas, en el cálculo de operaciones básicas para transferencia de calor, masa, cantidad de movimiento y dimensiones de tuberías y válvulas. También se aprovechan para control instrumental de calidad del material crudo previo al procesamiento, de productos intermedios durante la manufactura, y de los productos finales después de la producción. Sirven para evaluar la calidad preferida por el consumidor por medio de correlaciones entre medidas reológicas y pruebas sensoriales. Permiten elucidar la estructura o composición del alimento y analizar los cambios estructurales que ocurren durante un proceso. (Alvarado, 1996).

Cuando harina y agua son mezcladas y sometidas a un amasado, ocurre una desnaturalización mecánica de las proteínas del gluten. Básicamente se pueden

imaginar que en la masa sometida a fuerzas externas los enlaces débiles que mantienen juntos a sus contribuyentes pueden romperse y reformarse, seguidos del relajamiento de la masa, total o prácticamente, bajo la aplicación de un esfuerzo (Masi et al., 1998).

Figura N° 2.- Esfuerzo cortante frente a gradiente de velocidad para fluidos newtonianos y no newtonianos.



Fuente: Toledo, R. 1991.

El comportamiento más sencillo es el correspondiente a la curva A, que es una recta que pasa por el origen de coordenadas. Los fluidos que presentan esta sencilla linealidad reciben el nombre de fluidos newtonianos. Las demás curvas del Figura N°2 representan el comportamiento reológico de líquidos llamados no newtonianos.

La viscosidad es una medida de la resistencia de los fluidos a resbalar, la viscosidad de un fluido newtoniano no es influida por la velocidad de deslizamiento el fluido newtoniano aparece como una línea derecha y la pendiente de esta línea es igual a la viscosidad.

La viscosidad de un fluido no newtoniano puede ser influida por la velocidad de resbalamiento.

La viscosidad de un fluido Pseudoplástico disminuye con la velocidad de desplazamiento.

Un plástico Bingham resiste el movimiento del fluido hasta que se aplica una resistencia al desplazamiento finita.

Materiales Viscoelásticos

Un componente crítico de las masas, la harina, es responsable por mucho del carácter viscoelástico y por ello ha sido centro de las investigaciones en reología dinámica. Una fórmula simplificada con harina y agua abarca una serie de interacciones complejas entre los componentes de la harina.

El gluten y las principales mezclas del almidón se emplean frecuentemente en las pruebas reológicas, no solo para controlar el contenido de proteína en la masa, además ayuda a comprender la interacción con otros ingredientes como el almidón dañado, agua y pentosanas solubles e insolubles, celulosa, lípidos y proteínas incluidas enzimas (Petrofky, 1995).

Son los de comportamiento más complejo, ya que se encuentran entre sólidos elásticos y fluidos con cualquier comportamiento reológico. Esta mezcla de propiedades puede ser debida a la existencia en el líquido de moléculas muy largas y flexibles o también a la presencia de partículas líquidas o sólidos dispersos (Ramirez, 2006).

La ecuación que describe el comportamiento viscoelásticos está basada en el modelo de Maxwell:

$$\tau + \gamma * \tau = \mu * D$$

Donde:

τ = esfuerzo cortante aplicado.

γ = tiempo de relajación.

τ = gradiente de esfuerzos cortantes (μ/G).

μ = viscosidad aparente.

D = velocidad de deformación.

La reología trata con tres variables fundamentales: tensión de corte, razón de corte y el tiempo. La interrelación entre la tensión, requerida para inducir una razón de corte dada, define el comportamiento reológico de un fluido (Alvarado, 1996). Prácticamente en todos los casos se ha establecido el efecto de la temperatura sobre la viscosidad o sobre el índice de consistencia.

Aunque las nuevas soluciones de β -glucanos del cereal pueden ser categorizadas reológicamente como polisacáridos tipo espiral aleatoria, sus propiedades reológicas pueden cambiar dependiendo de sus características moleculares (tamaño y estructura), tiempo de almacenamiento (es decir, tiempo de espera antes de un análisis) e historial térmico (Lazaridou et al., 2003).

Los β -glucanos del cereal con unos ciertos rasgos estructurales pueden mostrar un comportamiento reológico dependiente del tiempo como a menudo se ha revelado en experimentos de bucle tixotrópico insinuándose una formación de redes intermoleculares dependiente del tiempo. Así, con el incremento del tiempo de almacenamiento, las soluciones de β - glucanos muestran un inusual comportamiento de flujo pseudoplástico a índices bajos de cohesión.

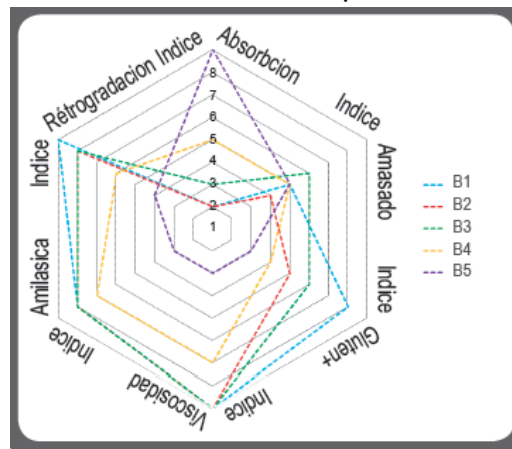
Métodos para medir la calidad de la Harina

Mixolab de Chopin

Éste permite actualmente crear a cada uno los perfiles tipo en función de los productos que fabrica (así como los procesos de fabricación) y saber, con un único test si la harina responde correctamente a las especificaciones.

Para utilizar esta herramienta con el fin de caracterizar directamente los trigos, los expertos del Laboratorio de Aplicaciones han puesto al día el protocolo Chopinwheat. Este nuevo protocolo permite la creación de perfiles específicos para el análisis de trigos y harinas. (CHOPIN, 2010)

Gráfico N° 4.- Curvas de perfil de harinas



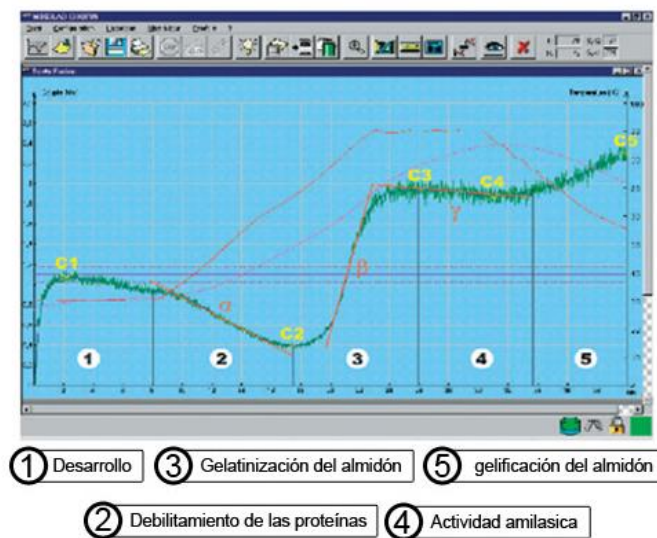
Fuente: CHOPIN Technologies

Mixolab Profiler es una herramienta que ha sido desarrollada específicamente para el control de calidad diario de los molineros y de los usuarios de harina. Utiliza la curva del Mixolab Standard y calcula el Perfil típico de la harina analizada. Para cada fase del ensayo, Califica a la harina con un índice entre 0 y 9. Este perfil tipo de la harina se convierte en una herramienta de comercio e intercambio con un índice de 6 dígitos en una gráfica.

Tal como se aprecia en la Figura N° 3 la curva del Mixolab tiene 5 fases. El Profiler enfoca en cada fase y traduce sus resultados en una telaraña con 6 ejes. El primer eje indica la capacidad de absorción de agua (cantidad necesaria para alcanzar un torque de 1,1 NM torque). Cada fase siguiente presentara información sobre uno o varios aspectos de la calidad de la muestra del producto.

El Profiler analiza cada una de las 5 fases y presenta una nota evaluando el resultado entre 0 y 9. Este valor está elaborado con modelos matemáticos basados en el resultado estadístico de más de 700 muestras de muchos orígenes. El valor presenta un índice para:

Figura N° 3.- Fases del Mixolab

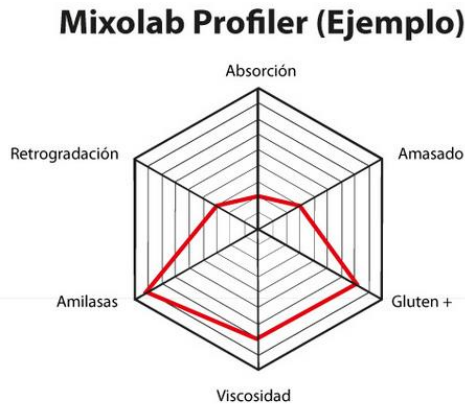


Fuente: CHOPIN Technologies

- El comportamiento del amasado (Fase estable a 30°C)
- La resistencia del gluten frente al calentamiento de la masa (fase entre 30 y 60°C)
- La viscosidad (entre 60 y casi 80°C)
- La Resistencia amilásica (con una temperatura alta)

- La retrogradación del almidón (fase de enfriamiento)

Gráfico N° 5.- Ejemplo de Resultados de Mixolab Profiler



Fuente: CHOPIN Technologies

1) El Índice de Absorción

La absorción de agua impactara todo el proceso, pero particularmente las propiedades mecánicas, el rendimiento de la masa (aspecto económico) y la calidad del producto final (Hamer, 1998). Ha sido también comprobado que una hidratación alta disminuye las proteínas & las interacciones del almidón. Generalmente, incrementar la absorción de agua lleva a una mayor gelatinización, un mejor crecimiento en el horno, mejor suavidad de la miga una más lenta retrogradación del almidón. Por eso la capacidad de absorción es tan crítica para la panificación (Sluimer, 2005).

Explicación del índice de absorción de agua del Profiler:

Un valor alto será mejor, desde un punto de vista económico, para el panadero (y para el molinero que le interesa la venta)

Pero todavía es imprescindible ponderar la nota de absorción de agua, afinado unos límites:

- Proteínas y humedad
- Almidón dañado
- Y eventualmente, las cenizas

Es por lo tanto una vía para estar seguro que el valor constante de absorción de agua viene de una harina de misma calidad.

Cuanto más alto es el índice de absorción, más alto es la absorción de agua de la masa.

2) El Índice de amasado:

El volumen, la formación de la miga (la incorporación de aire durante el amasado), la textura de la miga, su resiliencia, están influenciados por el proceso de amasado.

Explicación del Índice de amasado del Profiler:

Similar al Farinógrafo y considerando el proceso de pan de molde, está establecido que un largo tiempo de desarrollo y una larga estabilidad son los requisitos para una calidad panadera.

Tabla N°3: Los requisitos para una calidad Panadera

Tipo de farinograma	Usos	Mixolab índice de amasado
Débil	Pasteles, galletas, fideos de trigo suave	1-3
Mediano	Galletas, fideos, chapati, pan de bajo volumen	2-4
Fuerte	Pan molde, fideos de trigo duro	4-6
Muy fuerte	Para mezclas	n.d.

Fuente: CHOPIN Technologies

El índice de amasado depende del comportamiento de la masa durante el proceso de amasado, especialmente su estabilidad. Cuanto más estable será la masa, más alto será el índice.

No puede haber un “buen índice” visto que todo depende aquí del proceso escogido. El índice de amasado muestra la fuerza de la masa frente al amasado. Algunos productos requieren una fuerza grande mientras que otros no. Eso depende realmente del tipo y de la forma de amasar, la línea de producción y de la receta entera (incluyendo ingredientes y aditivos).

Cuanto más alto es el Índice de amasado, más estable es la masa durante el amasado.

3) El Índice gluten+:

Un aumento de la temperatura de la masa trae una caída de la viscosidad. Es un movimiento entre las moléculas de gluteninas, cada una conectada con redes hidrofóbicos o hidrógenos. Estas redes tienen un valor de baja energía y pueden ser fácilmente rotas, moviendo por lo tanto la red de gluteninas antes de rebotar por otra parte. Este fenómeno se acelera con la temperatura; hace

naturalmente caer la viscosidad entre 20° y 60°C. Esta evolución modificara la elasticidad de la masa.

Explicación del Índice Gluten + en el Profiler:

Dos fenómenos ocurren cuando la temperatura de la masa pasa de 30 hasta 60°C:

- La forma de los gránulos de almidón empieza a crecer, pero la estructura sigue igual.
- El ataque amilásico empieza, pero a un nivel muy bajo en esta fase.

La caída de la viscosidad viene especialmente del quiebre de los enlaces hidrógenos que agrupan los enlaces proteicos. Por lo tanto, un índice Gluten+ bajo traducirá una gran caída de viscosidad durante esta fase. En lo contrario un índice Gluten+ alto resaltará un buen mantenimiento de la estructura proteica, supuestamente debido al gran número de enlaces de hidrógeno.

Se ha comprobado que hay una relación entre la viscosidad mínima y el mantenimiento del volumen en el horno. Además, se ha también podido notar que las masas con alto índice Gluten+ son demasiado elásticas y no levantan correctamente en el horno. Se ha especialmente observado en la panificación chilena de la Marraqueta donde un índice Gluten+ demasiado alto tiene una relación directa con el volumen del producto final. No sería justo decir que el volumen del producto depende solamente del índice Gluten +, pero, por otra parte, está claro que este índice tiene una importancia crucial para algunos productos durante los primeros momentos de la fase del horno.

Cuanto más alto es el índice Gluten+, más resistente a la presión (amasado y calentamiento) será el gluten. El Índice Gluten+ es un indicador de elasticidad.

4) El Índice de Viscosidad:

Cuando la temperatura alcanza más de 50-60°C la viscosidad de la masa aumenta muy rápido al compás del almidón que gelatiniza y de las proteínas que polimerizan.

Explicación del Índice de viscosidad en el Profiler:

El índice de viscosidad queda en la fase donde muchos parámetros fisicoquímicos y bioquímicos trabajan juntos. En este momento, la proteína ya no impacta y el agua migra desde la proteína hacia el almidón.

El principal sistema bioquímico está basado sobre el dúo almidón/amilasa. La viscosidad máxima (pico de viscosidad) dependerá de 2 factores interdependientes: la gelatinización del almidón y los exógenos y endógenos ataques de enzimas amilasas.

La viscosidad aumenta porque el almidón gelatiniza y la amilosa sale del gránulo. Al mismo tiempo, el ataque amilásico alcanza su máximo (pues estamos entre 60 y 70°C). Al hidrolizar el almidón, las amilasas reducen la viscosidad: eso es el principio del Falling Number de Hagberg.

Una viscosidad baja pondrá de relieve un lote que tiene daño por germinación o que tendrá un comportamiento de almidón no usual.

El valor de viscosidad estará estrechamente relacionado con el índice de resistencia amilásica, así cuanto más alto es el Índice, más viscosa será la masa enfrentando el calentamiento.

5) El Índice amilásico:

La actividad amilásica es muy bien conocida en la química de cereales. Esta medida según diferentes métodos tradicionales.

La amilasa es una enzima que degrada el almidón. Hay dos principales amilasas en el trigo: las α amilasas y las β amilasas. El proceso es el siguiente:
Almidón dañado + H₂O + amilasas → Dextrinas + Maltosa + glucosa.

Explicación del Índice Amilásico en el Profiler:

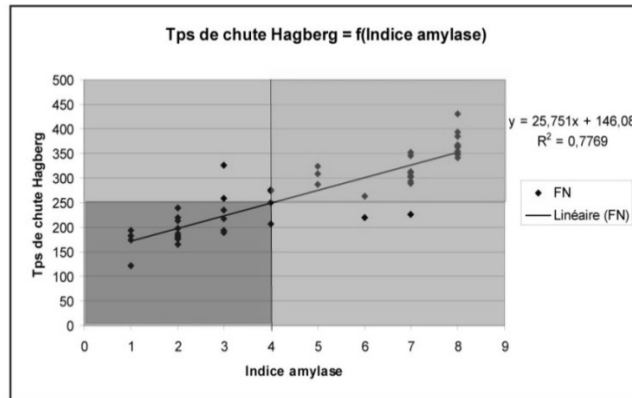
Para seguir con el mismo entendimiento con los métodos existentes, el índice amilásico será alto con una baja actividad amilásica (hipo diastásica) mientras que un bajo índice demostrara una actividad amilásica importante (hiper diastásica). Varios estudios han relacionado la actividad amilásica medida por el Falling Number Hagberg y el valor del índice de las amilasas medido sobre grano de trigo molido.

Un índice de 5 es para un trigo que no tiene una gran actividad diastásica, alrededor de 3-4, esta aconsejado de tener cuidado, y por debajo de 2 la muestra está por seguro hiper diastásica.

Cuanto más alto es el índice amilásico, más baja es la actividad amilásica o diastásica.

6) El Índice de retrogradación:

Gráfico N° 6.- Actividad amilásica medida por el Falling Number Hagberg y el valor del índice de las amilasas medido sobre grano de trigo molido



Fuente: CHOPIN Technologies

El almidón tiene un papel crítico en el endurecimiento del pan. Cuando los panes bajan de temperatura después de la cocción, eso le da su firmeza a la miga. El gluten es también importante en esta fase, debido a su interacción conectándola con el almidón.

Explicación del Índice de Retrogradación en el Profiler:

El gel de viscosidad aumenta con una más alta retrogradación, este aumento esta medido por el Mixolab durante la última fase del ensayo.

Cuánto más alto sea la retrogradación más alto será el índice de retrogradación. Un Índice bajo determina una larga vida útil para el pan.

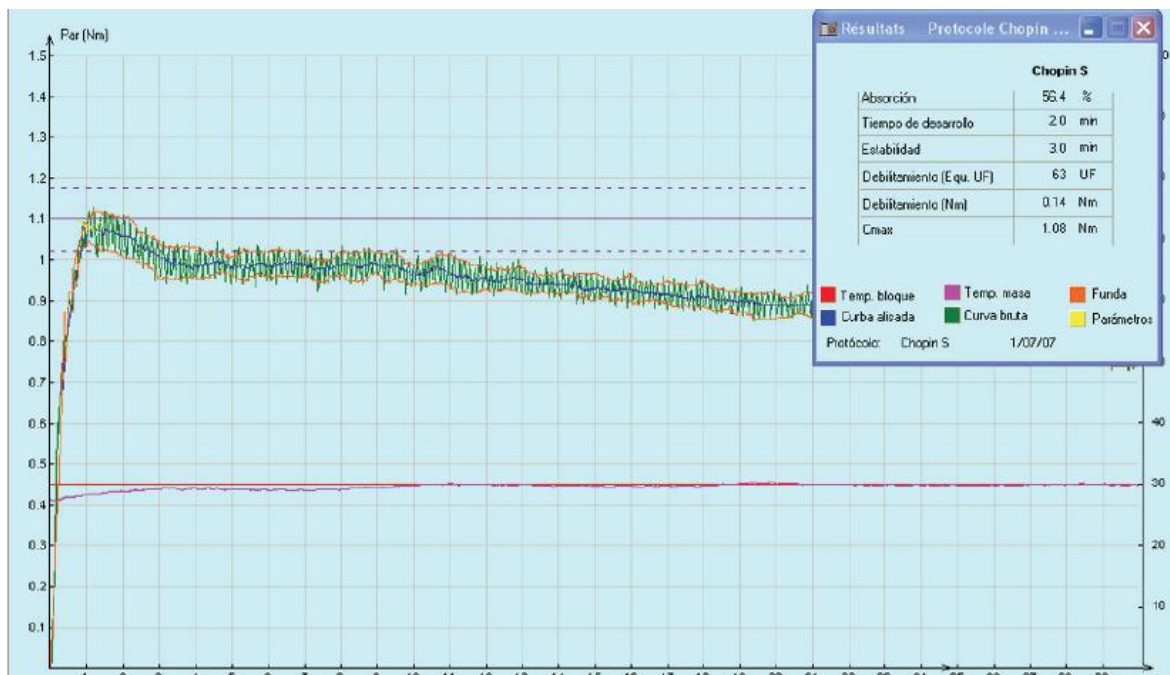
Equipo Mixolab Simulator

El equipo Mixolab dispone de un protocolo particular y de algoritmos de calculo que permite obtener resultados de análisis equivalentes a los obtenidos con el

Farinógrafo. Al cabo de 30 minutos de ensayo, el Mixolab Simulator indica valores medidos sobre la curva (Nm) así como los equivalentes UF.

El Mixolab Simulator produce una curva como se muestra en el Figura N° 4. La curva aumenta hasta un máximo de consistencia a medida que las proteínas de la harina se desdoblán en gluten, y, luego esta curva baja o se debilita a medida que el gluten pierde resistencia por acción del amasado

Figura N° 4.- Curva tipo de un farinograma con el Mixolab Protocolo Simulator



Fuente: Chopin Technologies, 2008

2.4.2.2. Fibra dietética soluble

La fibra dietética soluble se disuelve parcialmente en agua y gelifica al enfriarse (ejemplo pectina), la cual también es digerida y metabolizada en el intestino grueso gracias a bacterias. Este metabolismo produce gas y ácidos grasos de cadena corta que el organismo puede absorber en pequeñas cantidades. (Nestle, 2012)

Las formas más importantes de fibra dietética soluble son la pectina, gomas, guar y algunas hemicelulosas. Los alimentos ricos en este tipo de componentes de fibra son las legumbres, verduras, frutas, avena y semillas. Investigaciones demuestran que la fibra soluble consumida en cantidades adecuadas ayuda a reducir el colesterol (importante en la prevención de enfermedades cardiacas) y ayuda a retardar la absorción de glucosa, lo cual reduce las fluctuaciones en la glicemia (importante para el control de la glucosa en el caso de diabéticos). (USMP, 2011).

La fibra dietaria es la parte del alimento que no es afectada por el proceso digestivo en el cuerpo. Sólo una pequeña cantidad de fibra es metabolizada en el estómago y el intestino; el resto pasa a través del tracto gastrointestinal y hace parte de las heces. Hay dos tipos de fibra dietaria: soluble e insoluble. La fibra soluble retiene el agua y se vuelve gel durante la digestión e igualmente retarda la digestión y la absorción de nutrientes desde el estómago y el intestino. (Roth, Nehlamm, 1978).

Este tipo de fibra se encuentra en alimentos tales como el salvado de avena, la cebada, las nueces, las semillas, los frijoles, las lentejas, los guisantes y algunas frutas y hortalizas. Entre tanto, la fibra insoluble parece acelerar el paso de los alimentos a través del estómago y los intestinos y le agrega volumen a las heces. Este tipo de fibra se encuentra en alimentos tales como el salvado de trigo, las hortalizas y los granos enteros. (Roth, Nehlamm, 1978).

2.4.2.3. Rendimiento de β -glucano

El rendimiento se obtiene en base a balance de materiales es decir a partir de entradas y salidas de materia.

Según (Paton, 2002) el % de beta-glucanos en salvado es de 21,2% y el rendimiento del salvado es de 18%. Sin embargo (Wood, 2004) dice que el

porcentaje de beta-glucanos que se obtienen del salvado es de 5-8, 8,9 % y el rendimiento de salvado en porcentaje total oscila entre 48-58.

2.5. Hipótesis

Hipótesis nula: La utilización de β -glucanos del salvado de cebada” no influye en la evaluación de las propiedades reológicas y nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor”

Hipótesis alternativa: La utilización de β -glucanos del salvado de cebada” influye en la evaluación de las propiedades reológicas y nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor”

2.6. Señalamiento de variables de la hipótesis

2.6.1. Variable Dependiente

Propiedades reológicas y nutricionales

2.6.2. Variable Independiente

Utilización de β -glucanos en alimentos

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

La presente investigación se enfocó en el proceso de extracción, análisis e incorporación de los beta-glucanos del salvado de 10 variedades de cebada, en una matriz alimenticia, con el fin de mejorar las propiedades sensoriales, reológicas y funcionales del producto final para la satisfacción del consumidor.

Esto se lo realizó mediante revisiones bibliográficas, desarrollo experimental, análisis e interpretación de los resultados. Por tanto, el enfoque que presenta la investigación es de forma cualitativa y cuantitativa

3.2. Modalidad básica de la investigación

Se siguió la modalidad básica de investigación que comprende: campo, laboratorio y bibliografía.

Investigación de Campo: Se analizaron variedades cultivadas en la Estación Santa Catalina INIAP

Investigación de Laboratorio: Todas las pruebas y ensayos (analíticos y sensoriales) se realizaron en el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, Estación Santa Catalina

Investigación Bibliográfica: se realizó una investigación exhaustiva de bibliografía y publicaciones investigativas acorde a la investigación a realizada

3.3. Nivel o tipo de investigación

El presente proyecto se enfocó a extraer, caracterizar e incorporar los beta-glucanos de la cebada, en una matriz alimenticia, para obtener un producto funcional basado en los siguientes aspectos:

Investigación Descriptiva.- La investigación descriptiva, consiste fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno concreto indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores.

Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

Investigación Exploratoria.- Se dirige a la formulación más precisa de un problema de investigación, dado que se carece de información suficiente y de conocimiento previos del objeto de estudio. En este caso la exploración permitirá obtener nuevo datos y elementos que pueden conducir al objetivo planteado.

Investigación Correlacional.- Es de gran importancia, puesto que persigue medir el grado de relación existente entre la variable dependiente e independiente.

3.4. Métodos y Técnicas de investigación.

3.4.1. Acondicionamiento de la muestra

Se determinó el contenido de humedad de las muestras experimentales (líneas y variedades de cebada sin escarificar) para expresar los resultados en base seca, se realizó la caracterización física de dichas muestras. Posteriormente fueron escarificadas (pulido), rescatando el “afrechillo” generado por el proceso

de escarificado. Seguidamente las muestras de salvado fueron molidas en un molino de café modelo DCG – 20N, con el fin de obtener polvo fino, que se almacenó hasta el momento de la extracción.

3.4.2. Método de obtención del salvado de cebada.

En el Anexo A-2 se describe el proceso de obtención de salvado, a partir de 10 variedades y/o líneas de cebada.

- Recepción.- Se realizó la caracterización físico – química del grano de cebada (Humedad, peso hectolítrico, índice de llenado, peso de 1000 granos, color, porcentaje de cáscara).
- Selección.- Se realizó la separación de impurezas mediante tamizados.
- Escarificado.- Se procedió a la separación de la corteza del grano (afrecho o salvado).
- Tamizado.- Se separó el polvillo y partículas del grano roto, generados en el proceso de escarificación del salvado.
- Pesado.- Se pesó el salvado o afrecho obtenido con la finalidad de determinar rendimientos.
- Molienda.- En este proceso el salvado se molió en un molino de café para obtener un polvo fino (< 60 mesh).
- Almacenado.- Se almacenó en recipientes herméticos y a temperatura ambiente hasta el momento de la extracción de β -glucanos.

3.4.3. Método de extracción de β -glucanos a partir del salvado de cebada.

En el Anexo A-3 se describe el proceso de extracción de Beta-glucanos a partir del salvado de 10 variedades y/o líneas de cebada y sus respectivos análisis.

- Recepción.- Se procedió a la toma de muestras para análisis de laboratorio y para la extracción de β -glucanos.

- Pesado.- Se tomó el peso de las muestra para determinar el rendimiento de extracción.
- Mezclado.- Se mezcló cada una de las muestras con EtOH al 80% y se dejó reposar por 30 minutos.
- Centrifugado N° 1.- Esta operación se realizó a 12500 rpm. Se rescató el precipitado y se desechó el sobrenadante.
- Mezclado.- Se mezcló el residuo con una solución de Cloroformo: MeOH (2:1) y se dejó en reflujo durante 4 horas.
- Centrifugado N° 2.- Se realizó por 10 minutos a 12500 rpm, se desechó el sobrenadante y se rescató el residuo y se le adicionó agua destilada.
- Cocción.- La mezcla se la llevó a cocción durante 2 horas.
- Enfriado.- Transcurridas las dos horas se procedió a enfriar la mezcla a 55°C y se adicionó α -amilasa.
- Centrifugado N° 3.- Se realizó por 10 minutos a 12500 rpm. Se rescató el residuo, el cual se lo mezcló con 4% de NaOH y se dejó reposar durante 16 horas.
- Centrifugado N° 4.- Se rescató el sobrenadante y se desechó el residuo.
- Enfriado.- El sobrenadante se enfrió a 5°C y se agregó 2 volúmenes de EtOH al 85% a 5°C.
- Centrifugado N° 5.- Se realizó por 10 minutos a 12500 rpm, se rescató el residuo y se desechó el sobrenadante
- Lavado.- el residuo se lavó con alcohol al 95% a 5°C
- Mezclado.- Se mezcló con agua destilada.
- Dializado.- Se realizó una diálisis en agua ultra destilada por 24 horas por medio de membranas de celulosa.
- Congelado.- Se congeló durante 24 horas con el fin de que no exista separación de fases.
- Liofilizado.- Se secó en un liofilizador a -40oC a una presión de vacío, durante una semana. En el liofilizado se realizó el análisis de humedad,

fibra dietética (soluble e insoluble), contenido de β -glucanos, cenizas, rendimiento y proteína total.

- Almacenado.- Las muestras se almacenaron a temperatura ambiente hasta el momento de su incorporación en la matriz alimentaria

3.4.4. Incorporación de los β -glucanos en alfajores.

En el Anexo A-4 se muestra la proporción de harinas que componen las diferentes mezclas.

Mezcla 1: 40 % Harina de Trigo + 60 % de Maicena

Mezcla 2: 40 % Harina de Trigo + 30% Maicena + 30% Harina de Quinua

Se realizaron análisis de Caracterización del extracto de B-glucanos: Determinación de humedad, Contenido de Beta-glucanos (ANEXO A- 6), Fibra dietética (soluble e insoluble) (ANEXO A- 7), cenizas, proteína (ANEXO A- 8).

Luego, el extracto de β -glucanos se incorporó en las mezclas de harinas en porcentajes de 0 (testigo), 1%, 2% y 3%. Concentraciones establecidas, en base a estudios similares realizados por (Rivero, 2011-2012). Posteriormente, se realizó análisis farinográficos (ANEXO A-9) y reológicos (ANEXO A- 10), con el fin de facilitar la selección del mejor tratamiento.

Se elaboró el producto final (ANEXO A-5) y se evaluó la aceptación mediante una prueba sensorial discriminativa, con el propósito de detectar las diferencias que pueden haber dentro del conjunto de muestras. Se aplicó la técnica de calificación utilizando una escala hedónica con 5 niveles para la evaluación de 5 parámetros sensoriales: Olor, Color, Sabor, Textura y Aceptabilidad. Reportadas en la hoja de catación (ANEXO A- 1).

3.5. Población y muestra

Se utilizó las siguientes líneas y variedades de cebada proporcionadas por el Programa de Cereales del INIAP, Estación Santa Catalina:

Variedades: Guaranga, Cañicapa

Líneas: CH-09-009, CD-09-009, CH-09-006, CH-09-011, CH-09-014, CM-09-007, CH-09-010, CD-09-013.

3.5.1. Diseño Experimental

Fase 1: Extracción de Beta-glucanos de 10 líneas y/o variedades de cebada

Factor en estudio: Líneas y variedades de Cebada

Tabla N°4. Tratamientos para el análisis de contenido de beta-glucanos en líneas y variedades de cebada.

Líneas y/o variedades de Cebada

T1 (Guaranga)

T2 (Cañicapa)

T3 (CH-09-009)

T4 (CD-09-009)

T5 (CH-09-006)

T6 (CH-09-011)

T7 (CH-09-014)

T8 (CM-09-007)

T9 (CH-09-010)

T10 (CD-09-013)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tipo de Diseño

Se aplicó un diseño Completamente al azar con 2 observaciones.

Análisis Funcional – Estadístico

La significancia estadística orientó a la aplicación de la prueba de Tukey al 5%, para seleccionar los materiales con mayor contenido de Beta-glucanos.

Métodos de evaluación

- Contenido de fibra soluble
- Contenido de Beta-glucanos
- Ceniza
- Rendimiento de Beta-glucanos

Manejo específico del experimento

El grano de cebada fue escarificado, se preservó el salvado, afrecho o subproducto de este proceso, el cual fue tamizado para separar la harina y fracciones de grano, no trituradas.

A los 3 mejores tratamientos en la extracción de Beta-glucanos se les incorporó en una matriz alimenticia.

Fase 2: Incorporación de Beta-glucanos en mezclas de harinas y estudio reológico.

Los B-glucanos extraídos a partir de los materiales con mayor concentración de estos componentes se incorporaron en dos mezclas de harinas. Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial, a*b, con tres repeticiones, obteniendo un total de 24 tratamientos.

Para el análisis sensorial del producto final, se aplicó un diseño de bloques

incompletos, donde cada catador evaluó los atributos de olor, color, sabor, textura y aceptabilidad, categorizados en una escala hedónica de 5 niveles.

Tipo de Diseño Experimental

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, en arreglo factorial a*b

FACTOR A: Niveles de Sustitución

Nivel a_0 = 40% Harina de trigo, 60% maicena

Nivel a_1 = 40% Harina de trigo, 30% maicena y 30% Harina de quinua

FACTOR B: Porcentajes de adición de beta-glucanos

Nivel b_0 = 0% (**TESTIGO**)

Nivel b_1 = 1%

Nivel b_2 = 2%

Nivel b_3 = 3%

Tabla N°5. Tratamientos Resultantes de la combinación de factores en estudio.

Tratamientos	Factor A Sustituciones	Factor B Porcentajes de adición de β -glucanos
a₀b₀ (TESTIGO)	40% Harina de trigo, 60% maicena	0% β -glucano
a₀b₁	40% Harina de trigo, 60% maicena	1% β -glucano
a₀b₂	40% Harina de trigo, 60% maicena	2% β -glucano
a₀b₃	40% Harina de trigo, 60% maicena	3% β -glucano
a₁b₀	40% trigo, 30% maicena y 30% Harina de quinua	0% β -glucano
a₁b₁	40% trigo, 30% maicena y 30% Harina de quinua	1% β -glucano
a₁b₂	40% trigo, 30% maicena y 30% Harina de quinua	2% β -glucano
a₁b₃	40% trigo, 30% maicena y 30% Harina de quinua	3% β -glucano

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Análisis Funcional

La significancia estadística orientó a la aplicación de la prueba de Tukey al 5%, para seleccionar los materiales con mejores propiedades reológicas y sensoriales.

Métodos de evaluación

- Mixolab Profiler
- Mixolab Simulator

En el mejor tratamiento se determinó se determinó:

- Análisis nutricional (Fibra Dietética, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos)

3.6. Operacionalización de variables

Tabla N°6.- Operacionalización de la Variable Independiente: Utilización de β -glucanos en alimentos

CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION
Se refiere a polisacáridos obtenidos del salvado de cebada con alto contenido en fibra dietética soluble y tienen características gelificantes, emulscificantes y estabilizantes	Parámetros de evaluación	<p>Caracterización física y físico-química de los granos de cebada</p> <p>Fibra dietética</p> <p>% Contenido de B-glucanos</p>	<p>¿La caracterización física de los granos de cebada influirá en el contenido de β-glucanos?</p> <p>¿El contenido de Fibra soluble es directamente proporcional al contenido de β-glucanos?</p> <p>¿El % de contenido de β-glucanos es directamente proporcional al rendimiento de β-glucanos?</p>	<p>- METODOS A.O.A.C 925.10., 923.03.</p> <p>- Balanza Fairbanks - Morse u Ohaus</p> <p>NMX-FF-043-SCFI-2003</p> <p>- Colorímetro</p> <p>Método 991.42 y Método 993.19 y (A.O.A.C., 1995).</p> <p>Kit MEGAZYME</p> <p>Método AACC 32-23.01</p> <p>Método A0AC 995.16</p> <p>Método EBC 3.11.1, 4.16.1 y 8.11.1</p>

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla N° 7.- Operacionalización de la Variable Dependiente: Propiedades reológicas y nutricionales

CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION
<p>Se refiere a las propiedades reológicas que determinan el comportamiento de las masas de harina durante el manejo mecánico, además de su influencia en la calidad del producto final.</p>	<p>Análisis de comportamiento reológico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Farinógrafo - Absorción de Agua - Tiempo de desarrollo - Debilitamiento - Estabilidad - Caracterización reológica de harinas - Absorción de agua - Amasado - Fuerza de gluten - Viscosidad - Resistencia de la amilasa - Retrogradación del almidón 	<p>¿El porcentaje de adición de β-glucanos es directamente proporcional con la viscosidad de las masas?</p> <p>¿Permite determinar el comportamiento reológico de las masas?</p>	<p>MIXOLAB</p>

Elaborado por: Paúl González S., 2015

3.7. Recolección de información

La mayoría de los análisis se efectuaron en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Santa Catalina; mientras que los análisis concernientes al comportamiento reológico se realizarán en los Laboratorios de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

3.8. Procesamiento y Análisis de la Información

El procesamiento de datos se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Análisis crítico de los valores obtenidos
- Verificación de información errónea
- Interpretación de datos

Se utilizó para el procesamiento de la información programas tales como: Microsoft Office Word 2007, Microsoft Office Excel 2007, Microsoft Office Visio 2007 y STATGRAPHICS PLUS 4.0, software estadístico que facilitó el procesamiento de los datos para la obtención de resultados confiables

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los análisis y determinaciones físico-químicas de las variedades/ líneas de cebada y extractos de β -glucanos se lo realizó en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), de la Estación Santa Catalina Departamento de Nutrición y Calidad y los análisis sensoriales y reológicos se los realizó en la Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

En la primera etapa de la investigación se utilizó 10 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare*), pertenecientes al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Santa Catalina ubicada en la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha.

Posteriormente en la segunda etapa de la investigación se analizaron las muestras de β -glucanos anteriormente extraídos del salvado de cada variedad y línea de cebada en estudio, con el fin de obtener las variedades con mayor rendimiento de β -glucanos, para su posterior adición a la matriz alimenticia tipo “alfajor” y el análisis reológico.

Se realizó el análisis sensorial de la matriz alimenticia tipo “alfajor” con el fin de determinar los mejores tratamientos.

Por último se realizó análisis nutricional a los mejores tratamientos, teniendo como resultados experimentales valores de Fibra dietética, proteína, carbohidratos, extracto etéreo, Humedad y cenizas

4.1. Análisis e interpretación de Resultados de Caracterización Físico-Química de Granos de Cebada

Los resultados presentados a continuación fueron analizados, tomando en cuenta cada variable de estudio.

4.1.1. Peso Hectolítrico

En la investigación se analizó un total de 10 muestras por duplicado pertenecientes al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Santa Catalina, los resultados promedio se presentan en la Tabla C-1.

El peso específico de las dos variedades y ocho líneas de cebada varió entre 60-75 (kg/Hl). Estos resultados se encuentran dentro del rango establecido por las Normas (INEN, 2004), en donde se indica que el valor mínimo para la masa hectolítrica es 60 (kg/Hl). La medición de este parámetro de calidad es muy importante para su comercialización ya que, de acuerdo con este se suele estimar el rendimiento, granos con pesos hectolítrico más altos son más rendidores y resistentes a ataques por insectos.

En el Gráfico E-1, se presenta el peso hectolítrico de las diferentes líneas y variedades de los granos de cebada en estudio, muestra que los resultados del peso hectolítrico no presentaron diferencia significativa entre los diferentes materiales evaluados. Sin embargo, en forma numérica, la línea CD-09-009 obtuvo mayor peso hectolítrico con un valor promedio de 75 (kg/HL).

El Análisis de varianza (Tabla C-1.1) muestra que a un nivel de confianza del 95%, si existe diferencia significativa en el peso hectolítrico de las diferentes variedades de cebada.

Según la Tabla C-1.2., la prueba de diferenciación de Tukey para el peso hectolítrico de los granos de cebada, establece que las muestras presentan una diferencia significativa, siendo la línea CD-09-009 con mayor peso hectolítrico con un valor promedio de 75,00 (Kg/HL), seguida por CAÑICAPA, materiales que comparten el rango estadístico “a”, mientras que los cultivares CH-09-014, GUARANGA, CD-09-013 y CH-09-009, compartieron el rango estadístico “c”, con valores que fluctuaron entre 68,5 – 70,5 (Kg/HL) .

4.1.2. Índice de Llenado

Se determinó el índice de llenado de los 10 genotipos de cebada, los resultados promedio se presentan en la Tabla C-2.

El índice de llenado de los 10 genotipos varió entre 492 - 572, la medición de este parámetro de calidad es de suma importancia para la comercialización de los granos, debido a que proporciona información sobre la calidad física de la cebada obtenida en la clasificación del grano por tamaño (Banasik, 1996).

En el Gráfico E-2, se presenta el índice de llenado de las diferentes líneas y variedades de los granos de cebada en estudio, donde se visualiza que las variedades con mayor índice de llenado son CD-09-013, CD-09-009 y CAÑICAPA y con un valor inferior presentó la variedad CH-09-009.

En la Tabla C-2.1 de análisis de varianza se estableció que existe una diferencia significativa para los tratamientos

La prueba de Tukey (Tabla C-2.2) al 95% de confianza indicó que las muestras de cebada son heterogéneas respecto al índice de llenado con valores promedio entre 492-572. Según (Banasik, 1996) el índice de llenado, más que cualquiera de sus informaciones parciales, se correlaciona estrechamente con otros factores, por lo cual se utiliza en la predicción del porcentaje de extracto

molienda fina, lo que conduce a mejores estimaciones de las diferencias genéticas dentro de una misma familia. El valor del índice puede variar de 400 mínimo a 600 máximo los valores obtenidos en este estudio se encuentran dentro del rango establecido.

4.1.3. Peso de 1000 Granos

En la investigación se analizó 10 genotipos de cebada sin escarificar, los resultados promedio se presentan en la Tabla C-3.

El peso de 1000 granos en las muestras de 10 genotipos de cebada varió en un rango de 33 – 53 g, dichos valores se encuentran dentro de los límites de tolerancia de la norma establecida para la calidad del grano de cebada, que especifica un valor mínimo de 33 g para la masa de 1000 granos, en base seca. (INEN, 2004).

El Gráfico E-3, muestra que la variedad INIAP-GUARANGA presenta un valor superior de peso de 1000 granos, seguido por las líneas CD-09-009 y CD-09-013. En general, los valores encontrados están por debajo de los reportados por el INIAP, que alcanzan un promedio de 60 gr (INIAP C. , 2003), quizá debido a la presencia de numerosos granos que no se han llenado adecuadamente (granos chupados) como una consecuencia de una mayor susceptibilidad al estrés hídrico. Según (Borrajo, 2006), el peso de mil semillas varía según la especie e incluso el cultivar, por otro lado (Amaro, 2011) sostiene que, el peso del grano depende del tamaño y su densidad. A mayor peso, mayor porcentaje de endospermo.

El análisis de varianza para el peso de 1000 granos (Tabla C-3.1) indicó que existe diferencia significativa entre los genotipos de cebada evaluados a un nivel de confianza del 95%.

La Tabla C-3.2 al 95% de confianza muestra que el grano de cebada es heterogéneo, 3 muestras presentaron un mayor peso promedio con relación al resto (GUARANGA, CD-09-009, CD-09-013) con valores entre 50,00 hasta 52,05 g.

Por lo contrario, los genotipos (CAÑICAPA, CM-09-007, CH-09-010, CH-09-011, CH-09-006, CH-09-014, CH-09-009) presentaron valores inferiores y con diferencia significativa con respecto a los genotipos con valores mayores. Según (Vargas, 2003), los granos de 6 hileras, provenientes de las hileras, presentan un tamaño y un peso 13 a 20% inferior, que los granos provenientes de las variedades de dos hileras.

4.1.4. Medida Color

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Es un atributo de la apariencia de los granos y su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos. (Delmoro, 2010)

El color resulta de la interacción de la luz en la retina y un componente físico que depende de determinadas características de la luz. Estas características son, esencialmente el tono o matiz, la saturación o pureza y la luminosidad o brillo (Sancho, 1999)

Figura N° 5.- Atributos perceptuales básicos del color.



Elaborado por: Paúl González S., 2015

Fuente: Sistema Cielab, 1976

La medición de color en las ocho líneas y dos variedades de cebada sin escarificar, se realizó mediante un colorímetro.

4.1.4.1. Luminosidad (L*)

El método CIE, (1976) define la luminosidad, L*, también llamada claridad, como una propiedad de colores. Ella da una indicación sobre el aspecto luminoso del color estudiado: cuanto más oscuro es el color, la luminosidad es más débil, los resultados promedio de luminosidad L* se presentan en la Tabla C-4.

En el Gráfico E-4, se ilustra los valores promedio obtenidos de Luminosidad (L*) en las ocho líneas y dos variedades de cebada, los valores variaron en un rango de 42 – 62.

En el Gráfico E-4, se observa que los materiales en estudio son muestras heterogéneas, siendo las variedades CARIÑACAPA Y GUARANGA las que presentaron valores superiores con respecto a los 8 materiales. La Luminosidad corresponde al grado de claridad u oscuridad de un color, basado en una escala de grises que va desde el blanco (máxima luminosidad) hasta negro (mínima luminosidad). (Flores, 1995)

El Análisis de Varianza para los valores de Luminosidad (Tabla C-4.1) indicó que existe diferencia significativa de este componente colorimétrico entre los genotipos de cebada evaluados a un nivel de confianza del 95.

En la Tabla C-4.2 al 95% de confianza, se indica que las muestras de cebada están divididas en seis grupos heterogéneos entre sí, siendo las variedades CAÑICAPA y GUARANGA las muestras con mayor claridad, con valores de 61,28 y 60,19, respectivamente, seguidas por los grupos (CM-09-007 y CH-09-014) y (CH-09-009 y CD-09-009).

Por lo contrario, las líneas (CH-09-011, CH-09-013, CH-09-006, CH-09-010) presentaron valores inferiores lo cual demuestra que son granos más oscuros o menos luminosos, con valores que variaron entre 42,43 a 49,26, estadísticamente diferentes a los tres grupos que presentaron valores mayores.

4.1.4.2. Chroma (C*)

Es la intensidad cromática o pureza de un color. Se refiere a la intensidad de un tono sumado a su brillantez pura. Cuando un color no tiene ninguna mezcla, entonces tiene su máxima saturación. (Boscarol, 2007), los resultados promedio del Cromo C* se presentan en la C-5, teniendo como resultados que las muestras variaron en un rango de 9,54 a 21,58,

Según (Alvarez M. , 2010) el croma es el componente que define la intensidad del color de un producto. Siendo necesario realizar un análisis estadístico para este componente.

El Gráfico E-5, evidencia la heterogeneidad de las muestras siendo CARIÑACAPA Y GUARANGA las variedades con valores superiores a los restantes materiales de cebada, lo que indica una mayor pureza y luminosidad en el color de la cáscara, es decir son más claras.

El Análisis de Varianza para los valores de Luminosidad (Tabla C-5.1), muestra que existe diferencia significativa entre los genotipos de cebada evaluados a un nivel de confianza del 95%.

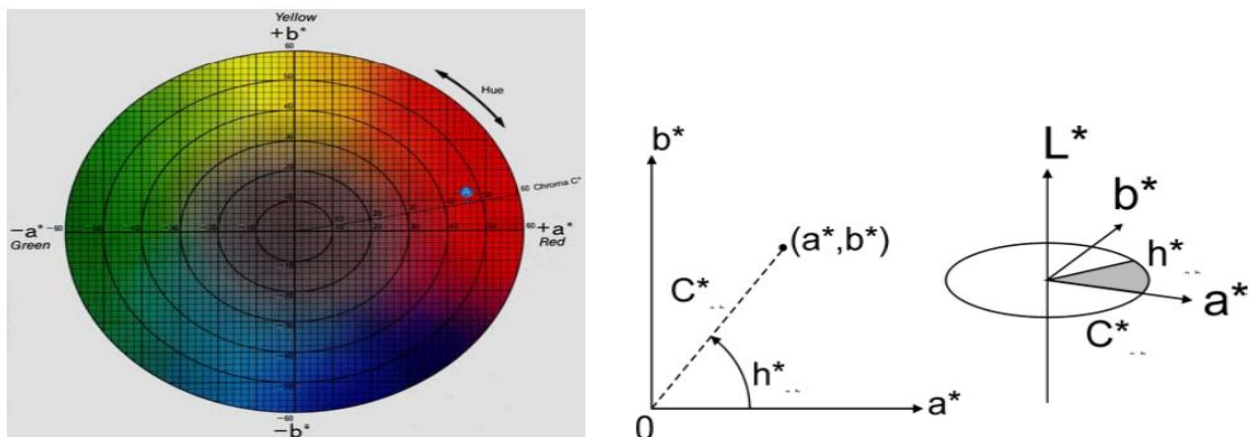
Mediante la prueba de Tukey para el Cromo de las variedades y líneas de cebada (Tabla C-5.2) al 95% de confianza, se determinó que los materiales son heterogéneos dividiéndose en 4 grupos. En el primer grupo se enmarcaron las variedades CAÑICAPA y GUARANGA, además las líneas CH-09-009 Y CM-09-007 con valores de cromaticidad de 18,63 a 21,58, correspondientes al color

amarillo claro, mientras que, los valores inferiores, correspondientes a las tonalidades oscuras hasta llegar a un color marrón, caracterizaron a la línea CH-09-010

4.1.4.3. Hue Tono (h^*)

Es el atributo de una sensación visual según el cual una región se asemeja a uno de los colores percibidos: rojo, amarillo, verde y azul, o a una combinación de dos de ellos, (Montesinos, 2003). En la Figura N° 6 se muestra el diagrama cromático y sus coordenadas polares, estas clarifican los resultados obtenidos para el componente Hue o Tono (h^*), resultados promedio del Tono h^* se presentan en la Tabla C-6.

Figura N° 6.- Diagrama Cromático (izquierda) y coordenadas polares $C_{ab}^*h_{ab}^*$ (derecha)



Fuente: (CIE-LAB, 2003)

Con respecto a los datos obtenidos de Hue o Tono (h°) expresados en grados sexagesimales, estos variaron en un rango de 64,89 a 73,70, estos resultados se interpretaron a partir del Figura N°6, que ayudó a establecer los colores correspondientes para cada variedad y línea de cebada. La línea CM-09-007,

presentó un mayor ángulo ($73,70^\circ$) correspondiente a color amarillo claro y la línea CD-09-009 con un menor ángulo ($64,89^\circ$) correspondió al color marrón.

En el Gráfico E-6, se representan los valores promedios para cada variedad; se observa que las muestras son homogéneas a diferencia de la línea CM-09-007, la cual presenta un valor promedio superior a los restantes materiales de cebada las coordenadas que indican un color amarillo claro.

El análisis de varianza para el Tono (h°) (Tabla C-6.1), indicó que existe diferencia significativa entre los genotipos de cebada evaluados a un nivel de confianza del 95.

La Tabla C-6.2 al 95% de confianza indica que el tono de las líneas CM-09-007, CAÑICAPA, GUARANGA, CH-09-011 y CH-09-014 con valores que variaron entre 67,94 a 73,70 presentaron tonalidad más clara que los restantes materiales que con valores menores a 67,94 se agruparon en el rango estadístico B.

4.1.5. Humedad

Los resultados promedio se presentan en la tabla C-7, la humedad promedio de las muestras de cebada varió de 8,75% a 10,37%, valores que se enmarcan dentro de los requisitos establecidos por el NTE INEN 1 559:2004 (INEN, 2004). La normatividad indica que el valor máximo de humedad del grano de cebada para consumo alimentario es de 13%.

En el Gráfico E-7, se presenta el porcentaje de humedad de las Variedades y líneas de cebada en estudio, con heterogeneidad en los valores promedio obtenidos.

El análisis de varianza para el Porcentaje de Humedad (Tabla C-7.1), que existe una diferencia altamente significativa entre variedades.

La prueba de Tukey al 95% determina que las variedades forman cuatro grupos; en el grupo con mayor contenido de humedad, se enmarcaron las variedades CH-09-014 y CD-09-013 con promedios de 10,37% y 10,26% respectivamente, estos resultados se encuentran dentro del límite máximo permitido (13%) para cebada de consumo alimenticio, según las normas INEN “Requisitos de la cebada”. El siguiente grupo conformaron las variedades CH-09-006, CD-09-009, CH-09-009 y CM-09-007 con promedios de 9,93% a 9,81%, seguido por el tercer grupo correspondiente a las variedades de cebada GUARANGA y CAÑICAPA con valores promedio de 9,67% y 9,49% respectivamente. Al rango estadístico “ab” correspondió la línea CH-09-011, mientras que en el primer rango estadístico con el menor valor de humedad (8,75 %) se ubicó la línea CH-09-010.

4.1.6. Porcentaje de salvado

Generalmente las cascarras o salvado de cebada son utilizados para alimentación animal, el salvado de cebada es obtenido como un subproducto del proceso de producción de harina, a este residuo también se lo denomina afrecho o afrechillo.

En la investigación se analizó un total de 10 muestras de cebada por duplicado, los resultados promedio se presentan en la Tabla C-8, se evidencia que las variedades con mayor promedio en el contenido de salvado son CH-09-009 (11,68%), CH-09-011 (11,18%), CH-09-006 (10,92%), CH-09-010 (10,56%), INIAP GUARANGA (9,65%), mientras que, la muestras que registraron menor promedio son: CH-09-014 (9,54%), INIAP CAÑICAPA (9,36%), CD-09-013 (8,14%), CM-09-007 (7,66%), CD-09-009 (6,99%).

El Gráfico E-8, ilustra los resultados obtenidos para el porcentaje de salvado de las variedades y líneas de cebada en estudio.

En el análisis de varianza para el porcentaje de salvado (Tabla C-8.1), se observa que existe una diferencia altamente significativa para las variedades.

La prueba de diferenciación de Tukey al 95% (Tabla C-8.2) con respecto a las variedades indica la presencia de cuatro rangos, siendo los de mayor porcentaje CH-09-009, CH-09-011, CH-09-006, CH-09-010 con valores que van de 11,69% a 10,56%, seguidos por la variedad INIAP-GUARANGA y la línea CH-09-014 con valores 9,65% y 9,54% respectivamente, INIAP- CAÑICAPA se encuentra por debajo de los anteriormente mencionados con 9,37%, seguida por la línea CD-09-013 con 8,14% y por último las líneas CM-09-007 y CD-09-009 con medias de 7,67 y 6,99 %, este análisis se realizó con el objetivo de verificar o rechazar una correlación entre porcentaje de cascara y el rendimiento de β -glucanos.

4.2. Caracterización Físico-Química del salvado de cebada

4.2.1. Fibra dietética total

En la Tabla C-9, se muestran el promedio de valores experimentales de fibra dietética en el salvado de 10 genotipos de cebada. Los valores fluctuaron entre 29,49% y 39,18%, similares a los reportados por (Moreano, 2011).

4.2.1.1. Fibra dietética soluble

Debido a que los β -glucanos son componentes mayoritarios en la fibra dietética soluble, el análisis de varianza, se centró en este componente.

En la Tabla C-9.1 se muestra el análisis de varianza al 95% de confianza, en donde se muestra que existe diferencia significativa para el contenido de fibra soluble de los 10 genotipos de cebada

Los resultados de diferenciación observados en la Tabla C-9.2, muestran que son heterogéneas entre sí, dividiéndose en seis grupos de acuerdo a sus rangos estadísticos. La variedad INIAP-GUARANGA presentó el mayor contenido de fibra dietética soluble con 8,56% un valor muy cercano al descrito por (Moreano, 2011), seguido por la línea CH-09-011 con un valor de 7,26% ubicándose en el grupo (A) con valores superiores al resto de muestras en estudio. La línea con menor porcentaje de fibra dietética soluble fue CH-09-014 con apenas un 3,72%.

En el Gráfico E-9, se presenta el porcentaje de fibra dietética soluble del salvado de las líneas y variedades de cebada en estudio, se ratifica que los resultados de fibra dietética soluble para los materiales INIAP- GUARANGA, CH-09-011 y CM-09-007 son mayores al resto de muestras analizadas.

4.2.2. Rendimiento de extracción de Fibra dietética Soluble (β -glucanos)

La Fibra soluble en su mayor parte está constituida por β -glucanos, estos se encuentran en las paredes celulares de muchas fibras de cereales como es el caso del salvado (Woodman, 2010).

En la Tabla C-10, se registran los rendimientos de extracción promedio de fibra soluble, a partir del salvado de cebada. Los valores encontrados fluctuaron entre 7,25% a 12,45%, rangos similares a los reportados por (Wood, 2004) para el salvado (% peso seco) con un tipo de molienda y tamizado en seco con valores que variaron entre 10,8% y 13,4 %.

Observando los valores promedio obtenidos del rendimiento de fibra soluble, indican que las muestras con mayor porcentaje de rendimiento son INIAP GUARANGA (12,45%), CM-09-007 (10,64%), CH-09-011 (10,26%).

En la Tabla C-10.1 se realizó un análisis de varianza al 95% de confianza. A partir de estos resultados se determinó que existe diferencia significativa para el rendimiento de extracción para los diferentes genotipos de cebada.

En los resultados de diferenciación de Tukey al 95% con respecto a las variedades, se observa que INIAP- GUARANGA es la que ofrece mayor rendimiento de extracción de FDS, a partir del salvado de dicha variedad, no obstante no existe mayor diferencia en el rendimiento de las variedades CM-09-007 y CH-09-011 con valores de 10,64 y 10,26% respectivamente, estos materiales son los tres únicos que se encuentran en el rango, por consiguiente se consideró el salvado de estos tres genotipos de cebada para la extracción, caracterización e incorporación en una matriz alimenticia tipo alfajor.

En el Gráfico E-10, se observa la diferenciación del rendimiento de extracción de fibra soluble, ratificando los resultados reportados en la prueba de diferenciación de Tukey al 95%

4.3. Concentración de β -glucanos en la Fibra dietética soluble

Como se puede apreciar en la Tabla C-11, las concentraciones promedio de β -glucanos varían, influenciados por el genotipo de grano. Varios autores señalan que además del genotipo influyen los factores medioambientales en los cuales son cultivados los materiales. Sin embargo, el factor genético es considerado más importante que las condiciones medioambientales en la concentración de β -glucanos.

El análisis de varianza (Tabla C-11.1), muestra que existe diferencia significativa para el contenido de β -glucanos, en los extractos de fibra soluble de los diferentes materiales de cebada.

Debido a que la significancia estadística para los tratamientos (variedades) es alta, se aplicó la prueba de diferenciación de Tukey al 95%, determinando así que la variedad INIAP-GUARANGA presenta valores mayores de β -glucanos con un promedio de 37,74%, seguido por las líneas CM-09-007 y CH-09-009 con valores 36,82% y 36,14%, las cuales se enmarcaron en un mismo rango estadístico, muestras con valores inferiores a los señalados se ubicaron en otros rangos estadísticos (Tabla C-11.2)

Se obtuvo una buena concentración de β -glucanos, mediante extracción con etanol, resultados concordantes con los reportados por (Rivero, 2011-2012).

4.4. Rendimiento de extracción de β -glucanos y su correlación con la fibra dietética soluble.

Según (Carbajal, 2008), los β -glucanos se los conoce también como fibra dietética soluble debido a que es el componente mayoritario en esta fibra, en algunos cereales como avena y cebada, razón por la cual el análisis se lo hizo en base a este compuesto de la fibra.

En cuanto a la correlación entre estos dos componentes, las rectas obtenidas en el Gráfico D-1.1, muestran la relación existente entre el porcentaje de fibra dietética soluble y el rendimiento de extracción de β -glucanos para las 2 variedades y ocho líneas de cebada.

Se observa en la Tabla D-1, que existe un nivel de correlación de 0,97, dicho valor es muy cercano a la unidad por lo que se determina que un cambio en la %FDS afecta proporcionalmente el contenido de β -glucanos, como se puede observar en el Gráfico D-1.1. La variedad dística INIAP- GUARANGA presenta

mayor porcentaje de fibra y por ende de β -glucanos, seguida por las restantes 5 líneas, una con características malteras, otra hexástica y tres dísticas, luego se encuentran 4 líneas de cebada hexásticas con valores menores.

4.5. Rendimiento de extracción de β -glucanos y su correlación con el porcentaje de salvado.

La correlación entre porcentaje de salvado para las 2 variedades y ocho líneas de cebada y el rendimiento de extracción de β -glucanos se reportan en la Tabla D-2.

De acuerdo a las ecuaciones y resultados obtenidos (Gráfico D-2.1 y Tabla D-2), no se encontró un alto grado de correlación entre porcentaje de salvado y el rendimiento de extracción de β -glucanos ya que el valor de R^2 corresponde a 0,0676, esto indicó que no se puede predecir el rendimiento de β -glucanos en base a mediciones del porcentaje de salvado que contienen las variedades de cebada, esto es respaldado por (De Toay, 2006) que argumenta que el contenido de β -glucanos es mayor en las cebadas hexásticas o de 6 hileras y existe menor contenido de β -glucanos en cebadas de tipo dísticas o de dos hileras. Este autor también indica que el contenido de salvado es mayor en cebadas de tipo hexásticas y menor en las de tipo dístico, algo similar a lo obtenido en la investigación.

4.6. Elección de los mejores extractos de β -glucanos obtenidos del salvado de cebada.

Después de los análisis realizados a los resultados de las respuestas experimentales de porcentaje de fibra dietética soluble (FDS), rendimiento de extracción de β -glucanos y contenido de β -glucanos (%) de los extractos solubles, se deduce que los genotipos apropiados para la extracción de β -glucanos son: INIAP- GUARANGA, y las líneas CM-09-007 y CH-09-011.

4.7. Caracterización de los extractos de β -glucanos.

Los resultados presentados a continuación fueron analizados, tomando en cuenta cada variable de estudio.

4.7.1. Contenido de FDT en los extractos de beta-glucanos.

El termino fibra dietética es el conjunto de compuestos nutricionales, que permiten que el consumidor obtenga beneficios para su organismo (Saura, 2001), los resultados promedio se presentan en la tabla C-12 y el Gráfico E-11.

Como se observa los valores de fibra dietética fluctuaron entre 94,94% y 95,60%, con un estrecho margen de variación. Observando los resultados del análisis de varianza (Tabla C-12.1) se estableció que no existe diferencia significativa para los tratamientos (variedades); concluyendo que no existe efecto alguno de la variedad de cebada en el contenido de FDT en los extractos beta-glucanos

Posteriormente se realizó la prueba de diferenciación de Tukey al 95%, teniendo como resultados que no existe diferencia entre tratamientos y todos pertenecen a un mismo rango. Tabla C-12.2

El gran contenido de FDT dentro de los extractos se da por el hecho de que los beta-glucanos son también llamados un tipo de fibra dietética por ser el componente mayoritario en este tipo de fibra,

4.7.2. Ceniza de los extractos de β -glucanos

Las cenizas son un análisis físico-químico importante debido a que con ello se puede estimar el porcentaje de minerales que se encuentran en los extractos (Cazares, 2011).

En la determinación del contenido de cenizas de cada extracto de β -glucanos se determinó que los resultados promedio fluctuaron entre 2,15% a 2,47% como se presentan en la Tabla C-13 y Gráfico E-12.

Según (Osella, 2006) el contenido de ceniza es menor en el centro del grano que en las capas exteriores. Un bajo contenido de cenizas en la harina indica un bajo nivel de contaminación con pericarpio o germen. El contenido de ceniza en los extractos de beta-glucanos corresponde a un nivel medio, debido a que fueron extraídos del salvado de cebada en donde los niveles de minerales son altos. Sin embargo entre variedades se nota una ligera variabilidad, el extracto con mayor contenido de cenizas es el proveniente del salvado de la línea CM-09-007, seguida por el procedente de la variedad INIAP GUARANGA y la línea CH-09-011. Se realizó un Análisis de varianza (ANOVA), dichos resultados se presentan en la Tabla C-13.1.

En el contenido de cenizas de los extractos de tres genotipos de cebada, no existe diferencia significativa al 95% (Tabla C-13.1).

Se observa en la Tabla C-13.2 que los tratamientos son homogéneos entre si y ocupan un mismo rango de valores (A), concluyendo que la variedad de cebada no influye en el contenido de cenizas del extracto de B-glucanos.

4.7.3. Proteína de los extractos de β -glucanos

Este parámetro, estima la cantidad de nitrógeno total, expresado convencionalmente como contenido de proteína y es determinada mediante procedimientos normalizados (INEN, Harina de origen vegetal, Determinación de la proteína, 1980).

En la tabla C-14 y en el Gráfico E-13 se observa el contenido de proteína de tres muestras de extractos de β -glucanos, los cuales fluctúan en un rango de

1,47% a 1,83%. Según (Rivero, 2011-2012) el contenido bajo en proteína puede ser atribuido a la extracción de B-glucanos con alcohol, componente que ayuda a la eliminación de grasas y proteínas, solubles en él.

Los tres extractos analizados, muestran que existe diferencia en el contenido de proteína en los extractos de b-glucanos, a pesar de que este contenido es bajo, Según (Vasco, 2008), en las cebada los extractos de β -glucanos presentan un bajo contenido de este nutriente.

Al realizar el análisis de varianza se encontró que existe diferencia significativa entre extractos de B-glucanos de las 3 variedades de cebada.

Con la prueba de Tukey al 95%, se determinó que con contenido mayor de proteína es procedente del extracto de la variedad CM-09-007 con 1,83 % de proteína, mientras que con menores contenidos correspondientes a 1,75% y 1,47 % se ubicaron los materiales: CH-09-011 e INIAP-Guaranga.

4.8. Farinografía de las harinas enriquecidas con β -glucanos

A continuación se presenta el análisis de Farinografía, el cual permite reproducir de forma visual el conjunto de características de calidad de la harina, tal como consistencia de la masa que se forma a partir de harina y agua, forma de desarrollo y modificación en el transcurso del tiempo.

4.8.1. Absorción de Agua

Farrand y colaboradores (1969) expresan que la absorción de agua es una función primaria de la proteína y el almidón dañado, un incremento de uno u otro, podría incrementar el valor de este parámetro (Pazmiño, 1982).

Los valores de absorción de agua fluctuaron entre 54,9 % a 62,8% (Tabla C-15). Las mezclas que contienen harina de Quinoa presentan menor absorción de agua en relación a las mezclas que no contienen harina de quinoa, sin embargo esta característica mejora con la incorporación de β -glucanos debido a hidrosolubilidad de estos compuestos que se traduce en un aumento en la viscosidad (Luharoo, 2010) .

Por otro lado, los pentosanos que son componentes minoritarios en las harinas afectan la calidad de los productos de panificación debido a su naturaleza hidrofílica con capacidad para retener 10n veces su peso en agua (Moiraghi & Ribiotta, 2005). Estos compuestos son uno de los principales componentes de la fibra dietética y su contenido afecta de gran manera a las propiedades reológicas de la masa de harina de trigo (PANERA, 2009).

A mayor absorción de agua, la harina se considera de mayor calidad, valores mayores a 65% se consideran apropiados para obtener un buen rendimiento en la elaboración de pan. Valores menores al 60% es considerada una harina de baja calidad.

En este tipo de alimento tipo “alfajor”, no es necesario obtener mayor absorción de agua, por lo que las mezclas a_0b_0 (40% de H.Trigo + 60% Maicena), a_1b_0 (40% de H.Trigo + 30% Maicena + 30% de H. Quinoa) y a_1b_1 , (40% de H.Trigo + 30% Maicena + 30% H. de Quinoa + 1% de β -glucanos) , son apropiadas para este fin.

4.8.2. Tiempo de Desarrollo

Definido como el tiempo necesario para alcanzar 500 UB, después de haber añadido agua. Determina la velocidad de absorción de agua y formación del gluten por la harina (De la llave, 2004)

El Gráfico E-14 muestra el tiempo que tardan las diferentes mezclas en llegar a su punto máximo de viscosidad durante el amasado (Cauvain & Young, 1998), consecuentemente se observa que a un nivel de inclusión del β -glucanos en el orden del 2%, en la mezcla de harinas (40 % de H. Trigo + 60% Maicena) no prolonga adversamente el tiempo de desarrollo de la masa. Al respecto Tejero, (1992) indica que el tiempo de desarrollo debe ser corto, debido a su incidencia en los tiempos de proceso.

Según (Calaveras, 1996) para una harina normal de trigo el tiempo de desarrollo debe ser de 2 o 3 minutos. Los valores para las diferentes mezclas de harina fluctuaron entre 1.4 hasta 4.5 minutos, lo que evidencia una desviación del estándar común, atribuible al nivel de sustitución de la harina de la harina de trigo por harina de quinua.

En la Tabla C-15.1, se muestra el análisis de varianza para el tiempo de desarrollo de las mezclas de harinas, con una diferencia significativa al 95% de confianza entre tratamientos. Lo que significa que la adición de β -glucanos en las diferentes mezclas de harinas producen efectos en el parámetro “tiempo de desarrollo”, por lo que se planteó una prueba de comparación de Tukey al 95% (Tabla C-15.2).

En la Tabla C-15.2, la prueba de comparación de Tukey, muestra que no existe diferencia significativa en el tiempo de desarrollo de la muestra testigo (40 % de H. Trigo + 60% Maicena con 0 % de β -glucanos) con las muestras de harinas sustituidas a_0b_2 (40 % H. trigo + 60% Maicena, 2 % de B-glucanos), a_0b_1 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena +1 % β -glucanos) y a_1b_0 (40 % H trigo+30 % H. quinua+30 % de maicena).

Contrariamente a lo señalado por (Tejero, 1992) quien menciona que no es conveniente tiempos muy largos de desarrollo, Calaveras, (1996) cataloga como harinas de mala calidad a aquellas con tiempos cortos de desarrollo.

4.8.3. Estabilidad

La estabilidad es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia. Da una idea de la resistencia de la masa al amasado, una masa con alta estabilidad, significa que se le puede aplicar un gran esfuerzo mecánico (Alvarez M. , 2012).

Los datos reportados en la Tabla C-15 presentan valores que fluctúan entre 3,5 a 17,5 minutos. Estos tiempos dependen de la calidad de la harina, siendo una masa adecuada para panadería aquella de máxima consistencia. El tratamiento que más se acerca a esta condición es a_1b_2 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos), mientras que el tratamiento testigo, con un tiempo de estabilidad de 3,5 min., se aleja de una harina prototipo para panificación.

En el Gráfico E-15 se ilustran los resultados promedios de estabilidad, se observa una mayor estabilidad para los tratamientos a_1b_1 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena con 1% de β -glucanos) con un valor promedio de 12,50 minutos y a_1b_2 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena con 2% de β -glucanos) con un valor de 17,50 minutos. Los tiempos señalados corresponden a harinas fuertes, capaces de soportar mayores tiempos de fermentación (Calaveras, 1996), mientras que la muestra testigo presentó un menor tiempo de estabilidad (3,5 min.).

El análisis de varianza realizado Tabla C-15.3 muestra diferencia significativa al 95% para los factores A (Mezcla de harina), B (% β -glucanos) y la interacción de los dos factores como para los efectos. Los tratamientos con mayor estabilidad resultaron a_1b_1 y a_1b_2 , posiblemente por efecto de la adición de β -glucanos a niveles de 1% y 2 %.

La significancia estadística en los factores: nivel de sustitución de las harinas e inclusión de B-glucanos en la mezcla, orientó la aplicación de la prueba de Tukey al 95 %, cuyos resultados se muestran en la Tabla C-15.6, donde se evidencia que los tiempos de estabilidad de los tratamientos a_0b_0 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena “Testigo”) y a_1b_0 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena), con valores de 3,5 a 4, no variaron estadísticamente y se ubicaron en el rango estadístico bajo, correspondiente a harinas no aptas para la elaboración de pastas y de pan, pero apropiadas para la elaboración de galletas, (Toaquiza, 2011). El tratamiento a_1b_3 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 3% β -glucanos) con 17,50 min, un valor mayor correspondiente a harinas de mayor calidad (Asociación Argentina ProTrigo, 1996).

4.8.4. Debilitamiento

El debilitamiento está representado por la caída de la curva, durante un periodo determinado de amasado. Las harinas fuertes darán números bajos, mientras que las débiles darán números altos.

En el Gráfico E-16 se señala los índices de debilitamiento, los cuales fluctúan entre 0 hasta 108.00 UF (Unidades farinográficas). Los valores correspondientes a los tratamientos a_1b_1 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 1% β -glucanos) y a_1b_2 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 2% β -glucanos) son de 38 y corresponden a harinas de buena, mientras que las harinas sustituidas restantes con mayores valores, se consideran débiles, apropiadas para la elaboración de pastas y galletería (Calaveras, 1996)

El análisis de varianza (Tabla C-15.4), indica una diferencia significativa al 95% en el debilitamiento por efecto de los factores (Harinas sustituidas), (nivel de

inclusión de B-glucanos) y su interacción AB, por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey al 95 % para categorizar los resultados.

Los resultados de la Tabla C-15.6, muestran que la adición de β -glucanos afecta significativamente al debilitamiento y estabilidad de las mezclas, mientras que los tratamientos a_0b_0 y a_1b_0 que no incluyen adición de B-glucanos presentan menores valores de debilitamiento (0.0) y de mayor estabilidad.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el debilitamiento y la estabilidad son dos variables que permiten estimar la fuerza de una harina, puesto que, mientras más prolongado sea el tiempo en que la masa se mantiene en la máxima consistencia menor es el índice de debilitamiento, por tanto más fuerte es la masa. (Lascano, 2010)

4.9. Reología de masas enriquecidas con β -glucanos

Los 8 tratamientos se sometieron a análisis reológico en el equipo Mixolab, el cual permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida al esfuerzo de amasado, procesos de calentamiento y enfriamiento. (Lascano, 2010).

El Mixolab es un equipo automático controlado por computadora que permite hacer un análisis de la masa en un solo ensayo, simulando las condiciones del procedimiento de fabricación. Mide en tiempo real el torque o par (expresado en Nm) que se produce al paso de la masa entre dos fraseadores, características reológicas como : Amasado (C1), Fuerza de Gluten (C2), Gelatinización del Almidón (C3), Actividad Amilásica (C4), Retrogradación del almidón (C5) (Technologies, 2008)

En la Tabla C-16 se registran los resultados experimentales de las características reológicas que corresponden a los valores promedio de

absorción de agua, índice de amasado, índice de fuerza de gluten, índice de viscosidad, índice de resistencia de la amilasa e índice de retrogradación del almidón.

4.9.1. Índice de absorción de agua (C1)

El índice de absorción de agua hace referencia a la cantidad de agua que se debe añadir a una harina para producir una masa con la consistencia optima; y da una idea de cuánto va a rendir la harina en la producción de pan, una mayor absorción de agua se traduce en un mejor rendimiento (Bennion, 1969)

De acuerdo a la Tabla C-16 se observa que la absorción de agua para la muestra a_0b_0 (testigo) presenta un valor de 6; mientras que los tratamientos a_0b_1 , a_0b_2 , a_0b_3 y a_1b_3 presentan valores promedio de 7 y el tratamiento a_1b_2 un valor que corresponde a 5, sin embargo se encuentran tratamientos con valores bajos de absorción de agua con índices de 1 y 2 (a_1b_0 y a_1b_1). (Clair, 2009) Indica que mientras más alto es el índice, mayor es la absorción de agua.

Con la ayuda del Gráfico E-17 se identificó que la adición de β -glucanos permite alcanzar un mayor índice de absorción de agua, lo que se traducirá en un mejor rendimiento de producto final, por otra parte se observa que los tratamientos con inclusión de harina de quinua presentan valores menores, los cuales mejoran por efecto de la adición de β -glucanos en un 3%, estos resultados muestran que la adición de β -glucanos tiene un efecto positivo en el incremento de la absorción de agua ayudando a mejorar las masas. Según (Calaveras, 1996) este tipo de compuestos (β -glucanos) pueden absorber hasta una tercera parte de agua en la masa.

A excepción de los tratamientos a_1b_0 , a_1b_1 y a_1b_2 , con baja capacidad de absorción de agua, los demás pueden ser considerados apropiados para panificación y galletería. El tratamiento testigo presentó un valor de 6, sin

embargo los tratamientos a_0b_1 , a_0b_2 , a_0b_3 y a_1b_3 , superaron este valor, lo que indica una mayor capacidad de absorción de agua que el testigo

4.9.2. Índice Amasado (C2)

El índice de amasado representa la resistencia que presenta la harina a dicha aplicación (Toaquiza, 2011).

Durante esta etapa la mezcla de harina y agua, que es una pasta espesa y viscosa; se convierte en masa suave y viscoelástica, caracterizada por tener un tacto seco y sedoso, y fácilmente ser extendida como una membrana delgada y continua. (Cauvain & Young, 1998).

En el Gráfico E-18 se muestra que el tratamiento a_0b_0 presenta un bajo índice de amasado con un valor promedio de cero; mientras que los índices de los tratamientos restantes están comprendidos entre 0,33 a 5,33; debido a la inclusión de β -glucanos en estas mezclas y posiblemente al mayor contenido de proteína aportada por la harina de quinua; puesto que una mayor cantidad de este nutriente provoca mayor resistencia a la actividad de amasado. El tratamiento con mayor índice de amasado corresponde al a_1b_3 (40 % de harina de trigo+ 30 % de harina de quinua+ 30 % maicena + 3 % β -glucanos. Según (Clair, 2009), cuanto más alto es el índice, más estable es la masa.

En el análisis estadístico (Tabla C-16.1), se observa que se genera una diferencia significativa al 95% para el factor A, el factor B y la interacción AB, es decir que existe diferencia entre mezclas de harinas, porcentajes de adición de β -glucanos y su interacción. Es posible que la adición de β -glucanos ayude a reforzar la red proteica de las mezclas de harinas.

En la Tabla C-16.2 se observa la prueba de diferenciación de Tukey al 95%, en la cual se indica que los tratamientos están en dos grupos. Las mezclas que

contienen harina de quinua, presentan mayor índice de amasado con valores superiores fluctuando entre 4,67 a 5,33 concluyendo que la adición de harina de quinua en las mezclas influye significativamente en el índice de amasado, igualmente la adición de β -glucanos un factor determinante en este análisis reológico.

4.9.3. Fuerza de Gluten (C3)

El Mixolab reporta valores de la fuerza de gluten como índice de Gluten, el cual hace referencia a la fuerza de las proteínas. La modificación que se produce en el gluten, depende principalmente de su calidad y no de la cantidad, siendo las proteínas más importantes la gliadina y la glutenina (Bennion, 1969). Según (Calaveras, 1996) la fuerza depende de la calidad y de la cantidad de las proteínas.

Como se observa en Gráfico E-19 los tratamientos que poseen mayor fuerza de gluten son los tratamientos con mezclas de 40 % de H. Trigo + 60% Maicena y los tratamientos a1b1 y a1b2 que hacen referencia a la mezcla: 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena con 1 y 2 % de B-glucanos. En este caso, la adición de β -glucanos contribuye al incremento en la fuerza de gluten. Según (Rollin, 1962) estos elementos actúan rápidamente en harinas con bajo contenido de gluten, acondicionan y refuerzan la estructura de la masa.

El análisis de varianza al 95% Tabla C-16.3, determinó que existe diferencia significativa para el factor A y B y para la interacción AB, es decir que el factor % β -glucanos (A) tiene influencia en el índice de gluten para la formación de masas viscoelásticas.

La prueba de diferenciación de Tukey al 95% (Tabla C-16.4), permitió determinar que índice fuerza de gluten en los tratamientos a0b1, a0b0, a0b2, es más alto, con valores que fluctúan entre 6,00 a 6,33, con relación a los

tratamientos contienen Harina de Quinoa cuyos valores fluctuaron entre 1,33 a 4,33, debido a que las proteínas de la quinoa son diferentes a las proteínas del trigo, la quinoa no contiene gluten, lo que determina la menor fuerza en las mezclas con inclusión de harina de trigo, sin embargo la adición de β -glucanos al 1%, ayuda a mejorar la fuerza de gluten a pesar de su nulo aporte con proteínas tipo gluteninas y gliadinas.

4.9.4. Viscosidad del gel de almidón (C4)

Según (Bennion, 1969), la viscosidad implica un hinchamiento de los gránulos de almidón y es el resultado del aumento de la temperatura en presencia de agua.

Cuando la temperatura alcanza más de 50 – 60 °C, la viscosidad de la masa aumenta muy rápido al compás del almidón que gelatiniza y de las proteínas que polimerizan. La consistencia en caliente es función de las características del almidón y de la actividad amilásica (Dubat, 2011)

El análisis de varianza al 95% para la viscosidad del gel de almidón (Tabla C-16.5) indica que existe una diferencia significativa para cada uno de los efectos principales y para la interacción.

En la prueba de comparación de Tukey al 95% se identifica que la inclusión de los β -glucanos influye de manera drástica en la viscosidad de las masas, actuando de mejor manera al 1% de adición en mezclas de 60-40, mientras que con un 2 y 3% de adición existen un descenso de viscosidad de la misma clase de mezclas. En las mezclas 40-30-30 la inclusión de B-glucanos ayudó a incrementar la viscosidad, también hay que considerar la relación de este parámetro con la actividad amilásica, cuanto más alto es el índice de viscosidad menos fuerte es la actividad amilásica (caída de consistencia menos fuerte). (Sagarpa, 2007).

4.9.5. Resistencia de la amilasa (C5)

Según (Calaveras, 1996), la influencia de la actividad amilásica es de gran importancia en la miga, por otro lado (Pulloquina, 2011), describe que la actividad amilásica depende.

De acuerdo al Gráfico E-20 se observa que el índice de resistencia amilásica varía desde 4,33 hasta 9 y tomando en consideración la afirmación de (Clair, 2009), respecto de que cuanto más alto es el índice, menos fuerte es la actividad amilásica; se concluye que la mayoría de tratamientos presentan baja actividad amilásica, a excepción de los tratamientos a_0b_3 y a_1b_0 con valores de 4,33 y 6,67 respectivamente.

El análisis de varianza efectuado con las respuestas experimentales de resistencia amilásica, (Tabla C-16.7), determina que a un nivel de 95% hay diferencia significativa de los efectos principales, así como también existe diferencia para la interacción AB. En general, la adición de β -glucanos ayudó a incrementar el índice de resistencia de la amilasa, especialmente en las mezclas que contienen harina de Quinoa.

En la Tabla C-16.8 se presenta la prueba de diferenciación de Tukey al 95%, en la cual se observa que los tratamientos a_1b_3 , a_1b_2 , a_1b_1 , a_0b_2 y a_0b_1 son similares al tratamiento a_0b_0 (testigo) con un índice de 9, lo cual indica que las mezclas de harina con adición de β -glucanos presentan una baja actividad amilásica, lo que dará lugar a productos secos, apelmazados, con una miga de gran densidad, característico de un alfajor. Por lo tanto los tratamientos con valores semejantes o iguales a tratamiento testigo son los adecuados para la elaboración de alfajores.

4.9.6. Retrogradación del almidón (C6).

Según (Dubat, 2011), este parámetro da una información importante sobre el potencial de conservación del producto acabado, un índice bajo determina una larga vida útil, mientras que una alta retrogradación se traduce en una menor vida útil.

En el Gráfico E-21 se observa que los tratamientos presentan valores del índice de retrogradación que fluctúan entre 5 y 8,67; siendo el tratamiento a₁b₀ el que presenta un valor menor respecto al resto de tratamientos. En este caso la adición de β -glucanos no favorece a la disminución del índice de retrogradación del almidón.

En la Tabla C-16.9 de análisis de varianza al 95%, se observa que tanto en las mezclas de harina como en el porcentaje de adición de β -glucanos existe diferencia significativa. También se ha detectado efectos significativos en la interacción AB.

La prueba de diferenciación de Tukey al 95% (Tabla C-16.10), señala que los únicos tratamientos que difieren entre sí son a₁b₀ con un índice de 5 y el tratamiento de a₀b₃ con un índice de 8,67, los tratamientos restantes tienen cierta homogeneidad con el tratamiento testigo que presenta un índice de retrogradación de 7,67, sin embargo (Lascano, 2010) dice que, un índice de 7 se encuentra dentro del rango adecuado para la elaboración de productos panificables.

Los índices de retrogradación obtenidos son relativamente altos, con excepción del tratamiento a₁b₀ (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena), lo que indica que el almidón está en un estado muy inestable, empieza a ceder parte del agua; las celdillas se encogen, se endurecen, se hacen menos elásticas y más secas, lo que es desfavorable para la conservación de los

productos de panificación (Bennion, 1969), sin embargo esto es favorable para la elaboración del Alfajor ya que este producto es de textura dura con gran cantidad de miga.

4.10. Análisis sensorial de la matriz alimenticia “Tipo Alfajor”

Con el propósito de determinar el nivel de aceptación por parte de los potenciales consumidores se realizó pruebas de tipo sensorial, especialmente se enfocó en una prueba de preferencia/aceptación, debido a que ésta se utiliza para evaluar la aceptación o rechazo de productos alimenticios.

La evaluación sensorial se realizó a los 8 tratamientos obtenidos: a_0b_0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a_0b_1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a_0b_2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a_0b_3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a_1b_0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; a_1b_1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a_1b_2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a_1b_3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos; a través de la elaboración de un alimento “tipo alfajor”. Se aplicó un diseño de bloques incompletos, cada uno de los catadores calificó 4 tratamientos, por consiguiente cada tratamiento fue evaluado siete veces.

La cata se puede entender como un conjunto de métodos y técnicas que permiten percibir, identificar y apreciar, mediante los órganos de los sentidos cierto número de propiedades, llamadas organolépticas. A través de ella se trata de describir con el mayor detalle y exactitud posible, las sensaciones percibidas, culminando en la calificación del alimento. (Saltos, 2002)

Se elaboró un formulario de encuesta (Anexo A-1), de escala hedónica con rango de (1 – 5), en la que se evaluaron los parámetros de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

4.10.1. Color

El color está relacionado con las cualidades sensoriales, la composición química y, por lo tanto este es uno de los factores que define la calidad de un producto alimentario.

En la Tabla C-17 el análisis estadístico de varianza muestra las calificaciones obtenidas para el “Color del Alfajor”, determinando que existe diferencia significativa al 95% entre los tratamientos.

En la Tabla C-17.1, se muestra el análisis de comparación múltiple de Tukey al 95% correspondiente al atributo “color” para los diferentes tratamientos con los que se elaboró el alfajor enriquecidos con β -glucanos. Las variaciones del atributo sensorial van desde 1 correspondiente a la característica “Muy desagradable” hasta 5 que corresponde a la característica “Muy agradable”; se estableció una diferencia entre la muestra testigo a_0b_0 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena “Testigo”) y el tratamiento a_1b_3 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos) presentó, posiblemente debido a la adición de β -glucanos y la sustitución de harina de trigo por harina de quinua, que determina un color mucho más oscuro que el resto de tratamientos. Sin embargo en función de los puntajes obtenidos, se determina que el a_0b_2 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% β -glucanos) es el que más se asemeja a la muestra testigo con una diferencia mínima de 0,46.

4.10.2. Olor

El olor es la propiedad organoléptica que viene dada por diferentes sustancias volátiles presentes en los alimentos, bien de manera natural u originada durante su procesado. El olor es una característica importante ya que este atributo se puede percibir a distancia cuando es totalmente agradable o desagradable y esto va a influir en la compra del mismo. (Alvarez J. , 2012)

En la Tabla C-18 de análisis de varianza. Se puede observar que a un nivel de confianza del 95% existe diferencia significativa tanto para el factor A (tratamientos) como para el factor B (Catadores).

En la prueba de diferenciación de Tukey al 95% presentada en la Tabla C-18.1, se observa que la muestra a_0b_2 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% β -glucanos) es similar a la muestra a_0b_0 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena “Testigo”), con mejor puntuación en este atributo.

4.10.3. Sabor

El sabor de los alimentos es una propiedad muy compleja, ya que combina tres propiedades: olor, aroma, y gusto; por lo tanto su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado. El sabor es lo que diferencia un alimento del otro.

En la Tabla C-19, se muestra el análisis de varianza para el atributo sabor, en ella se observa que hay diferencia significativa con un nivel de 95% para las mezclas de harinas pero no para los catadores.

Con la prueba de Tukey al 95% presentada en la Tabla C-10.1, se puede apreciar que el testigo presenta una elevada calificación, sin embargo las muestra de los tratamientos a_0b_2 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -

glucanos), a_0b_3 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos), a_0b_1 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos), a_1b_2 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos), a_1b_0 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena) alcanzan calificaciones similares por lo tanto se encuentra en el mismo grupo de homogeneidad, siendo el tratamiento a_1b_0 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos) el que obtuvo menor puntaje con relación al resto de tratamientos.

Tomando en cuenta lo descrito por (Alvarez J. , 2012), el sabor es la característica más importante ya que este atributo es la degustación del mismo y por ende la característica que más influye en su aceptabilidad, se puede decir que los tratamientos correspondientes al Grupo C son igual de aceptables que la muestra testigo.

4.10.4. Textura

La textura es un factor de aceptabilidad sensorial importante para la aprobación de algunos alimentos por parte del consumidor (Rodríguez E. , 2005)

Este atributo es influenciado por los ingredientes empleados, tiempos de horneado, factores que contribuyen a obtener una textura adecuada, la adición de β -glucanos es uno de ellos ya que estos favorecen la viscosidad de la masa, también la sustitución parcial de harina de quinua por maicena en algunos tratamientos influyen en la textura del alfajor.

En la tabla C-20 se muestra el análisis de varianza correspondiente a textura de los alfajores, determinando que no existe una diferencia significativa a un nivel del 95% de confianza en la textura de los alfajores preparados con harinas de diferente nivel de sustitución.

En la Tabla C-20.1, se tiene la prueba de comparación de Tukey al 95% en el cual se determinó que la muestra con mayor puntaje es a_0b_2 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos) con un valor de 4,14 sobre 5, por encima de la muestra testigo que presenta un valor de 3,71. Los demás tratamientos no difirieron estadísticamente del testigo y se ubicaron en el rango estadístico ab La muestra preparada con el tratamiento 6 presentó el valor más bajo (2,71) con relación al resto de tratamientos, según la escala hedónica, donde 1, corresponde a la categoría Disgusta Mucho y 5 “Gusta Mucho”.

4.10.5. Aceptabilidad

El grado de satisfacción o aceptabilidad de un producto es medido a partir de las características: color, olor, sabor, y textura pero sobre todo es la valoración que el consumidor realiza de acuerdo a su propia escala interna de apreciación del producto. (Toaquiza, 2011).

Este atributo es aquel que nos ayuda a definir cuál es el tratamiento que prefiere el consumidor, es decir, si es aceptable o no en el mercado (Alvarez J. , 2012).

La Tabla C-21, muestra el análisis de varianza correspondiente a aceptabilidad de los Alfajores, donde se determinó que existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre las muestras de alfajores.

Los promedios de los resultados se encuentran dentro del rango 2,71 a 4,71, sobre una valoración de 5 puntos, en una escala hedónica que varió en las categorías “disgusta mucho” hasta “gusta mucho”.

En la Tabla C-21.1 se reporta la prueba de comparación múltiple de Tukey para el efecto de tratamientos, determinando como mejor tratamiento correspondiente a $a_0b_2 = 40$ % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -

glucanos, con un promedio de 4,57 por debajo del tratamiento testigo con un promedio de 4,71, estos se encuentran dentro de la categoría “Gusta Mucho”, seguidos por el tratamiento correspondiente a a0b3 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos) con una calificación de 4,43. La muestra con menor puntaje aceptabilidad fue la perteneciente a a1b1 (40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 1% β -glucanos) con un valor promedio de 2,71 correspondiente a los descriptores “disgusta” y “ni gusta ni disgusta”.

La introducción al mercado de un alfajor enriquecido con β -glucanos no causaría rechazo puesto que el catador no distingue entre muestras que contienen y no contienen B-glucanos, por tanto causaría mayor atención del consumidor y estimularía al deseo de compra.

4.11. Perfil Nutricional a los mejores tratamientos

El perfil nutricional partió de las mezclas de harina correspondientes a las muestras con mayor aceptabilidad, el tratamiento a0b2 (40% de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos), con 2,45 % humedad, 1,34% cenizas, 8,86% extracto etéreo , 4,99 % Proteína, 2,54% Fibra, 84,23% Carbohidratos, 0,15% Calcio, 0,13% Fosforo, 0,01% Magnesio, 0,07% Potasio, 0,28% Sodio, 0,0005% Cobre, 0,0034% Hierro, 0,0002% Manganeso, 0,0005 Zinc , y al tratamiento a1b2 (40% de H. Trigo + 30% Maicena + 30% H. Quinua + 2% de β -glucanos), con 6,90 % humedad, 1,49% cenizas, 11,26% extracto etéreo , 7,63 % Proteína, 3,34% Fibra, 78,45% Carbohidratos, 0,21% Calcio, 0,17% Fosforo, 0,03% Magnesio, 0,14% Potasio, 0,28% Sodio, 0,0005% Cobre, 0,0039% Hierro, 0,0002% Manganeso, 0,0010 Zinc .

En Tabla B-13 se observa los resultados comparados con un alfajor de tipo comercial, siendo la fibra y proteína los que presentan niveles notablemente superiores en comparación con los que se reportan por el alfajor de tipo comercial “DELIPAN”.

4.12. Determinación del mejor tratamiento.

En base al perfil Reológico, Farinográfico, nutricional y sensorial, se seleccionó el tratamiento a0b2 (40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos), como el más apropiado para su escalamiento a nivel industrial

4.13. Costo y rendimiento

4.13.1. Costo y rendimiento de extracción de β -glucanos

Para la implementación de la tecnología de extracción de β -glucanos del salvado de la cebada, se determinó el rendimiento y el costo de los extractos. Se determinó un balance de materiales para la extracción detallado en el Anexo A-3, donde se observa que con ingreso de 100 gr se obtuvo un rendimiento en la extracción del 12,45% según el cálculo que se muestra en el Anexo F-1.

El costo del extracto se determinó según los cálculos realizados en el Anexo F-2 se tiene un costo de venta \$ 10,32 por cada gramo de β -glucanos.

4.13.2. Costo y rendimiento del producto

Para la elaboración de un alimento enriquecido con β -glucanos con propiedades funcionales, se determinó el rendimiento y el costo de los alfajores. Se determinó un balance de materiales para la elaboración de los alfajores para el mejor tratamiento correspondiente a a0b2 (40% de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos), en donde se observa que su rendimiento en la producción es de 97,64%, según el cálculo realizado en el Anexo F-3.

El costo del producto se determinó según se muestra en el Anexo F-4, en donde se obtuvo un costo de venta de \$1,51 por cada alfajor, con un peso neto de 25gr.

4.14. Verificación de hipótesis

Para comprobar las hipótesis planteadas se realizaron pruebas físico-químicas, reológicas, farinográficas, sensoriales y nutricionales, obteniendo significancia en casi todos los análisis realizados. Con una confiabilidad del 95 % se determinó una diferencia significativa entre los tratamientos planteados, por lo tanto “se acepta la hipótesis alternativa”, es decir la utilización de β -glucanos provenientes del salvado de cebada” influye en la evaluación de las propiedades reológicas y nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De las 10 muestras que se realizó la extracción, tres fueron las que presentaron mayor rendimiento de beta-glucanos, con valores que fluctúan entre 7,25 a 12,45%, siendo INIAP GUARANGA, CM-09-007 y CH-09-011 las más sobresalientes con valores de 12,45%, 10,64% y 10,26% respectivamente.
- Se desarrolló un alimento “tipo alfajor” a partir de mezclas de harinas que corresponden a 40% harina de trigo con 60% almidón de maíz y 40 % de harina de trigo, 30% harina de quinua, 30% almidón de maíz, enriquecidas con extractos de beta-glucanos provenientes del salvado de cebada a 1%, 2% y 3% de adición.
- Se evaluó las propiedades reológicas de las mezclas de harinas enriquecidas con β -glucanos, concluyéndose que a un 2% de adición a la mezcla 40% H. Trigo, 60% Almidón de Maíz, cuyos índices presentaron características similares a las de la muestra testigo siendo este el mejor tratamiento en base a propiedades reológicas.
- El análisis farinográfico dio como resultado que la mezcla de 40% H. Trigo, 60% Almidón de Maíz con 2% de adición de β -glucanos obtuvieron un mayor índice de absorción de agua con valor promedio de 62,8% por lo que se considera una harina de buena calidad, el índice de tiempo de desarrollo indicó que a un 2% de adición en la mezcla Harina de trigo y almidón de maíz (40-60) se obtuvo un valor promedio menor al resto de tratamientos,

esto es favorable debido a que la reducción del tiempo de desarrollo de la masa, tomando en cuenta estas características se determinó que el tratamiento a₀b₂ (40% H. Trigo, 60% Almidón de Maíz, 2% de b-glucanos) es idóneo para la elaboración del alimento “tipo alfajor”

- Las propiedades nutricionales evaluadas en la matriz alimenticia “tipo alfajor” es atribuible a la adición de β -glucanos, con un alto porcentaje de fibra y proteína, por lo que presentaron mayor aptitud para el consumo humano.
- La matriz alimenticia “tipo alfajor” se sometió a análisis sensorial reportando como tratamiento con mayor aceptabilidad al que corresponde a Harina de trigo 40%, almidón de maíz 60% y 2% de β -glucanos, tomando en cuenta los atributos de: color, sabor, olor, aceptabilidad la cual no tuvo diferencia significativa con la muestra testigo (Harina de trigo 40%, almidón de maíz 60% sin adición de β -glucanos).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar nuevas alternativas para la extracción de beta-glucanos con la finalidad de obtener un rendimiento más alto y abaratar costos de extracción.
- En la elaboración del alimento se recomienda probar con distintas formulaciones.
- En la determinación parámetros reológicos y farinográficos se recomienda tomar como punto de partida el grado de hidratación de investigaciones previas, con el fin de disminuir el tiempo de trabajo.
- Para el análisis sensorial se recomienda adicionar cascarillas de limón a la galleta con el propósito de contrarrestar el sabor provocado por la adición de beta-glucanos y harina de quinua.

- Se sugiere elaborar una bebida tipo “horchata” enriquecida con beta-glucanos, con la finalidad de mejorar las propiedades reológicas y nutricionales, promoviendo el consumo de este alimento tradicional.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

- **Título:** Extracción y utilización de β -glucanos para la preparación de bebidas tradicionales “tipo horchata”.
- **Institución Ejecutora:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Laboratorios del departamento de Nutrición y Calidad.
- **Beneficiarios:** Productores de cebada – Consumidor Final.
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 8 meses
- **Fecha estimada de inicio:** Marzo del 2015
- **Fecha estimada de finalización:** Noviembre del 2015
- **Ubicación:** Quito – Ecuador
- **Lugar de ejecución:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Laboratorios del departamento de Nutrición y Calidad.
- **Equipo técnico responsable:** Egdo. Paúl Andrés González Santamaría, Ing. Araceli Pilamala, Ing. Elena Villacrés.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La cebada contiene cantidades sustancialmente altas del ingrediente funcional β -glucano. El uso de β -glucano extraído de la cebada como alimento humano debido a su posible rol en la salud humana ha recibido cada vez más atención. La pared celular de la cebada y de la avena contiene β -glucano, un polisacárido no amiláceo compuesto de unidades de glucosa con enlace β -(1-4) separados cada dos o tres unidades por una sola glucosa con enlaces β -(1-3) y referido como un enlace mixto β -glucano). B-glucano retrasa la absorción de glucosa y regula el nivel de glucosa en sangre. (Ahmad, 2011).

La introducción de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) al país se remonta a los tiempos de la conquista está ampliamente distribuido en el sector rural de la sierra interandina. Se la emplea de diversas formas, ya sea como máchica para hacer coladas y pinol; como harina para hacer tortillas, pan, etc. Y como grano partido para preparar sopas o postres. La industria maltera le destina para la elaboración de cerveza y en menor proporción es utilizada como forraje para el ganado. (Villacrés, 2008).

La naturaleza viscosa del β -glucano retrasa físicamente la absorción de la glucosa en el intestino. Esta propiedad del β -glucano puede ser útil en la formulación de alimentos dirigidos al manejo de diabetes.

La propuesta del presente proyecto se fundamenta en extraer β -glucanos de cebada y la utilización para desarrollar una bebida funcional, tomando en cuenta el potencial del β -glucano de cebada contra el índice glicémico y la importancia funcional de la bebida. La investigación se enfoca para evaluar las propiedades sensoriales y funcionales del β -glucano de cebada.

6.3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación se enfoca en el aumento de interés en nuevos alimentos funcionales con características especiales y beneficios en la salud ha generado el desarrollo de nuevas bebidas funcionales.

Estas bebidas pueden enriquecer una dieta y mejorar la salud humana, debido a su fácil consumo junto con una comida habitual. Se asume que el β -glucano de cebada puede adaptarse bien a una aplicación funcional, siendo capaz de impartir una sensación bucal suave a las bebidas y proporcionando una excelente fuente de fibra soluble.

Una goma de β -glucano de cebada con propiedades funcionales similares podría servir como alternativa a espesantes tradicionales de bebidas como los alginatos, pectina, xantana y carboximetilcelulosa.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo General

- Evaluar las propiedades reológicas y nutricionales de la bebida “tipo horchata” enriquecidas con beta-glucanos.

6.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las concentraciones adecuadas de adición de β -glucanos en la matriz alimenticia.
- Identificar el contenido de β -glucanos después de elaborada la bebida “tipo horchata”.
- Establecer el mejor tratamiento en función a la aceptabilidad del producto.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La presente investigación es de carácter tecnológico-científico, puesto que contribuye al desarrollo de nuevas alternativas en la elaboración de productos con características funcionales como es el caso de las bebidas tradicionales “tipo horchata” enriquecidas con β -glucanos, con el propósito de mejorar así las características nutricionales y reológicas del alimento.

El proyecto también se enfoca en lo socio-económico, en vista que se desea fomentar el consumo de productos tradicionales, de esta manera se incrementará los recursos económicos de agricultores dedicados a la siembra y

cosecha de la cebada así como también a los comercializadores del resto de materia prima usada en la elaboración de la bebida “tipo horchata”.

La propuesta planteada es factible debido que se pueden utilizar los desechos de la cebada para la extracción de β -glucanos, ofreciendo propiedades medicinales a la matriz alimenticia que se desea adicionar.

Tabla F-5. Valores económicos de la propuesta

CATEGORIA DE GASTOS	COSTO TOTAL \$
A. Personal	
Tesista	416
B. Recursos Materiales	
Materias prima	400
Envases	100
Materiales de oficina	250
Materiales de laboratorio	700
C. Publicación	
Tesis	400
TOTAL	2266

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

6.6. FUNDAMENTACION CIENTÍFICO – TÉCNICO

Los beta-glucanos de la cebada es el ingrediente principal de fibra soluble, ayuda al cuerpo en la absorción de nutrientes beneficiosos y promueve una sensación prolongada de saciedad, por lo tanto resulta de gran interés la adición de este compuesto en alimentos, como es el caso de una bebida que es consumida por gran parte de los ecuatorianos. El efecto que tienen los beta-glucanos es de mejorar la viscosidad y la acidez de la bebida conforme el nivel de incorporación de beta-glucanos aumenta en la formulación del alimento.

Los beta-glucanos derivados de la cebada se encuentran en la cebada normal, el salvado de cebada. Este tipo de beta- glucano es especialmente útil en la regulación de los niveles de azúcar en sangre y de insulina en los diabéticos. También cuenta con muchas de las propiedades de beta- glucano de avena , que se convierte en un gel en el tracto digestivo , lo que ayuda al cuerpo a deshacerse de las grasas y el exceso de carbohidratos , mientras que ayuda en la absorción de nutrientes .

La capacidad del β -glucano para aumentar la viscosidad con la adición de agua, lo convierte en un excelente espesante para bebidas., La incorporación de β -glucano tiene un efecto en las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida, mejorando la mayoría de éstas. (Din, 2009)

6.7. MODELO OPERATIVO

Tabla F-6. Modelo operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsable	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Recolectar información, investigaciones científicas sobre la utilización de beta-glucanos en bebidas, y su efecto en la reología	Revisión Bibliográfica	Investigador	Humanos, Materiales, económicos		1 MES
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Determinar los mejores niveles de adición de beta-glucanos	Obtención de extractos de beta-glucanos Selección de los niveles aptos de adición para bebidas	Investigador	Humanos, Materiales, económicos		2 MES
3. Implementación de la propuesta	Ejecutar la propuesta	Aplicación de la tecnología de elaboración de bebidas. Caracterización reológica	Investigador	Humanos, Materiales, económicos		3 MES
4. Evaluación de la propuesta	Comprobar el efecto de la adición de beta-glucanos en el producto final en base a aceptabilidad	Análisis sensorial para bebidas. Determinación del mejor tratamiento	Investigador	Humanos, Materiales, económicos	TOTAL \$ 2266	2 MES

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

6.8. ADMINISTRACIÓN

Tabla F-7. Administración de la propuesta

INDICADORES A MEJORAR	SITUACION ACTUAL	RESULTADOS ESPERADOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLE
Características reológicas y nutricionales de bebidas tradicionales.	Desconocimiento del efecto en las propiedades reológicas y nutricionales de los beta-glucanos	<p>Obtener un producto con mejores características y con capacidades de disminuir al colesterol y glucosa de la sangre</p> <p>Incentivar al consumo de este tipo de bebidas medicinales y tradicionales del Ecuador</p>	<p>Obtención de extractos de beta-glucanos</p> <p>Análisis de los extractos</p> <p>Adición de beta-glucanos a la bebida</p> <p>Evaluación reológica y sensorial</p>	Investigador

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACION

Tabla F-8. Previsión de la evaluación

PREGUNTAS BASICAS	EXPLICACION
¿Quién solicita evaluar?	Consumidores
¿Por qué evaluar?	Porque es escasa investigación sobre la funcionalidad de este tipo de compuestos como mejoradores de textura, nutricionales y con propiedades medicinales.
¿Para qué evaluar?	Para rescatar el valor nutricional y funcional de estos compuestos, así como también para fomentar el consumo de este tipo de bebidas tradicionales del Ecuador.
¿Qué evaluar?	El efecto de la adición de beta-glucanos en las propiedades reológicas y nutricionales de las bebidas
¿Quién evalúa?	Investigador
¿Cuándo evaluar?	Antes, durante la extracción y en el producto final
¿Cómo evaluar?	Caracterización reológica Pruebas sensoriales
¿Con que evaluar?	Investigación bibliográfica Programas estadísticos Catadores

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, D. (2011). Extracción y Utilización de B-glucano de Cebada para la Preparación de Bebidas Funcionales. *Mundo Alimentario*, 16-17.
- Alvarado, J. d. (1996). Principio de Ingeniería Aplicado a Alimentos. En J. d. Alvarado. Ambato: Radio Comunicaciones.
- Alvarez, J. (2012). Estudio del tiempo de vida útil de tres tipos de hojuelas de papa nativa del género (*Solanunandigena*) variedades: (*Pucashungo*, *Yanashungo*, *Yema de huevo*) almacenadas en diferentes empaques. En Proyecto del trabajo de Investigación de Graduación (págs. 34-35, 86-87). Ambato.
- Alvarez, M. (2010). Aplicación de la tecnología de fritura para la obtención de chips de oca (*Oxalis tuberoso*, *Mol*) a diferentes temperaturas y tiempos. En Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial (págs. 77-79). Latacunga - Ecuador.
- Alvarez, M. (2012). Utilización de mejoradores en la harina de trigo nacional (*Triticum aestivum*) para la elaboración de pan. En U. T. Ambato, Trabajo estructurado de manera independiente previo la obtención del título de Ingeniera en Alimentos (págs. 40-55). Ambato-Ecuador.
- Amaro. (2011). Descripción Analítica del Trigo, un cultivo de invierno. Montevideo. Uruguay.
- Asociación Argentina ProTrigo. (1996). Parámetros de Calidad. Recuperado el 29 de Septiembre de 2015, de http://www.aaprotrigo.org/calidad%20panadera/parametros_calidad.htm

- Banasik, O. (1996). Computer evaluation of barley and malt quality. *Journal Series Num.* 85, 192-198.
- Bennion, E. (1969). *Fabricación de pan 4ta Edicion.* Zaragoza - España : Acribia.
- Borrajo, C. (2006). *Importancia de la Calidad de las Semillas.* Curso internacional de Ganaderia Bovina .
- Boscarol, M. (18 de Octubre de 2007). CIELAB. Recuperado el 04 de Septiembre de 2015, de Imagen Digital: http://www.gusgsm.com/espacio_color_lch
- Calaveras, J. (1996). *Tratado de panificacion y bolleria.* Madrid - España: ENESA.
- Carbajal, Á. (2008). *Importancia del betaglucano de avena en la salud cardiovascular.* Recuperado el 17 de Septiembre de 2015, de Info - Alimenta: http://infoalimenta.com/expertos-opinan/70/78/Importancia-del-betaglucano-de-avena-en-la-salud-cardiovascular/detail_templateSample/
- Cauvain, S., & Young, L. (1998). *fabricacion del pan.* Zaragoza - España: Acribia.
- Cazares, M. J. (2011). *Evaluación físico-químicas y farinográfica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida en los pasajes de molienda de la industria "Molinos".* En U. T. Ambato, Tesis de Grado (págs. 61-63). Ambato - Ecuador.
- CHOPIN, T. (2010). *Mixolab Profiler. Manual de aplicaciones Mixolab - Análisis Reológicos y Enzimáticos,* 1-5.
- CIE. (1976). *Luminosidad . Comision Internacional de Iluminacion.*

- CIE-LAB. (7 de Julio de 2003). Gama de colores en el espacio . Recuperado el 10 de Septiembre de 2015, de <http://ziggy.derby.ac.uk/cgi-bin/cie1976?cielab>
- Clair, L. (2009). Mixolab: Manejo de análisis de resultados. En C. TECHNOLOGIES. Buenos Aires - Argentina.
- Coronel, J. (2011). Guia Practica para los Productores de Cebada de la Sierra Sur. Boletin Divulgativo N° 404 INIAP, 4-5.
- De la llave, A. (2004). Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación. En U. d. Puebla, Tesis de grado. Puebla -Mexico.
- De Toay, P. (2006). La malta de 6 hileras y la malta de dos hileras: Diferencias y usos . Recuperado el 17 de Septiembre de 2015, de Cerverceros caseros : http://www.cerveceroscaseros.com.ar/interior/todoslostitulos.php?aj_go=more&id=1137954086&archive=&start_from=&ucat=10&
- Delmoro, J. (2010). El Color de los Alimentos: Determinacion de color en mieles. 145-147.
- Din, A. F. (2009). Extraction and utilization of barley B-glucan for the preparation of functional beverage. Vol 11.
- Dubat, A. (2011). El club del pan. Recuperado el 06 de Octubre de 2015, de http://www.elclubdelpan.com/es/libro_maestro/sistema-mixolab.
- Elíaz, L. (2000). Alimentación, salud y nutrición. Soya Noticias, 1 (258): 11-14.
- Fedak, C. (1985). Wide crosses in Hordeum. Barley. : Rasmusson, D.C.
- Flores, E. (1995). Quimica del color. Revista de Quimica Vol IX, 99-109.

- Functional foods attitudinal research. (2000). En línea. Recuperado el 20 de Mayo de 2015, de <http://infocinfo.health.org/insight/2000>
- Fundacion, Guanajuato. (2002). Identificación de las Demandas Tecnológicas de la Cadena Agroalimentaria de Cebada. Guanajuato: Etapa II.
- Hamer, R. H. (1998). the keys to cereal quality. ISBN 0-913250-99-6, AACCC, USA.
- INEC. (2009). Sistema Agroalimentario de la Cebada. 2-4.
- INEN. (1980). Harina de origen vegetal, Determinacion de la proteina. En 519 (págs. 1-2). Quito - Ecuador.
- INEN. (2004). Granos y cereales. Cebada. Requisitos. Norma Tecnica Ecuatoriana, 1-3.
- INIAP, C. (2003). INIAP CAÑICAPA 2003 la primera variedad de cebada con alto contenido de proteina. En INIAP. Quito.
- INIAP, G. (2010). INIAP- GUARANGA 2010. En N. V. Bolivar. Quito.
- Kahlon TS, C. F. (1993). Cereal Chem. En K. TS, Cholesterol-lowering effects in hamsters of β -glucan-enriched barley fractions, dehulled whole barley, rice bran, and oat bran and their combinations. (págs. 435-439).
- Klopfenstein, H. (1987). Solvent extraccion procedure for B-Glucanos. USA.
- Lascano, A. (2010). Estudio Reologico de mezclas de harinas de cereales: Cebada (*Hordeum vulgare*), Maiz (*Zea mays*), Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Trigo (*Triticum vulgare*) y Tuberculo: Papa (*solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado. En U. T. Ambato, Tesis de Grado previa a la obtencion del titulo de Ingeniera en Alimentos (págs. 69 - 108). Amabto - Ecuador.

- Lopez, F. (2001). Cadena Productiva de la Cebada. Plan Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología, 1-12.
- Luhaloo, M. (2010). Compositional analysis and viscosity measurements of commercial oat brans. *Journal of the science of food and agriculture*, 76 (1) 142-148.
- Michoacan, C. d. (2012). Plan Rector. 5-6.
- Moiraghi, M., & Ribiotta, A. (2005). Study of hard wheat flour quality in cookie and sponge cake elaboration. *Agriscientia XXII*, 47-54.
- Molina, J. (1989). La cebada. Morfología, fisiología, genética,. Madrid: Mundi-Prensa. Madrid.
- MOLINERO, G. (2005). Recuperado el 2015, de http://www.grupomoliner.com.ar/grupo_moliner_alveograma.htm
- Montesinos, R. (2003). Especificación cromática de gamas de colores usadas en la industria del calzado. *Universidad Alicante*, 6-32.
- Moreano, F. (2011). Determinación del contenido de Beta-glucanos en líneas avanzadas y en variedades de cebada, procesada y no procesada, por medio de un método enzimático. En Tesis de Grado. Ambato.
- Moreno, C. I. (2010). mejoramiento nutricional de la machica utilizando cebada (*Hordeum vulgare*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus sp.*). . En E. P. Nacional, III Congreso de alimentos. Guayaquil - Ecuador.
- Navickis, L. (1989). Rheological changes of fortified wheat and corn flour doughs with mixing time. *Cereal Chemistry* , 321-324.
- Nestle. (2012). Fibra Dietética y sus diversos beneficios para la salud. *Nutripro*, 2-3.

- Newman, C. R. (2008). Relationship of Humans and Barley through the Ages. En N. R. Newman, Newman RK and Walter Newman C. Barley for Food and Health. Science, Technology and Products (págs. 1-18). New Jersey: Inc.
- Osella, C. (2006). Molienda de Trigo: Ensayos Comparativos de Escala Industrial con Planta Piloto. En F. d. Instituto de Tecnología de Alimentos, Industria Alimentaria (págs. 33-39). Santa Fe - Argentina.
- Pachacama, M. (2012). Factibilidad económica para la implementación de una planta procesadora de pastas alimenticias elaboradas con mezclas farináceas (TRIGO [*Triticum durum*] – cebada [*Hordeum vulgare*]), A partir de la aceptabilidad de los consumidores del Cantón Ambato . Proyecto de Trabajo de Investigación (Graduación) UTA, 5-10.
- PANERA. (2009). El rol de los pentosanos, el grupo thiol y de las grasas en harina Características Reológicas e las masas. Ciencias básicas e la panificación, Panera Ediciones.
- Pantanelli, A. (2002). Galletitas. En Cadena alimentaria (págs. 47-55). Argentina.
- Pazmiño, S. (1982). Evaluación de mezclas de harinas de trigo ecuatoriano e importado para panificación . En Tesis previa a la obtención del título de ingeniero en Alimentos (págs. 32-68). Ambato - Ecuador.
- Petrofky, H. (1995). Rheological characterization of dough made with starch and gluten from several cereal source. Cereal Chemistry, 53-58.
- Poveda, M. (2006). Elaboración de cereal de cebada extruído listo para el consumo y estudio de factibilidad de industrialización del producto. Quito - Ecuador.

- Poveda, T. (2010). El Cultivo de la cebada Historia e Importancia. Importancia de los cultivos por Fenalce, 27-28.
- Pulloquina, M. (2011). Estudio del efecto de Glucosidasa y Alfa-Amilasas en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa (*Solanum tuberosum*) nacional. En Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato - Ecuador.
- Ramirez, J. (2006). Fundamentos de Reología de los Alimentos. En J. e-book, <http://tarwi.lamolina.edu.pe/-dsa/Fundamentos%20de%20Reologia.pdf>. Cali-Colombia.
- Ríos, B. (2004). Paradigmas y perspectivas teórico-metodológicas en el estudio de la administración. Recuperado el 16 de Mayo de 2015, de En línea: <http://www.uv.mx/iiesca/revista/documents/paradigmas20042.pdf>.
- Rivero, M. (2011-2012). Extracción y reología de β -glucanos elaboración de masas de pan sin gluten enriquecidas con los extractos. En trabajo fin de máster. Valladolid.
- Rodríguez, Á. G. (2001). Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en cebada. En u. C. Biológicas. Madrid-España.
- Rodríguez, E. (2005). Reología y textura de masas: aplicación en trigo y maíz. Recuperado el 08 de Octubre de 2015, de Revista Ingeniería e Investigación No.57: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/643/64325110.pdf>
- Rollin, E. (1962). Tratado de Panadería y Pastelería. Barcelona - España: Sintés.

- Sagarpa. (2007). De la calidad del trigo (ciclo otoño-invierno 2005/2006). Recuperado el 2015 de Octubre de 2015, de <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Industrializacion/informeCalidad.pdf>.
- Saltos, A. (2002). Análisis y Desarrollo de Alimentos Procesados. En Sensometria. Ambato - Ecuador.
- Sancho, J. (1999). El sentido de la vista. En Introduccion al análisis sensorial de los alimentos (págs. 51-52). Barcelona - España: Universidad de la Universitat de Barcelona.
- Saura, F. (2001). Metodología para análisis de fibra y carbohidratos. En Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos (págs. 17-25). Brasil: Varela.
- Sedó, P. (2001). Alimentos funcionales: análisis general acerca de las características químico - nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. Revista Costarricense de Salud Pública, 2-4.
- SICA. (2002). En Perfil del sector agropecuario ecuatoriano. Quito.
- Sluimer, P. (2005). Functionality of raw material and process steps. Principle of Bread making, 45.
- Technologies, C. (2008). Manual de empleo del mixolab. Villeneuve la Gárrenme - Francia.
- Tejero, F. (1992). Molineria y Panaderia . Recuperado el 25 de Septiembre de 2015, de <http://www.franciscotejero.com>
- Toaquiza, A. (2011). Evaluación del efecto de enzimas (gluco-oxidasas y hemicelulasas) y emulsificante (estearoil lactilato de sodio) en la calidad de pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo nacional

- (*Triticum vulgare*) variedad Cojitambo. En F. d. Alimentos, Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos (págs. 62, 78-79, 80 - 112, 462). Ambato - Ecuador.
- Tungland, B. a. (2000). Nodigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. 3.
- USMP. (2011). Carbohidratos y Glucosa. Recuperado el Mayo de 13 de 2015, de <http://es.scribd.com/doc/229793136/carbohidratos>
- Vargas, F. (2003). Evaluacion Agronomica de seis variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.), En tres localidades de la parroqui Punin. En Tesis Ing Agr ESPOCH. Riobamba, Chimborazo.
- Vasco, V. (2008). determinación de parámetros físico-químicos de zanahoria amarilla (*Daucus carota*) como base para el establecimiento de norma de requisitos. En ESPOCH, Tesis de grado previo a la obtencion del título de Bioquimico Farmaceutico (págs. 60-65). Riobamba - Ecuador.
- Villacrés, E. (2008). La cebada un cereal nutritivo . En 50 recetas para preparar (págs. 1 - 5). Quito - Ecuador: Grafistas.
- Vivar, H. (1994). Investigacion de la Cebada en América. En Un Panorama Primera Reunion LATino Amricana de Cebada Cervecera (pág. 20). Cochabamba - Bolivia.
- Woodman, K. (2010). Nova Nutraceutica. Recuperado el 22 de Septiembre de 2015, de <http://agrocenciasupc.blogspot.com/p/betaglucanos.html>
- Zhang, D. D. (1998). Rheological properties of (1-->3), (1-->4)- B-D-Glucans from raw, roasted, and stearned oat groat. En American association of cereal chemists (págs. 75 (4), 1-5.).

ANEXOS

ANEXOS A

METODOLOGIAS

ANEXO A-1

HOJA DE CATACIÓN

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS

Prueba de análisis sensorial y aceptabilidad de Alfajores enriquecidos con β -glucanos.

Fecha:.....

CARACTERISTICA	ALTERNATIVAS			
OLOR	Muy Agradable			
	Agradable			
	Ni agrada ni desagrada			
	Desagradable			
	Muy desagradable			
COLOR	Muy bueno			
	Bueno			
	Ni bueno ni malo			
	Malo			
	Muy malo			
SABOR	Muy agradable			
	Agradable			
	Ni agrada ni desagrada			
	Desagradable			
	Muy desagradable			
TEXTURA	Gusta Mucho			
	Gusta			
	Ni gusta ni disgusta			
	Disgusta			
	Disgusta mucho			
ACEPTABILIDAD	Gusta Mucho			
	Gusta			
	Ni gusta ni disgusta			
	Disgusta			
	Disgusta mucho			

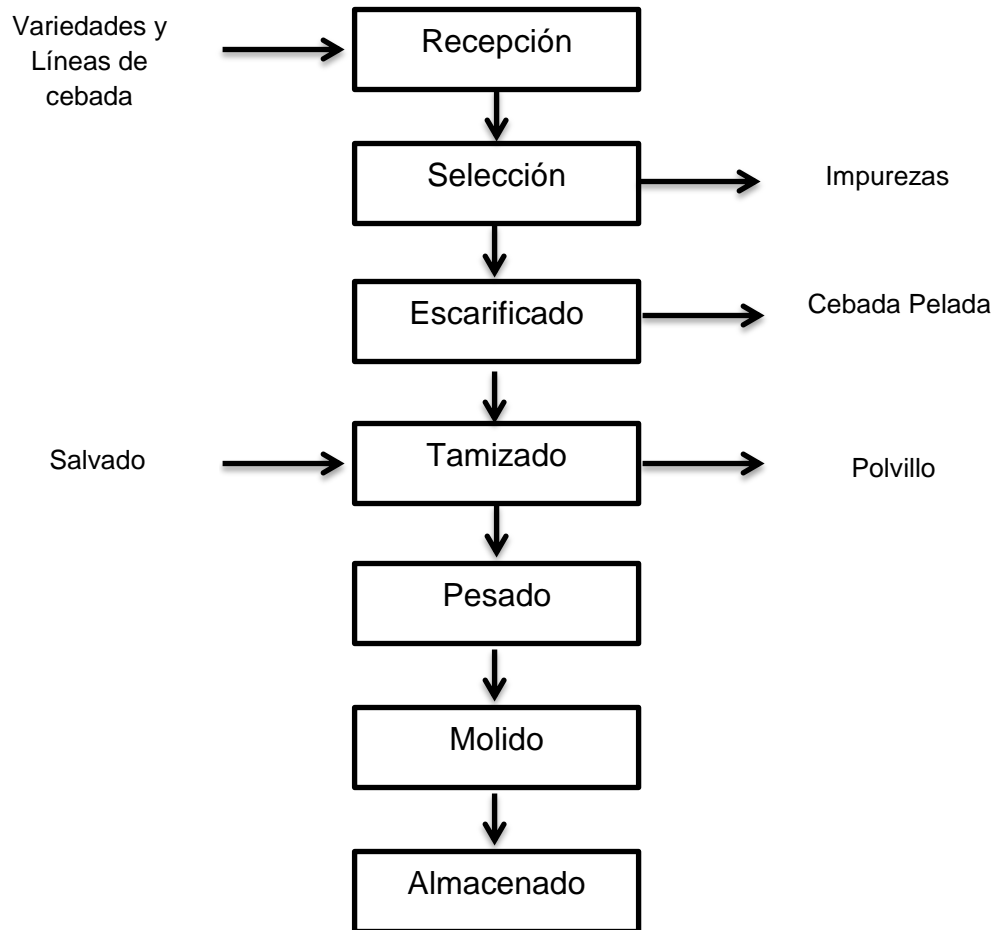
Elaborado por: Paúl González S., 2015

OBSERVACIONES.....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

ANEXO A-2

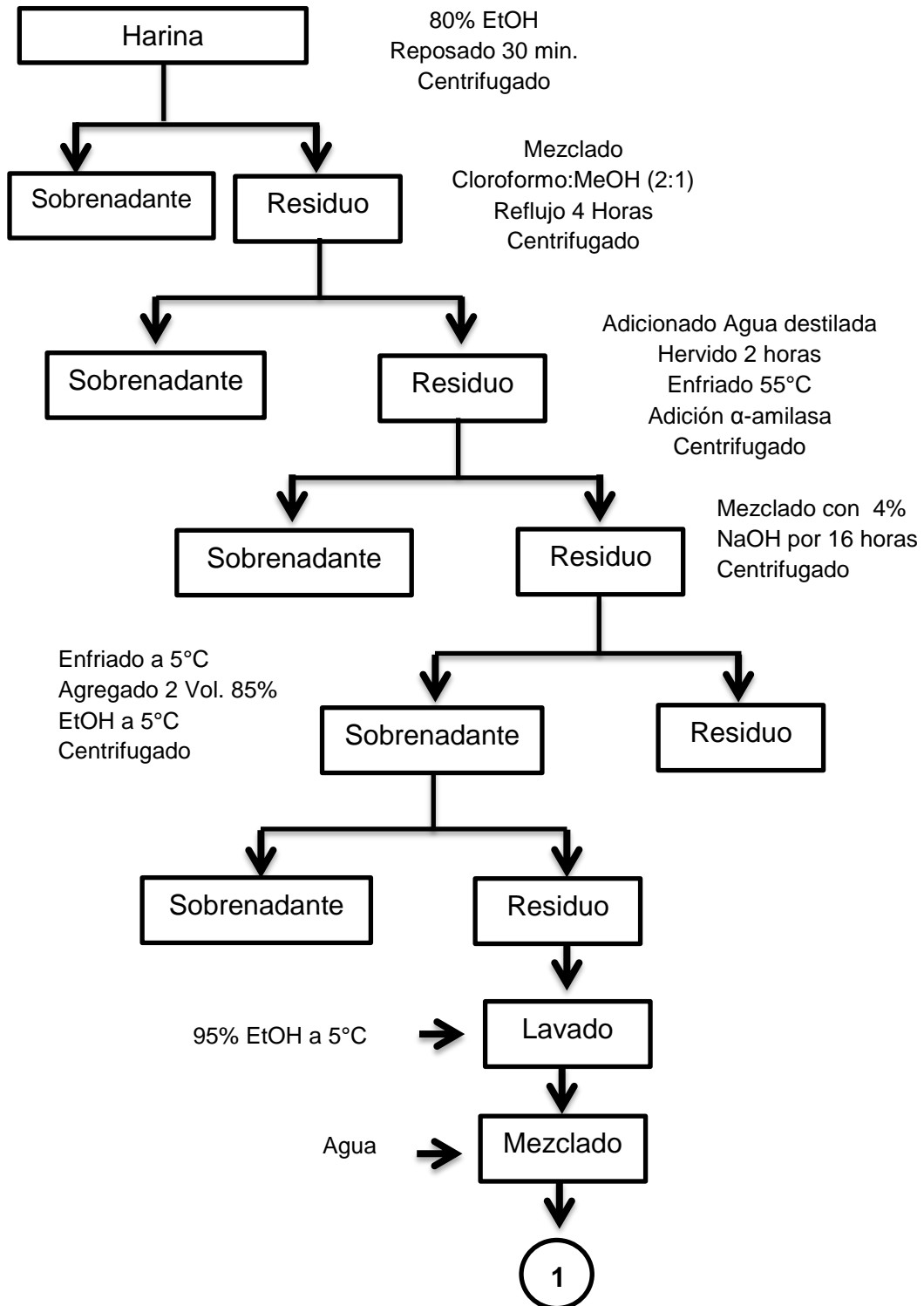
Proceso de obtención de harina a partir del salvado de cebada

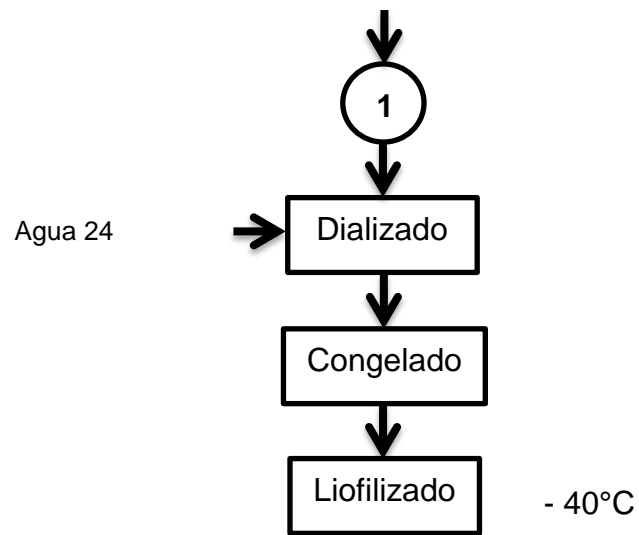


Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO A-3

PROCESO DE EXTRACCIÓN DE BETA-GLUCANO



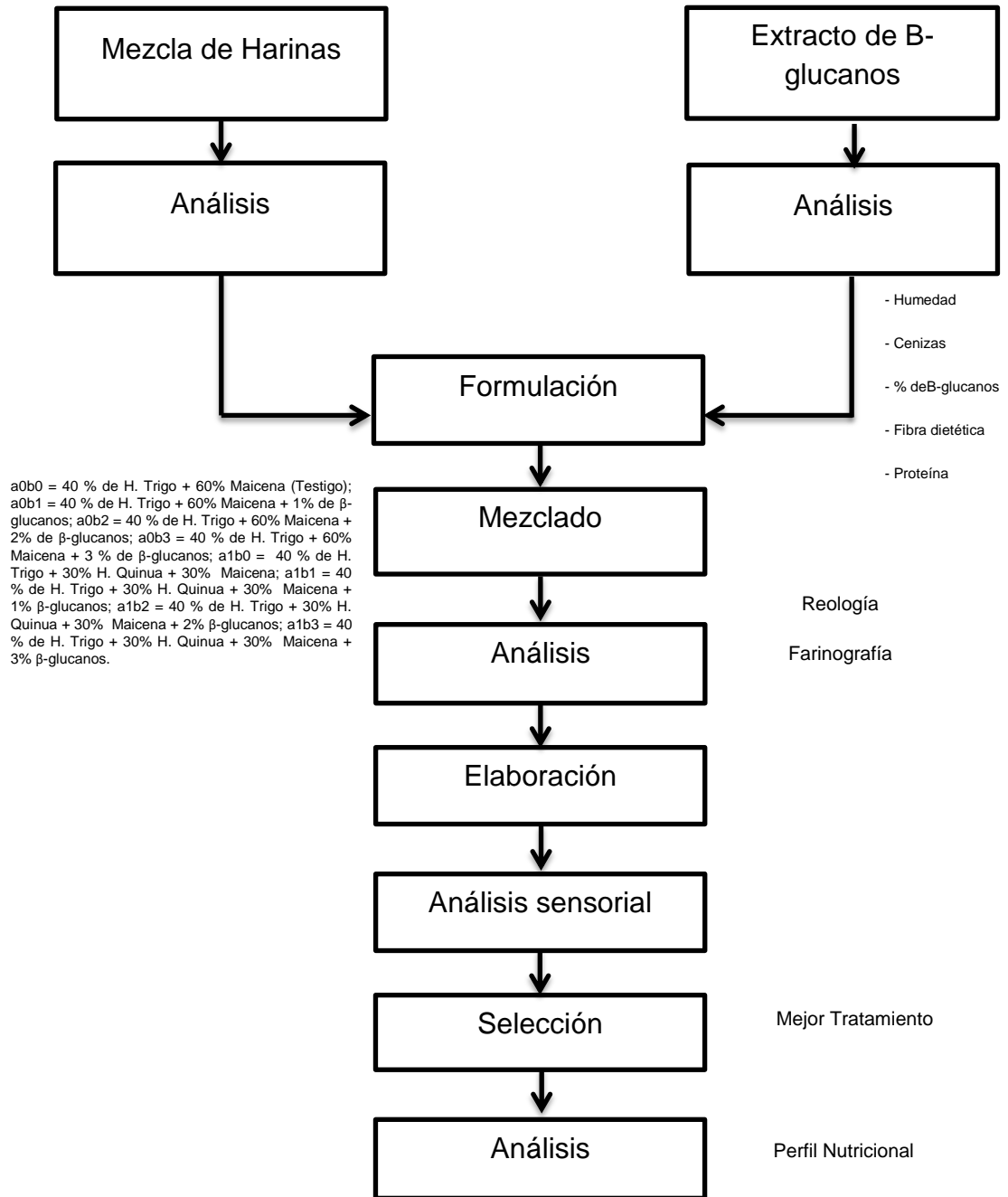


Fuente: (Klopfenstein, 1987) Describe el proceso de extracción de Beta-glucanos

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO A-4

PROCESO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS MEZCLAS DE HARINA Y ANÁLISIS



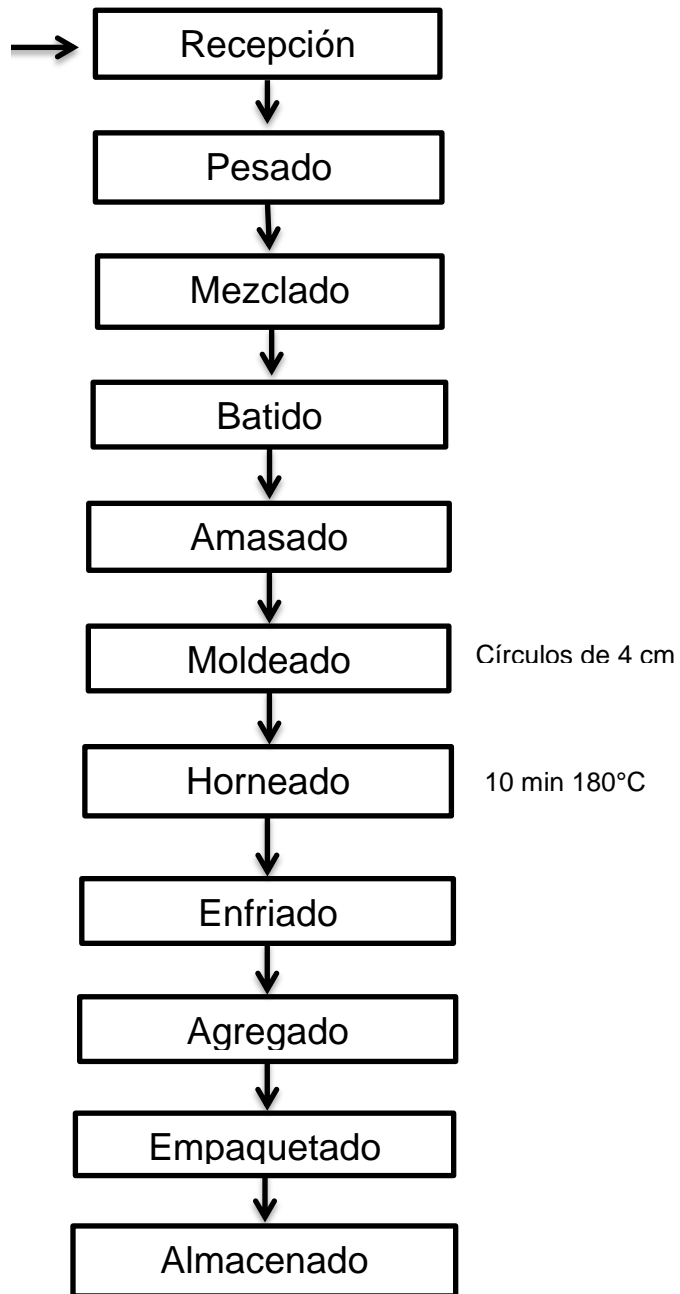
Fuente: (Klopfenstein, 1987) Describe el proceso de extracción de Beta-glucanos

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO A-5

PROCESO DE ELABORACIÓN DE ALFAJORES

Harina (trigo, quinua)
Mantequilla
Almidón de maíz
Bicarbonato
Polvo de hornear
Azúcar
Yemas
Esencia de vainilla



Fuente: Dirección de Innovación y desarrollo Productivo, Secretaria de Pymes, Cooperativas y Social Agropecuario; 2008

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO A-6

CONTENIDO DE BETA-GLUCANOS

El método se llevó a cabo mediante el método McCLEARY del kit Megazyme, según los métodos, AACC 32-23.01, AOAC 995.16, EBC 3.11.1, 4.16.1, 8.11.1, y Método estándar ICC N° 166.

PRINCIPIO

Las muestras son suspendidas e hidratadas en una solución de buffer a pH 6.5, para luego ser incubadas con liquenasa purificada y posteriormente ser filtrada. Una alícuota del filtrado es hidrolizada con β -glucosidasa purificada. La D-glucosa producida es analizada usando un estándar de glucosa oxidasa/peroxidasa.

NOTA

El contenido total de β -glucanos en la cebada de un 4% (p/p), el método es exacto a $4,0 \pm 0.1\%$ (p/p).

ESPECIFICACIONES

Este método es específicamente para determinar el porcentaje de [(1-3)(1-4)]- β -D-glucanos.

KITS

El kit cuenta con:

- Botella 1: Liqueñasa [endo-(1-3)(1-4)- β -D-glucano 4-glucanohidrolasa, específica] suspendida (1ml, 1,000 U/ml), estable por > 3 días a 4°C.
- Botella 2: suspensión de β -glucosidasa (1ml, 40 U/ml), estable por > 3 años a 4°C.
- Botello 3: **GOPOD Reagent Buffer**. Buffer de fosfato de potasio (1M, pH 7,4), ácido p hydroxybenzoico (0,22 M) y azida de sodio (0,4 % w/w), estable por > 3 años a 4°C.
- Botella 4: **GOPOD Reagent Enzymes**. Glucosa oxidasa (> 12,000 U) más peroxidasa (> 650U) y 4-aminoantipiridina (80mg). Polvo seco congelado. Estable por > 5 años a -20°C.
- Botella 5: Solución estándar D-glucosa (5ml, 1.0 mg/ml) en 0.2% (w/v) ácido benzoico. Estable por > 5 años a temperatura ambiente.
- Botella 6: Control estandarizado de harina de cebada. Frasco pequeño que contiene β -glucano. Estable por > 5 años a temperatura ambiente.
- Botella 7: Control estandarizado de harina de avena. Frasco pequeño que contiene β -glucano. Estable por > 5 años a temperatura ambiente.

PREPARACION DE LOS REACTIVOS, SOLUCIONES Y SUSPENSIONES.

- Diluir el contenido de la botella 1 (liqueñasa) en 20 ml con 20 mM del buffer de fosfato de sodio a pH 6.5. Dividir apropiadamente las alícuotas en los tubos de polipropileno entre unos -20°C. Úsese durante todo el tiempo frío si es posible. Es estable por > 2 años a -20°C
- **Nota: Es importante que la liqueñasa no se contamine con la β -glucosidasa.**

- Diluir el contenido de la botella 2 (β -glucosidasa) en 20.0 ml con 50mM del buffer de acetato de sodio a pH 4. Dividir apropiadamente las alícuotas en los tubos de polipropileno entre unos -20°C . Usese durante todo el tiempo frio si es posible. Es estable por > 2 años a -20°C .
- Diluir el contenido de la botella 3 (**GODPOD Reagent Buffer**) a 1 litro con agua destilada. Úsese inmediatamente.

Nota:

- 1) Si la concentración de buffer es igual a -20°C . Esto podría formar cristales de sal lo cual sería más complicado disolverlas aun cuando este buffer es diluido a 1 litro con agua destilada
 - 2) Este buffer contiene 0.4% (w/v) sodio. Este es un químico y podría ser por consiguiente adsorbido.
- Disolver el contenido de la botella 4 en 20ml de la solución 3 y cuantitativamente transferir a la botella que contiene el residuo de la solución 3. Tapar la botella con papel aluminio y protegerlo de la luz ultra violeta. La determinación de la glucosa con el reactivo (**GOPOD Reagent**). Estable por aproximadamente 3 meses a $2-5^{\circ}\text{C}$ o > 12 meses a -20°C . Si este reactivo tuviera que ser congelado, preferiblemente podría ser dividido en alícuotas para ser congeladas y de este modo solo ser descongelada durante su uso. Cuando este reactivo es preparado recientemente podría emitir una luz amarilla o rosada. Este podría tomar un rosado mas fuerte por encima de los 2 – 3 meses a 4°C , la absorbancia de estas soluciones serán baja 0.05 cuando se lee contra agua destilada.

BUFFERS

- **Buffer fosfato de sodio** (20mM, pH 6.5). Disolver 3,12gr ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en 900ml de agua destilada y ajustar el pH a 6.5 por la adición de 100mM de hidróxido de sodio (4 g/L) aproximadamente 100 ml es requerido. Ajustar el volumen a 1 litro. Añadir 0,2gr de azida de sodio. Estable por 2 meses a 4°C
-
- **Buffer acetato de sodio** (50mM, pH 4,0). Añadir 2,3 ml de ácido acético glacial a 900 ml de agua destilada. Ajustar el pH a 4 por adición de 1 M de la solución de hidróxido de sodio. Aforar el volumen a 1 litro. Añadir 0,2gr de azida de sodio. Estable por 2 meses a 4°C.
- **Buffer acetato de sodio** (200mM, pH 4,0). Añadir 11,6 ml de ácido acético glacial a 900ml de agua destilada. Ajustar el pH a 4 por la adición de 1M de la solución de hidróxido de sodio. Aforar el volumen a 1 litro. Añadir 0,2gr de azida de sodio. Estable por 2 meses a 4°C.

EQUIPAMIENTO RECOMENDADO

- Tubo de polipropileno con tapa (capacidad de 35ml)
- Tubos de vidrio (12ml)
- Micro-pipetas, e.g. Gilson Pipetman (100 – 200 μl)
- Pipetas con desplazamiento positivo e.g. Eppendorf Multipette con 5 ml (para dispensar alícuotas de 1ml de buffer y solución buffer de β -glucosidasa)
- Dispensador con volumen ajustable: 0 – 0.5 para buffer de fosfato, 3 ml para el reactivo de glucosa/oxidasa/peroxidasa y de 0 – 25 ml para el agua destilada.
- Balanza analítica

- Espectrofotómetro U.V Visible
- Vortex
- Termostato a 40°C
- Cronometro
- Papel filtro Whatman N° 41
- Centrifuga

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

- Se molerán muestras secas de extractos de β -glucanos, posteriormente se pesarán muestras de 0,5 gr de cada una colocándolas en un tubo con 1.0 ml de etanol acuoso, con ello se logrará la dispersión de la materia orgánica de las muestras, se preparará el medio añadiendo 5 ml de buffer de fosfato de sodio (0,020 mol/litro, pH =6,5) y con agitación para que la enzima liquenasa pudiese actuar.
- Los tubos se pasaron a un baño de agua hirviendo durante 2 minutos; posteriormente se retirarán y agitarán; se calentarán por tres minutos, se mezclarán constantemente para evitar la formación de material gelatinoso.
- Se incubará la enzima liquenasa, para ello los tubos se enfriarán a 40°C y se adicionarán 0,2ml de liquenasa (10U) en cada tubo; se incubarán a 40°C durante 1 hora. Se extraerá el material acuoso que contiene los β -glucanos mediante centrifugación.
- Posteriormente se realizará la incubación de β -glucosidasa de la siguiente forma.
- Blanco 0.1ml de buffer de acetato (0.050 mol/litro, pH = 4,0) mas 0,1ml de β -glucosidasa.

- Tubos muestra. Se adicionarán 0,1ml de b-glucosidasa (0.2U) en el buffer de acetato 0,050mol/litro, pH = 4.0; los tubos anteriores se incubarán a 40°C durante 20°C.
- A cada uno de los tubos anteriores se les adicionará glucosa oxidasa peroxidasa y se incubara a 40°C durante 15 minutos. Las muestras se leerán en un espectrofotómetro de luz ultravioleta bajo las siguientes especificaciones de lectura: lectura 510nm (492-550), temperatura 40°C a 50°C. Tamaño de la celda 1cm.

CALCULOS

$$\text{Peso en seco} = \text{peso fresco} * \frac{100 - \text{contenido de humedad (\%)}}{100}$$

$$B - \text{glucanos} \left(\% \frac{W}{W} \right) = \Delta A * F * 300 * \frac{1}{1000} * \frac{100}{W} * \frac{162}{180}$$

$$B - \text{glucanos} \left(\% \frac{W}{W} \right) = \Delta A * \frac{F}{W} * 27$$

Dónde:

Δ A= Absorbancia de la reacción – Absorbancia del blanco.

F= 100mg de glucosa/absorbancia de 100mg de glucosa.

300= Volumen de corrección (i.e. 0,1ml tomado de 30ml).

1/1000= Conversación de mg a mg

162/180= Ajuste de la glucosa libre a glucosa anhidra (para obtener β-glucanos)

100/W= Factor para expresar el porcentaje de β-glucanos en harina seca.

W= Peso de la muestra seca en mg.

ANEXO A-7

CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA TOTAL

El contenido de fibra dietética total se llevó a cabo mediante el Método AACCC 32-05.01 y método AOAC 985.29. Adaptado en el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

PIRNCIPIO

Las muestras se cocinan a 100°C con calor estable α -amilasa para dar gelatinización, hidrólisis y despolimerización del almidón; se incuban a 60°C con proteasa (Para solubilizar proteínas y despolimerizar) y amiloglucosidasa (para hidrolizar fragmentos de almidón en glucosa). Posteriormente se trata con cuatro volúmenes de etanol para precipitar la fibra soluble y eliminar el despolimerizado de las proteínas y glucosa (a partir de almidón). El residuo se filtra; y se lava con 78% de etanol, 95% de etanol y acetona. Finalmente se seca y se pesa.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Vasos de precipitación
- Crisol frito
- Lana de vidrio
- Matraz para filtrar
- Goma adaptadores de anillo para uso en el frasco de succión
- Bomba de vacío
- Desecador
- Medidor de pH
- Pipetas y puntas de 50-200 μ l y 5ml de capacidad.

- Horno mufla, $525 \pm 5^\circ\text{C}$.

REACTIVOS

- Etanol 95%
- Etanol 78%
- Acetona
- **Tampón fosfato**, 0,08 M, pH 6,00.

Disolver 1,400 g de fosfato de Naanhidro (Na_2HPO_4) (o 1,753 g de dihidrato) y 9,68g de NA fosfato monobásico monohidrato (NaH_2PO_4) (o 10,94 g dihidrato) en aproximadamente 700 ml de agua destilada. Diluir hasta 1 l con agua. Verificar el pH.

- **Solución de hidróxido de sodio**, 0,275 N.

Disolver 11,00 g de calidad ACS NaOH en agua destilada 700 ml aproximadamente. Enfriar y diluir con agua.

- **Solución de ácido clorhídrico**, 0,325 N.

Diluir 325 ml de 1,0 N HCl a 1 L con agua.

PROCEDIMIENTO

- Se empleará un residuo durante todo el procedimiento junto con las muestras para medir cualquier contribución de los reactivos al residuo.
- Pesar las muestras de 1g con precisión de 0,1 mg. Añadir 50 ml de tampón fosfato (pH 6,0) a cada vaso; medir el pH, ajustar el pH a $6,0 \pm 0,1$.
- Añadir 50 μl de la solución de α -amilasa.

- Cubrir con papel de aluminio el vaso y colocar en baño de agua hirviendo durante 15 minutos. Agitar suavemente a intervalos de 5 minutos.
- Enfriar las soluciones a temperatura ambiente.
- Ajustar el pH a $7,5 \pm 0,1$ mediante la adición de 10 ml de solución de NaOH 0,275 N.
- Verificar el pH con un medidor de pH.
- Cubrir con papel de aluminio los vasos de precipitación e incubar a 60°C con agitación continua durante 30 min.
- Enfriar y añadir 10 ml de solución de HCl 0,325 N para ajustar el pH a $4.5 \pm 0,2$.
- Añadir 200 μl de amilogucosidasa, cubrir con papel de aluminio, e incubar a 30 min a 60°C con agitación continua.
- Añadir 280 ml de etanol al 95% precalentado a 60°C ; ver la formación de un precipitado a temperatura ambiente durante 60 min.
- Pesar la lana y el crisol que contiene una precisión de 0,1 mg, distribuir la lana en crisol mediante el uso de corriente de 78% etanol de la botella de lavado.
- Lave el residuo sucesivamente con tres porciones de 20 ml de 78% de etanol, dos porciones de 10 ml de etanol al 95%, y dos porciones de 10ml de acetona.
- Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en 70°C horno de vacío a 105°C horno de aire.
- Enfriar en desecador y pesar con precisión de 0,1 mg. Sustraer el peso del crisol y de la lana para determinar el peso del residuo.
- Incinerar el residuo durante 5 horas a 525°C . Enfriar en desecador y pesar hasta 0,1 mg. Restar el peso del crisol y la lana.

CÁLCULOS

$$\text{Ceniza} = \frac{(\text{Peso incinerado}) - (\text{Peso crisol, lana})}{\text{Peso muestra}} * 100$$

$$FDT = \frac{(\text{Peso crisol, lana, muestra}) - (\text{Peso incinerado})}{\text{Peso muestra}}$$

$$FDT \text{ CORREGIDA} = FDT - CENIZA$$

FIBRA DIETÉTICA SOLUBLE

- Añadir 320 ml de etanol al 95% precalentado a 60°C.
- Se forma el precipitado (1 hora a temperatura ambiente).
- Pesar y tarar el crisol más la lana de vidrio.
- Filtrar la muestra por digestión.
- Lavar el residuo filtrado con 20ml de etanol al 78% (3 veces); 10 ml de etanol al 95% (2 veces) y 10 ml de acetona (2 veces)
- Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en 70°C.
- Enfriar en desecador y pesar con precisión de 0,1 mg. Sustraer peso del crisol y de la lana para determinar el peso del residuo.
- Incinerar el residuo durante 5 horas a 525°C. Enfriar en desecador y pesar hasta 0,1mg. Reste los pesos del crisol y la lana.
- Calcular el contenido de fibra soluble.

$$\%FDS = (\text{Peso del crisol, lana, muestra}) - (\text{Peso incinerado}) * 100$$

$$FDS_{\text{corregida}} = FDT - \text{Ceniza corregida}$$

$$FDI = FDT_{\text{corregida}} - FDS_{\text{corregida}}$$

$$\text{Ceniza corregida} = \frac{\%FDS * \text{Ceniza no corregida}}{\text{Peso muestra}} * 100$$

ANEXO A-8

CONTENIDO DE PROTEÍNA TOTAL (Micro Kjeldahl)

Para la determinación del contenido de proteína total se basó en el Método N° 10.177 (A.O.A.C., 1997). Adaptado en el departamento de Nutrición de Calidad del INIAP

PRINCIPIO

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se agrega hidróxido de sodio.

El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido sulfúrico estandarizado.

REACTIVOS

- Ácido sulfúrico (grado técnico)
- Ácido clorhídrico 0,02 N estandarizado
- Hidróxido de sodio al 50% (grado técnico)
- Ácido bórico 4%
- Indicador mixto 0,1% y verde de bromocresol al 0,2% en alcohol de 95%.
- Mezcla catalizadora: 800g de sulfato de potasio o sodio, 50g de sulfato cúprico pentahidratado y 50g de dióxido de selenio.
- Agua destilada.

PROCEDIMIENTO

- Digestión: Pesar alrededor de 0.04g de muestra, colocar dentro de un balón de digestión y añadir 0.5g de mezcla catalizadora y 2ml de ácido sulfúrico concentrado al 92% (grado técnico)
- Colocar los balones en el digestor Kjeldahl con los calentadores a 500°C hasta que la solución adquiriera una solución verde. Esto es indicativo de haberse eliminado toda la materia orgánica. Retirar los balones del digestor y enfriar.
- Destilación: Colocar la muestra en el destilador y añadir 10 ml de hidróxido de sodio al 50%, destilar recogiendo el destilado en un vaso de precipitación que contiene; 6ml de ácido bórico al 4% y 5 gotas del indicador mixto, hasta obtener 60ml de volumen.
- Titulación: Se titula con ácido clorhídrico 0.02N, hasta que la solución cambie del color turquesa a tomate. Se realiza también una titulación con un blanco.

CÁLCULOS

$$P(\%) = \frac{(Ma - Mb) * N * 0.014 * 6.25}{Pm} * 100$$

Dónde:

P(%) = Porcentaje de proteína

N = Normalidad del ácido titulante

Ma = Mililitros del ácido gastado en la muestra

Mb = Mililitros del ácido gastado en el blanco

Pm = Peso de la muestra en gramos

6.25 = Factor proteico

ANEXO A-9

MIXOLAB SIMULATOR

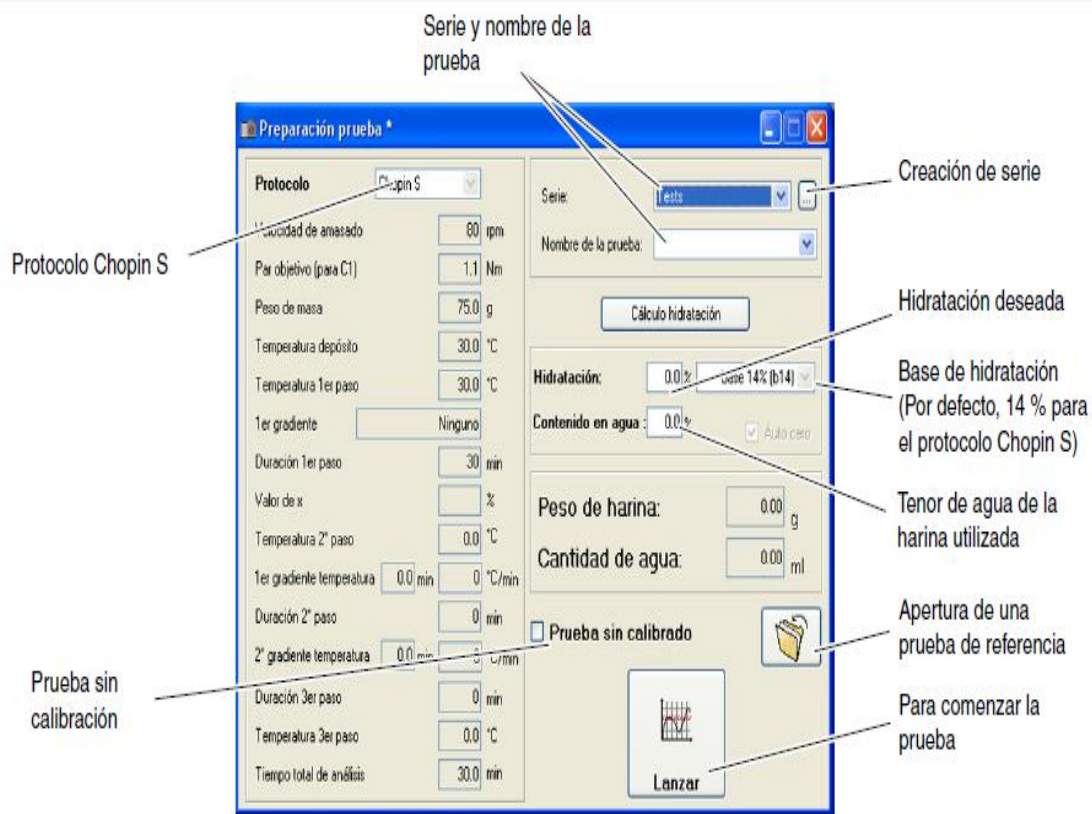
Realización de una prueba "Chopin S"

- El Mixolab integra el protocolo Chopin S. Este protocolo permite convertir los datos Mixolab en datos Farinographe. Los parámetros correspondientes son la capacidad de absorción de agua, el tiempo de desarrollo, la estabilidad y el debilitamiento.
- Preparación de la prueba
- A partir del programa "Mixolab Chopin", hacer clic el icono "Preparar una prueba"



Icono "Preparar una prueba Chopin S"

- Aparece una nueva ventana.



- Seleccionar la serie en la que se registrará la prueba (puede efectuarse a partir del menú desplegable o puede crearse la serie mediante clic en el botón previsto a este efecto).
- Introducir un nombre para la prueba.

Nota: Si el protocolo Chopin S se elige, el software Mixolab impone la base 14% (b14).

- Introducir el tenor de agua de la harina utilizada.
- El Mixolab calcula automáticamente la masa de harina a pesar y la cantidad de agua que se inyectará.

Decidir si la prueba debe efectuarse con o sin calibración. Por defecto, la prueba no comenzará hasta que las temperaturas de consigna ($T^{\circ}\text{C}$ vasija, $T^{\circ}\text{C}$ agua) hayan sido alcanzadas (fase de calibración).

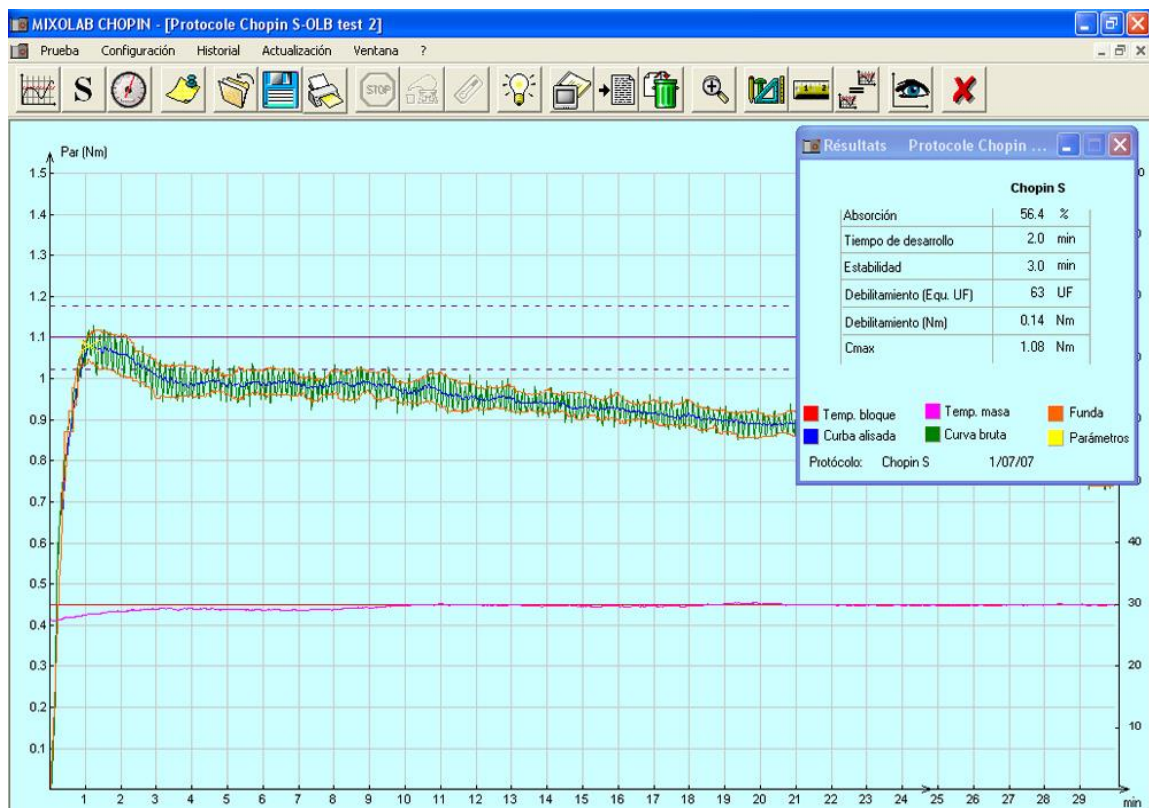
- Preparación de la harina

- Pesar la harina a $\pm 0,1$ g según la masa indicada por el software "Mixolab Chopin".

- Realización de la prueba

La prueba se desarrolla como una prueba con un protocolo "temperatura variable"

- Resultado final



Nota: Los resultados de las pruebas con el protocolo de pruebas "Chopin S" se visualizan en un fondo más claro que los protocolos "temperatura variable".

Los resultados de las pruebas a velocidad variable tienen también un fondo diferente.

ANEXO A-10

MIXOLAB SYSTEM

El método utilizado se basa en lo establecido por CHOPIN TECHNOLOGIES, a partir de la norma ICC N° 173.

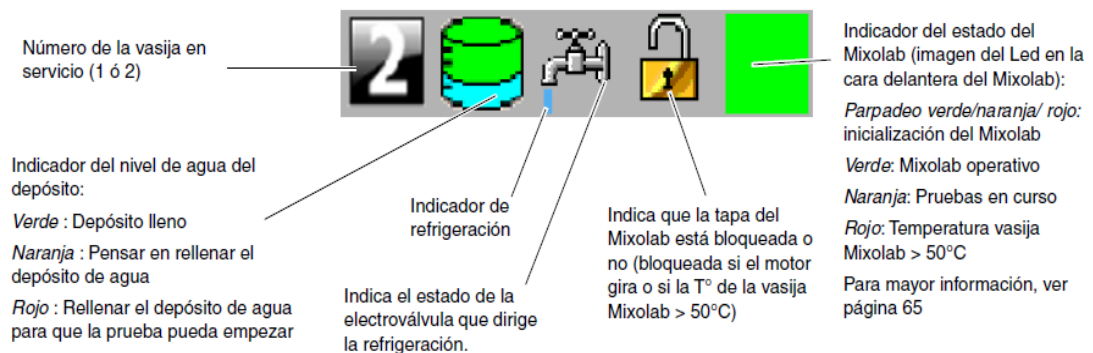
UTILIZACIÓN

- No Introducir objetos (espátula, cuchara, etc.) mientras giran los fraseadores. Riesgo de daño de los fraseadores.
- Antes de cada utilización, comprobar las conexiones hidráulicas, el apriete de las abrazaderas y cerciorarse de que el tubo de evacuación está colocado en un fregadero.
- La tapa está bloqueada cuando el Mixolab está fuera de tensión (no forzar la apertura, poner el Mixolab bajo tensión para acceder a la vasija).
- El Mixolab no es hermético. Cuidado durante la limpieza del Mixolab.
- El procedimiento de utilización del Mixolab descrito en este manual se proporciona a título indicativo.
- El Mixolab brinda numerosas posibilidades de configuración y utilización.
- El usuario puede utilizar el Mixolab según sus imperativos

INDICADORES GENERALES DEL ESTADO DEL MIXOLAB

Por medio de pictogramas situados abajo a la derecha de la pantalla, el software "Mixolab CHOPIN technologies" puede dar indicaciones, en tiempo real, sobre el estado del Mixolab.

Estos pictogramas se encuentran abajo a la derecha de la pantalla.



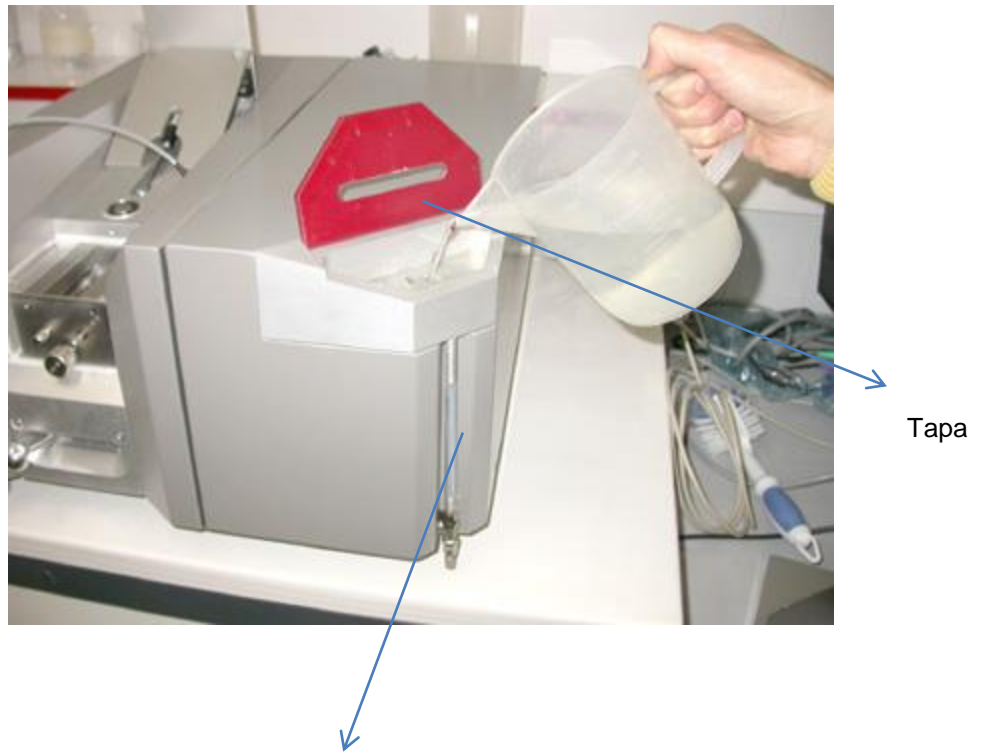
Led

MANIPULACIONES PREVIAS

Llenado del depósito

- Abrir la tapa del depósito del Mixolab y llenar de agua destilada.

Un indicador permite visualizar el nivel de agua en el depósito del Mixolab.



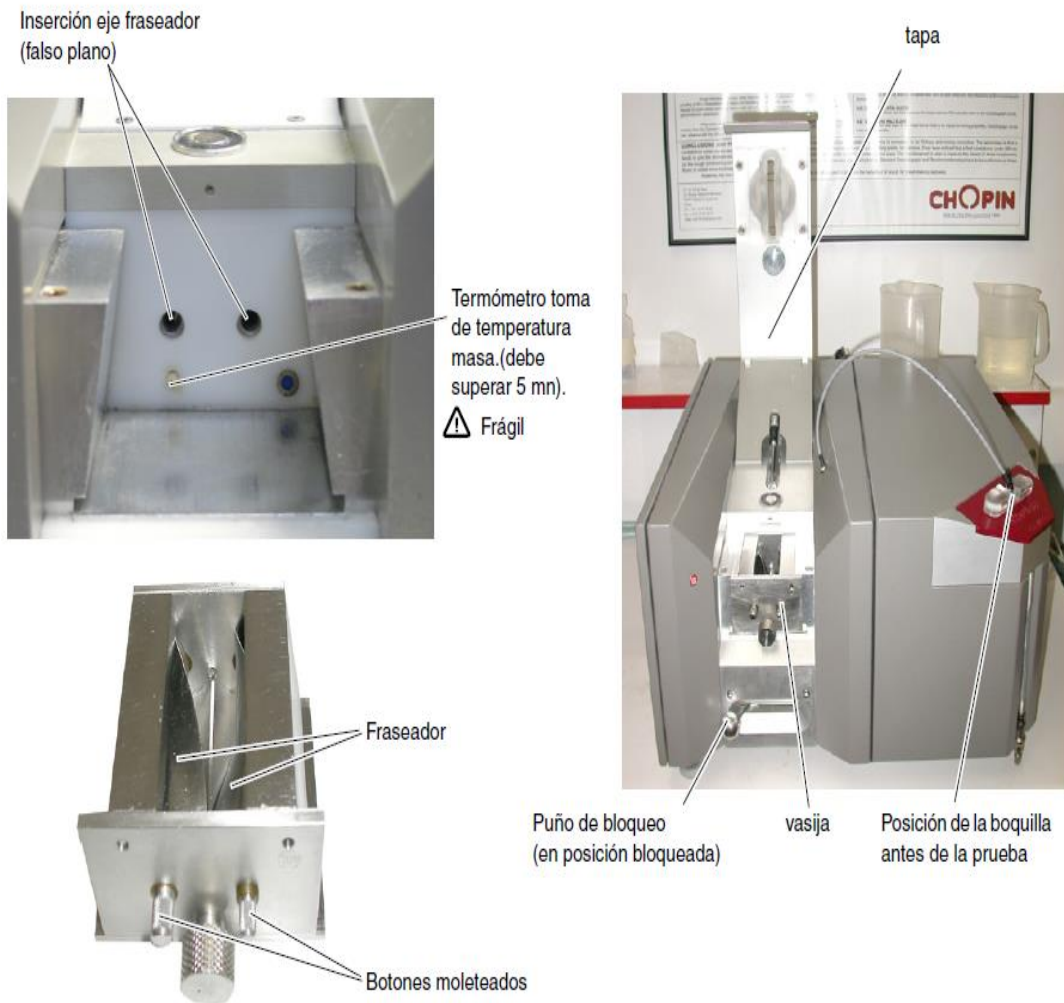
Indicador de nivel

MANIPULACIÓN DE LA VASIJA

- Abrir la tapa del Mixolab.
- Desbloquear, por medio del puño de bloqueo (tirándolo hacia la derecha), el Mixolab.
- Extraer la vasija tirándola hacia sí.
- Insertar una vasija limpia empujándola hacia el fondo de su emplazamiento. Si la vasija no se inserta hasta el fondo de su emplazamiento, hacer girar los ejes de los fraseadores por medio de los

botones moleteados hasta que la vasija entre completamente en su alojamiento.

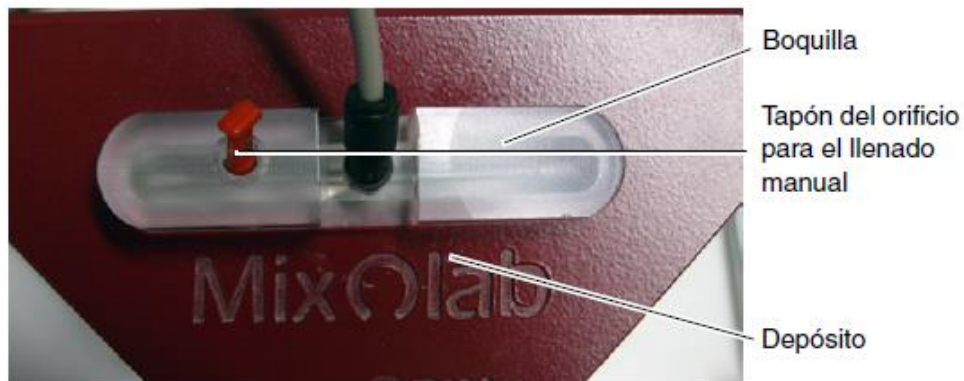
- Bloquear la vasija por medio del puño de bloqueo (tirándola hacia la izquierda).



- Cerrar la tapa.

REALIZACIÓN DE UNA PRUEBA "temperatura variable"

Antes de lanzar una prueba, cerciorarse de que la boquilla está colocada en el depósito



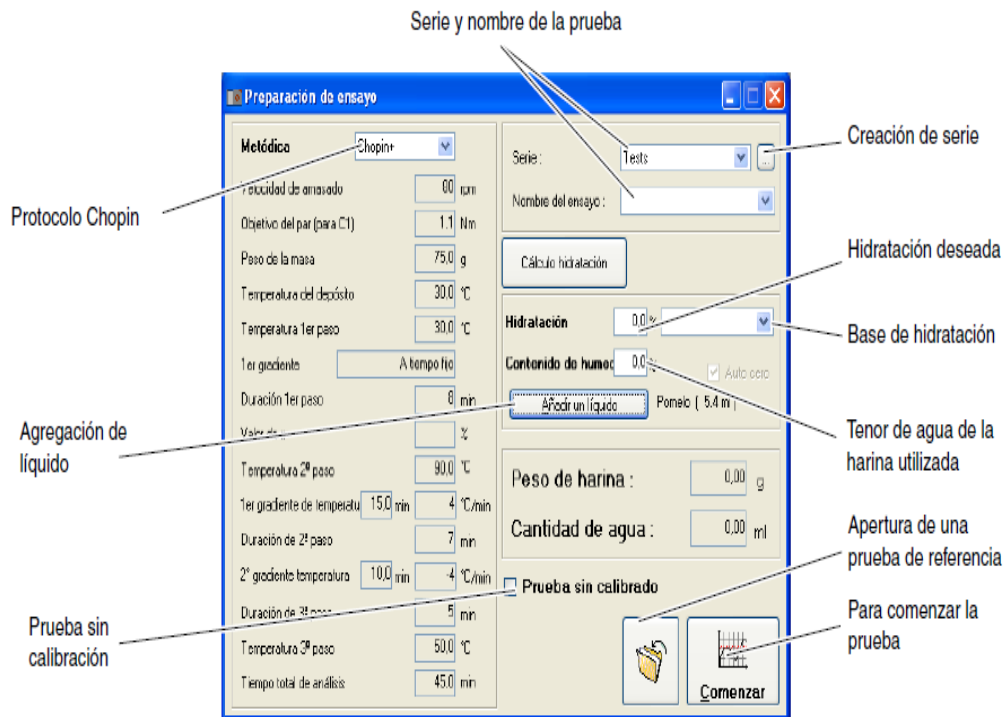
Antes de efectuar una prueba, es necesario probablemente configurar el software Mixolab CHOPIN technologies.

Preparación de la prueba

- A partir del programa "Mixolab CHOPIN technologies", hacer clic en el icono "Preparar una prueba".



- Una nueva ventana aparece.



- Elegir un protocolo predefinido a partir del menú desplegable.
- Elegir la serie en la que será registrada la prueba (puede efectuarse a partir del menú desplegable o puede crearse la serie haciendo clic en el botón previsto a este efecto).
- Indicar el nombre de la prueba.
- Introducir la tasa de hidratación deseada y su base (base que debe elegirse en el menú desplegable: Materia seca (ms), Base 14% (b14), Base 15% (b15) o Tal y como (Tq)).
- Indicar el contenido de agua del muestra utilizada.
- El Mixolab calcula automáticamente la masa de muestra a pesar y la cantidad de agua que será inyectada.
- Decidir si la prueba debe efectuarse con o sin calibración.

Por defecto, la prueba no comenzará mientras las temperaturas de consigna (T°C vasija, T°C agua) no hayan sido alcanzadas (fase de calibración).

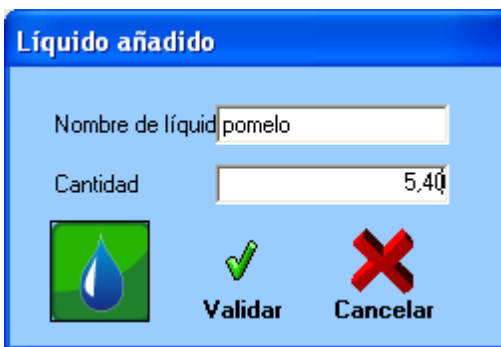
Es posible evitar el tiempo de espera impuesto por esta calibración marcando dicha opción.

Se desaconseja en el marco de una utilización de un protocolo riguroso.

Nota: Es posible preparar otra prueba mientras se desarrolla una prueba, y es posible también abrir una prueba de referencia para comparar.

- **Agregación de líquido**




- Es posible proceder a una agregación manual de líquido.
- Aparece entonces la ventana siguiente:



Líquido añadido

Nombre de líquido pomelo

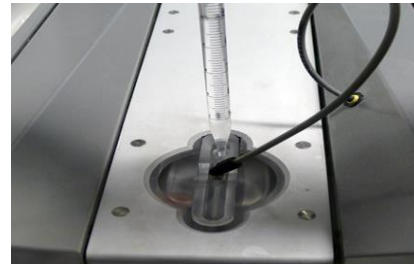
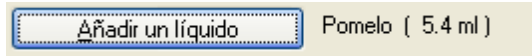
Cantidad 5,40

Validar Cancelar

- Elegir un nombre y la cantidad de líquido por añadir manualmente, indicada en mililitros.
- Hacer clic en validar.

La agregación aparece en la ventana de preparación de la prueba al lado del botón "Añadir un líquido".



El llenado manual se efectúa con una pipeta de diámetro comprendido entre 4 y 5 mm.

- En el ámbito de una utilización del protocolo Chopin +, válido únicamente para una harina de trigo o de trigo blando, y si no se ha alcanzado el par diana:

Utilizar la tecla "Cálculo de hidratación" que, a partir de los resultados de una prueba anterior, permite determinar automáticamente la hidratación necesaria para obtener un C1 igual a 1,1 Nm.

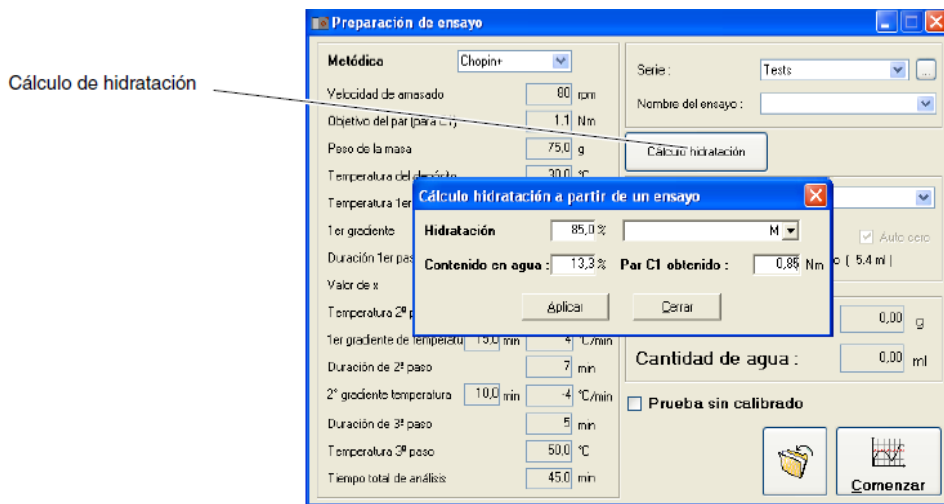
Pulsar en la tecla Cálculo de hidratación.

La ventana "Cálculo de hidratación a partir de una prueba" aparece.

Indicar los valores de la prueba anterior.

Nota: Esta ventana es accesible también si el protocolo seleccionado utiliza:

- Una velocidad de rotación de los fraseadores de 80 rpm
- Una temperatura de agua de 30°C
- Una temperatura de bloque de 30°C (1a fase)
- Un par diana de 1,1 Nm
- Un peso de masa de 75 g



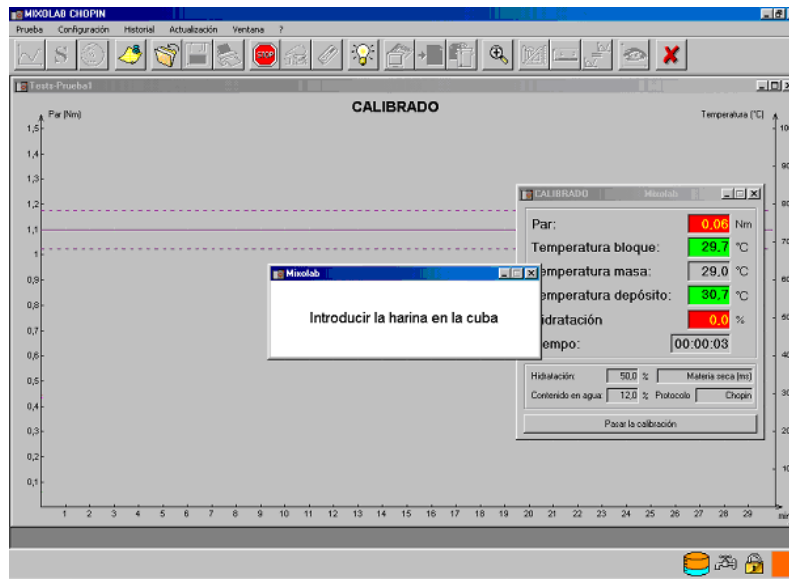
- **Preparación de la harina**

- Pesar la harina a $\pm 0,1$ g según la masa indicada por el software Mixolab CHOPIN technologies".

- **Realización de la prueba**

Nota: Para comenzar una prueba, la anterior debe ser registrada y cerrada.

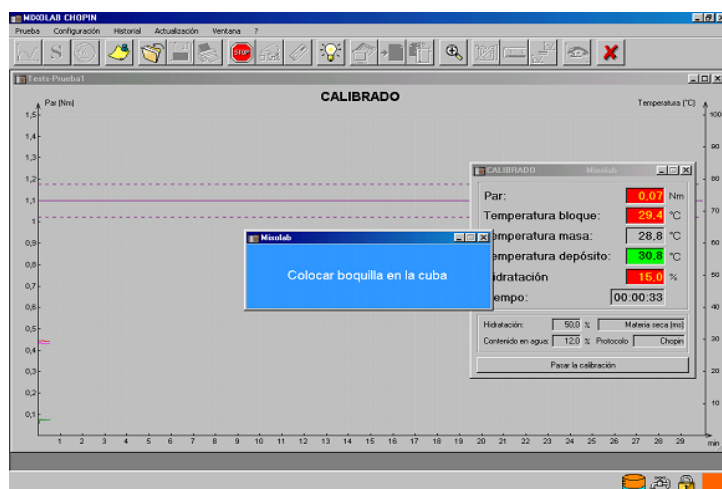
- Hacer clic en el icono "Iniciar" para comenzar la prueba.
- El Led y el cuadrado de la parte inferior derecha se ponen anaranjados: la prueba está realizándose.
- La tapa está bloqueada.
- Los fraseadores están en funcionamiento.
- Aparece una nueva ventana.



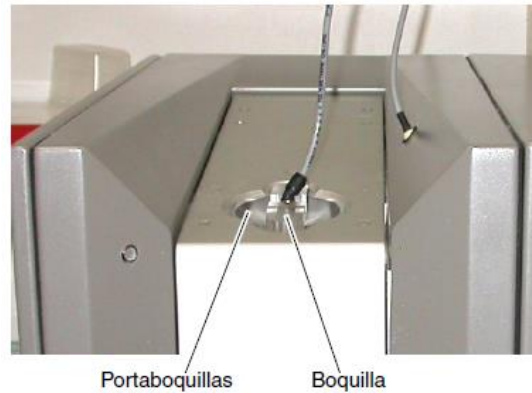
La ventana de Calibración aparece. Los parámetros que no hayan alcanzado sus valores de consigna se encuentran en fondo rojo, los demás en verde.

Un mensaje parpadeante (en fondo blanco) solicita al usuario que introduzca la harina en la vasija.

Tras cierto tiempo, un mensaje intermitente (en fondo azul) aparece, indicando al usuario a "Colocar la boquilla en la vasija".

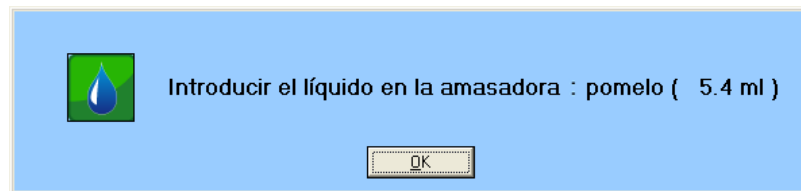


Colocar entonces la boquilla en el portaboquillas de la vasija. (limpiar la boquilla antes de colocarla).



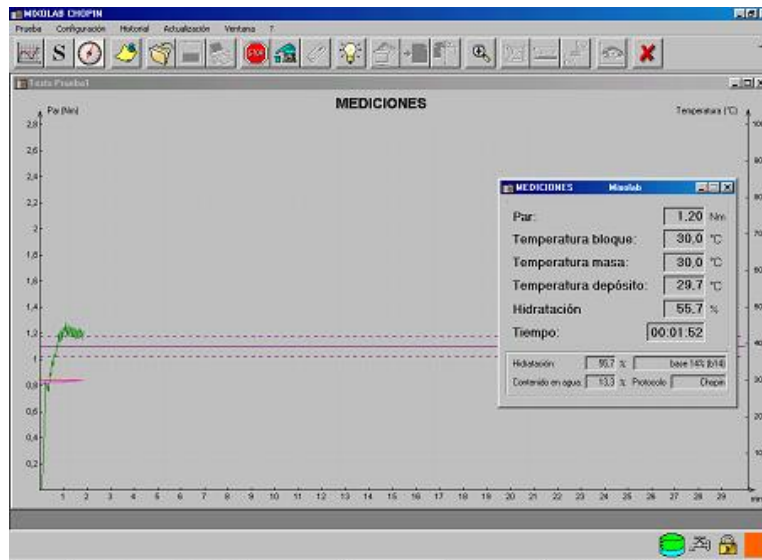
Cuando todos los parámetros hayan alcanzado su valor de consigna, la prueba comienza (autocero, comienzo de registro del par)

Si la agregación manual de líquido ha sido activada, aparece la ventana siguiente para añadir el líquido.

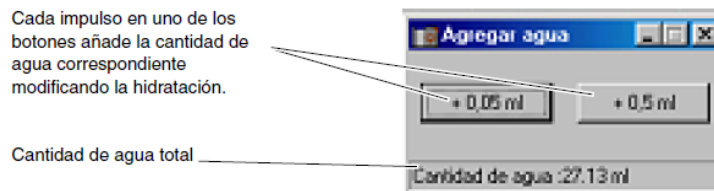


Nota: Si la casilla "Autozero" no está marcada en ventana "Preparación de prueba", el offset no será deducido en los valores de los pares medidos durante la prueba.

- La prueba se prosigue



- Es posible agregar agua durante la prueba pulsando en el icono. Un menú aparecerá proponiendo dos opciones: añadir 0,05 ml o 0,5 ml.



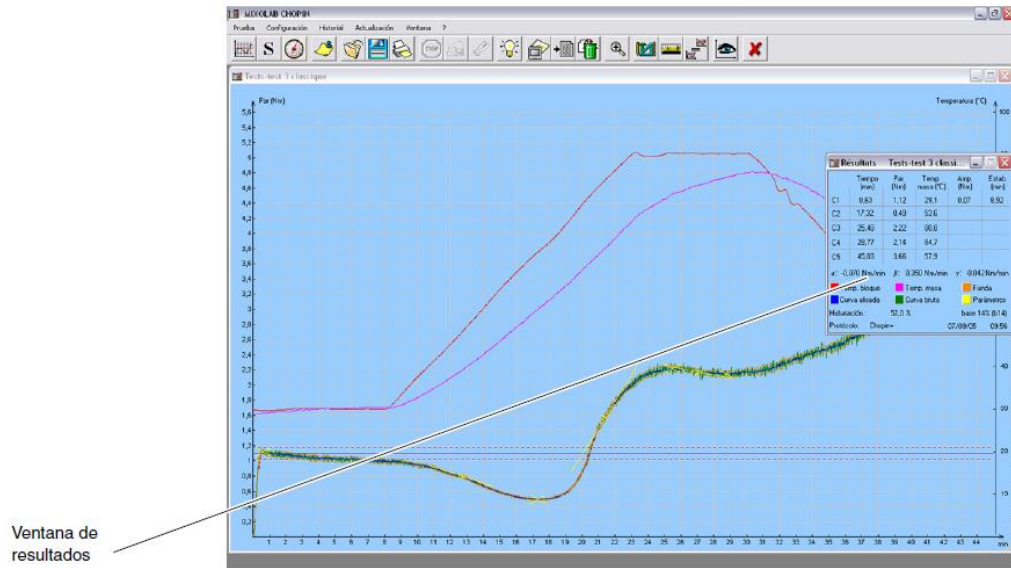
Algunos protocolos permiten también un lanzamiento manual del calentamiento pulsando en el icono.


Nota: Es posible en todo momento detener la prueba haciendo clic en el Icono





Los valores medidos hasta esta parada pueden ser registrados.

- Resultado final

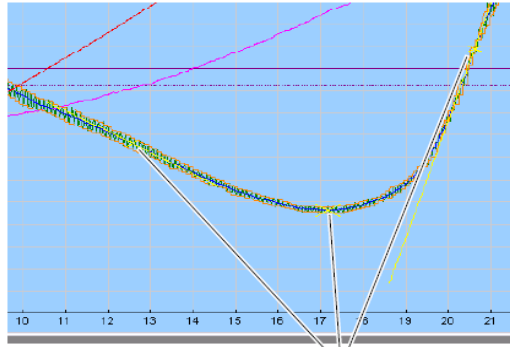


Para registrar la prueba, pulsar en el icono .

Para imprimir la prueba, pulsar en el icono .

Para suprimir la prueba, pulsar en el icono .

- Una ventana resume los puntos característicos de la curva (designados en amarillo): Ci y pendientes.



Ejemplo de puntos característicos

Nota: Los resultados de las pruebas con el protocolo "Chopin S" se visualizan en un fondo más claro que los protocolos "temperatura variables".

Los resultados de las pruebas de velocidad variable tienen también un fondo diferente.

ANEXOS B

DATOS

EXPERIMENTALES

ANEXO B-1

RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS GRANOS DE CEBADA

VARIETADES	PESO HECTOLITRICO (kg/HL)		INDICE DE LLENADO		PESO DE 100 GRANOS		COLOR						% HUMEDAD	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1			R2			R1	R2
							L*	C*	h*	L*	C*	h*		
CH-09-009	69	68	492, 544	492, 400	33, 93	33, 19	52, 85	19, 57	66, 45	52, 85	19, 37	66, 41	10, 00	9, 71
CH-09-006	67	67	534, 078	535, 563	39, 64	40, 10	43, 80	10, 23	64, 71	42, 85	10, 50	65, 61	10, 09	9, 77
CH-09-011	62	62	540, 318	541, 237	42, 75	43, 48	48, 84	13, 47	68, 12	49, 67	15, 47	67, 96	9, 16	8, 72
GUARANGA	71	70	522, 783	521, 753	52, 26	51, 84	60, 49	21, 82	69,40	59, 88	20, 56	67, 67	9, 77	9, 56
CAÑICAPA	70	71	562, 080	563, 300	48, 31	47, 82	61, 68	21, 00	68, 66	60, 87	22, 16	68, 61	9, 37	9, 61
CH-09-014	70	71	530, 115	532, 795	35, 82	36, 30	57, 30	18, 12	67, 72	57, 08	18, 29	68, 16	10, 29	10, 46
CM-09-007	67	66	534, 444	533, 743	46, 23	46, 55	57, 52	17, 38	77, 15	57, 24	19, 88	70, 25	9, 95	9, 67
CD-09-009	75	75	564, 816	563, 167	51, 02	50, 94	51, 42	13, 77	64, 44	52, 00	14, 64	65, 34	10, 02	9, 72
CH-09-010	63	65	553, 563	552, 836	44, 10	44, 35	42, 17	9, 07	65, 29	42, 69	10, 01	66, 11	8, 64	8, 87
CD-09-013	70	70	571, 596	572, 339	49, 35	50, 65	46, 83	13, 75	67, 35	46, 45	13, 24	65, 18	10, 41	10, 10

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-2

RESULTADOS DE FIBRA TOTAL EN LAS LINEAS/VARIEDADES DE CEBADA

Variedades	R1	R2	R3
CH-09-009	4, 51	3, 09	5, 65
CH-09-006	3, 66	2, 56	5, 15
CH-09-011	7, 22	5, 98	8, 57
GUARANGA	8, 56	7, 32	9, 80
CAÑICAPA	5, 58	5, 09	5, 65
CH-09-014	3, 57	2, 44	5, 16
CM-09-007	6, 48	5, 21	7, 91
CD-09-009	5, 62	4, 23	6, 72
CH-09-010	5, 72	4, 30	5, 12
CD-09-013	6, 58	5, 33	6, 24

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-3

RESULTADOS DE PORCENTAJE DE CÁSCARA EN LAS LINEAS/VARIEDADES DE CEBADA

Variedad	R1	R2
CH-09-009	12, 06	11, 31
CH-09-006	10, 67	11, 17
CH-09-011	11, 24	11, 13
GUARANGA	9, 46	9, 84
CAÑICAPA	9, 55	9, 18
CH-09-014	9, 51	9, 57
CM-09-007	7, 12	8, 21
CD-09-009	7, 10	6, 87
CH-09-010	10, 48	10, 64
CD-09-013	8, 06	8, 22

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-4

RESULTADOS DE RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE BETA-GLUCANOS

Variedad	R1 (%)	R2 (%)
CH-09-009	8, 16	8, 23
CH-09-006	7, 40	8, 34
CH-09-011	10, 18	10, 34
GUARANGA	12, 56	12, 34
CAÑICAPA	8, 67	8, 45
CH-09-014	7, 15	7, 35
CM-09-007	10, 66	10, 62
CD-09-009	8, 99	9, 15
CH-09-010	8, 33	8, 65
CD-09-013	9, 92	9, 65

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-5

RESULTADOS DE CONTENIDO DE BETA-GLUCANOS

Muestra	R1	R2
Guaranga	38, 15	37, 32
CM-09-007	36, 88	36, 75
CH-09-011	36, 17	36, 10
CH-09-014	18, 64	18, 63
CD-09-013	26, 28	26, 18
CH-09-009	31, 30	31, 34
CH-09-006	18, 63	18, 66
CH-09-010	25, 62	25, 64
CD-09-009	35, 62	35, 59
Cañicapa	31, 50	31, 74

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-6

RESULTADOS DE FIBRA DE LOS EXTRACTOS DE BETA-GLUCANOS

Variedades	FDT		
	R1	R2	R3
CH-09-011	95, 26	95, 60	95, 95
GUARANGA	95, 49	95, 24	94, 99
CM-09-007	94, 14	94, 94	95, 73

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-7

RESULTADOS DE FIBRA SOLUBLE DE LOS EXTRACTOS DE BETA-GLUCANOS

Variedades	FDS		
	R1	R2	R3
CH-09-011	65, 90	64, 40	62, 90
GUARANGA	65, 00	65, 55	66, 10
CM-09-007	66, 30	65, 25	64, 20

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-8

RESULTADOS DE CENIZA DE LOS EXTRACTOS DE BETA-GLUCANOS

CENIZA			
Variedades	R1	R2	R3
CH-09-011	2, 31	2, 15	1, 98
GUARANGA	2, 20	2, 32	2, 44
CM-09-007	2, 84	2, 47	2, 09

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-9

RESULTADOS DE PROTEÍNA EN LOS EXTRACTOS DE BETA-GLUCANOS

IDENTIFICACION	PROTEINA BASE SECA (%) R1	PROTEINA BASE SECA (%) R2	PROTEINA BASE SECA (%) R3
β -glucano CM-09-007	1, 79	1, 83	1, 87
β -glucano CH-09-011	1, 77	1, 75	1, 73
β -glucano Guaranga	1, 51	1, 57	1, 63

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-10

RESULTADOS DE FARINOGRAFÍA DE LAS MEZCLAS

Tratamientos	Tiempo de Desarrollo			Estabilidad			Debilitamiento		
	(R1) min	(R2) min	(R3) min	(R1) min	(R2) min	(R3) min	(R1) UF	(R2) UF	(R3) UF
a0b0	1, 5	2, 0	2, 5	3, 5	3, 5	3, 5	65	67	69
a0b1	2, 0	2, 0	2, 0	5, 0	5, 5	6, 0	75	75	75
a0b2	1, 5	1, 5	1, 5	3, 5	3, 5	3, 5	109	108	107
a0b3	2, 5	2, 5	2, 5	4, 0	4, 0	4, 0	95	95	95
a1b0	2, 0	2, 0	2, 0	3, 5	3, 5	3, 5	65	67	69
a1b1	2, 0	2, 5	3, 0	13, 0	12, 5	12, 0	34	34	34
a1b2	4, 5	4, 5	4, 5	17, 5	17, 5	17, 5	0	0	0
a1b3	2, 5	2, 5	2, 5	3, 5	3, 5	3, 5	98	98	98

a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-11

RESULTADOS DE REOLOGÍA DE LAS MEZCLAS

Tratamientos	AMASADO (C2)			FUERZA DE GLUTEN (C3)			VISCOSIDAD DEL GEL ALMIDON (C4)			RESISTENCIA DE LA AMILASA (C5)			RETROGRADACION DEL ALMIDON (C6)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
a0b0	0	0	0	6	6	6	2	2	2	9	9	9	8	8	7
a0b1	1	0	0	6	6	7	7	8	7	9	9	9	8	8	8
a0b2	0	1	1	6	6	6	1	0	0	9	9	9	7	7	8
a0b3	1	1	1	5	4	4	1	0	1	4	4	5	9	9	8
a1b0	1	1	1	2	2	3	2	2	2	6	7	7	5	5	5
a1b1	4	5	5	5	5	4	5	5	5	9	9	9	7	7	7
a1b2	5	5	5	1	1	2	7	7	6	9	9	9	7	7	7
a1b3	6	5	5	2	1	1	8	8	7	9	9	9	6	7	7

a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-12

RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Tratamientos	CATADORES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	ACEPTABILIDAD
a0b0	1	5	4	5	4	5
a0b0	3	4	5	5	4	4
a0b0	5	5	5	4	5	4
a0b0	7	4	4	5	3	5
a0b0	9	5	5	5	3	5
a0b0	11	5	5	5	4	5
a0b0	13	4	5	5	3	5
a0b1	1	4	5	5	3	4
a0b1	3	3	4	4	3	3
a0b1	6	4	3	4	4	4
a0b1	8	4	4	3	4	4
a0b1	9	3	5	3	3	4
a0b1	12	4	4	4	4	4
a0b1	14	4	4	4	4	4
a0b2	1	5	5	4	3	5
a0b2	4	4	3	4	3	5
a0b2	5	5	4	5	4	4
a0b2	8	5	5	5	5	5
a0b2	10	3	3	5	4	4
a0b2	11	5	5	4	5	4
a0b2	14	5	5	5	5	5
a0b3	1	5	4	5	4	5
a0b3	4	4	3	4	3	4
a0b3	6	5	4	5	5	5
a0b3	7	4	4	4	4	4
a0b3	10	2	3	2	2	3
a0b3	12	4	3	5	5	5
a0b3	13	4	3	5	3	5
a1b0	2	4	4	5	3	2
a1b0	4	3	4	2	3	2
a1b0	6	3	3	3	4	2
a1b0	8	5	5	5	5	5
a1b0	9	4	4	3	3	4

a1b0	11	2	4	2	5	2
a1b0	13	3	4	5	3	4
a1b1	2	4	4	2	3	5
a1b1	4	3	4	4	4	3
a1b1	5	4	4	3	4	4
a1b1	7	3	2	2	2	1
a1b1	9	4	2	2	2	2
a1b1	12	2	4	2	2	2
a1b1	14	3	2	2	2	2
a1b2	2	4	4	4	3	5
a1b2	3	4	5	5	4	4
a1b2	6	3	3	3	4	3
a1b2	7	3	3	3	3	2
a1b2	10	3	4	4	2	4
a1b2	11	3	2	3	3	3
a1b2	14	3	3	3	4	3
a1b3	2	4	3	4	3	5
a1b3	3	3	4	3	2	2
a1b3	5	4	3	3	4	3
a1b3	8	4	3	4	4	4
a1b3	10	4	5	4	5	4
a1b3	12	2	2	2	2	2
a1b3	13	2	2	2	2	2

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO B-13

RESULTADOS DEL PERFIL NUTRICIONAL

	Carbohidratos (%)	Fibra (%)	Proteína (%)	Calcio (%)	Hierro (%)	Sodio (%)
a0b2	84,23	2,54	4,99	0,15	0,0034	0,28
a1b2	78,45	3,34	7,63	0,21	0,0039	0,28
COMERCIAL "DELIPAN"	40,00	0,00	3,66	0,09	-----	1,00

a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXOS C

ANÁLISIS

ESTADÍSTICO

Tabla C-1.- Peso Hectolítrico (kg/HL) de líneas y variedades de cebada

VARIETADES	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Desviación Estándar
	Promedio	
CH-09-009	68, 5	±0, 71
CH-09-006	67, 0	±0, 00
CH-09-011	62, 0	±0, 00
GUARANGA	70, 5	±0, 71
CAÑICAPA	70, 5	±0, 71
CH-09-014	70, 5	±0, 71
CM-09-007	66, 5	±0, 71
CD-09-009	75, 0	±0, 00
CH-09-010	64, 0	±1, 41
CD-09-013	70, 0	±0, 00

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-1.1.- Análisis de Varianza para Peso Hectolítrico (kg/HL) de la cebada

Efectos	Grados de	Suma de	Cuadrados	Valor F	Valor p
	Libertad	Cuadrados	medios		
Tratamientos	9	250, 45	27, 83	56, 28	<0,0001*
Repeticiones	1	0, 05	0, 05	0, 1	0,7577
Error	9	4, 45	0, 49		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-1.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para Peso Hectolítrico (kg/HL) de la cebada.

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-011	62, 00	F
CH-09-010	64, 00	EF
CM-09-007	66, 50	DE
CH-09-006	67, 00	D
CH-09-009	68, 50	CD
CD-09-013	70, 00	C
GUARANGA	70, 50	C
CH-09-014	70, 50	BC
CAÑICAPA	70, 50	AB
CD-09-009	75, 00	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-2.- Índice de llenado para los 10 genotipos cebada

VARIETADES	ÍNDICE DE LLENADO	
	Promedio	Desviación Estándar
CH-09-009	492, 47	±0, 10
CH-09-006	534, 82	±1, 05
CH-09-011	540, 78	±0, 65
GUARANGA	522, 27	±0, 73
CAÑICAPA	562, 69	±0, 86
CH-09-014	531, 46	±1, 90
CM-09-007	534, 09	±0, 50
CD-09-009	563, 99	±1, 17
CH-09-010	553, 20	±0, 51
CD-09-013	571, 97	±0, 53

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-2.1.- Análisis de Varianza para el índice de Llenado de la cebada

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	9978, 53	1108, 73	1223, 49	<0,0001*
Repeticiones	1	0, 39	0, 39	0, 43	0,5278
Error	9	8, 16	0, 91		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-2.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para índice de llenado de 10 genotipos de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-009	492,47	G
GUARANGA	522,27	F
CH-09-014	531,46	F
CM-09-007	534,09	E
CH-09-006	534,82	E
CH-09-011	540,78	D
CH-09-010	553,20	C
CAÑICAPA	562,69	B
CD-09-009	563,99	B
CD-09-013	571,97	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-3.- Peso de 1000 Granos para los 10 genotipos cebada en estudio

VARIEDADES	Peso de 1000 Granos	
	Promedio (gr)	Desviación Estándar
CH-09-009	33, 56	±0, 52
CH-09-006	39, 87	±0, 33
CH-09-011	43, 12	±0, 52
GUARANGA	52, 05	±0, 30
CAÑICAPA	48, 07	±0, 35
CH-09-014	36, 06	±0, 34
CM-09-007	46, 39	±0, 23
CD-09-009	50, 98	±0, 06
CH-09-010	44, 23	±0, 18
CD-09-013	50, 00	±0, 92

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-3.1.- Análisis de Varianza para el peso de 1000 granos de cebada

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	719, 65	79, 96	414, 46	<0,0001*
Repeticiones	1	0, 16	0, 16	0, 85	0,3809
Error	9	1, 74	0, 19		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-3.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para índice de llenado de 10 genotipos de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-009	33,56	G
CH-09-014	36,06	F
CH-09-006	39,87	E
CH-09-011	43,12	D
CH-09-010	44,23	D
CM-09-007	46,39	C
CAÑICAPA	48,07	C
CD-09-013	50,00	B
CD-09-009	50,98	B A
GUARANGA	52,05	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-4.- Resultados de Luminosidad para los 10 genotipos cebada en estudio.

VARIEDADES	LUMINOSIDAD (L*)	
	Promedio (nm)	Desviación Estándar
CH-09-009	52, 85	±0, 00
CH-09-006	43, 33	±0, 67
CH-09-011	49, 26	±0, 59
GUARANGA	60, 19	±0, 43
CAÑICAPA	61, 28	±0, 57
CH-09-014	57, 19	±0, 16
CM-09-007	57, 38	±0, 20
CD-09-009	51, 71	±0, 41
CH-09-010	42, 43	±0, 37
CD-09-013	46, 64	±0, 27

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-4.1.- Análisis de Varianza para valores de Luminosidad (L*)

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	824, 62	91,62	496, 26	<0,0001*
Repeticiones	1	0, 09	0,09	0, 47	0,5094
Error	9	1, 66	0,18		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-4.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para la Luminosidad de 10 genotipos de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-010	42, 43	F
CH-09-006	43, 33	F
CD-09-013	46, 64	E
CH-09-011	49, 26	D
CD-09-009	51, 71	C
CH-09-009	52, 85	C
CH-09-014	57, 19	B
CM-09-007	57, 38	B
GUARANGA	60, 19	A
CAÑICAPA	61, 28	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-5.- Resultados de Chroma C* para las dos variedades y ocho líneas de cebada

VARIETADES	CHROMA C*	
	Promedio (nm)	Desviación Estándar
CH-09-009	19, 47	±0, 14
CH-09-006	10, 37	±0, 19
CH-09-011	14, 47	±1, 41
GUARANGA	21, 19	±0, 89
CAÑICAPA	21, 58	±0, 82
CH-09-014	18, 21	±0, 12
CM-09-007	18, 63	±1, 77
CD-09-009	14, 21	±0, 62
CH-09-010	09, 54	±0, 66
CD-09-013	13, 50	±0, 36

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-5.1.- Análisis de Varianza para valores de Chroma (C*)

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	334, 17	37,13	57, 14	<0,0001*
Repeticiones	1	1, 76	1,76	2, 71	0,1338
Error	9	5, 85	0,65		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-5.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Chroma de 10 genotipos de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-010	9, 54	F
CH-09-006	10, 37	F D
CD-09-013	13, 50	D C
CD-09-009	14, 21	C
CH-09-011	14, 47	C
CH-09-014	18, 21	B
CM-09-007	18, 63	B A
CH-09-009	19, 47	B A
GUARANGA	21, 19	B A
CAÑICAPA	21, 58	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-6.- Resultados de Tono h° para las dos variedades y ocho líneas de cebada en estudio.

VARIEDADES	Tono h°	
	Promedio (°)	Desviación Estándar
CH-09-009	66, 43	±0, 03
CH-09-006	65, 16	±0, 64
CH-09-011	68, 04	±0, 11
GUARANGA	68, 54	±1, 22
CAÑICAPA	68, 64	±0, 04
CH-09-014	67, 94	±0, 31
CM-09-007	73, 70	±4, 88
CD-09-009	64, 89	±0, 64
CH-09-010	65, 70	±0, 58
CD-09-013	66, 27	±1, 53

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-6.1.- Análisis de Varianza para valores de Tono (h°)

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	118, 95	13, 22	4, 62	0, 0162*
Repeticiones	1	3, 19	3, 19	1, 12	0, 3181
Error	9	25, 72	2, 86		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-6.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Tono de 10 genotipos de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
CD-09-009	64, 89	B
CH-09-006	65, 16	B
CH-09-010	65, 70	B
CD-09-013	66, 27	B
CH-09-009	66, 43	B
CH-09-014	67, 94	B A
CH-09-011	68, 04	B A
GUARANGA	68, 54	B A
CAÑICAPA	68, 64	B A
CM-09-007	73, 70	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-7.- Porcentaje de Humedad (%H) de dos variedades y ocho líneas de cebada.

VARIEDADES	Promedio (%H)	Desviación Estándar
CH-09-009	9, 85	±0, 21
CH-09-006	9, 93	±0, 24
CH-09-011	8, 94	±0, 31
GUARANGA	9, 67	±0, 15
CAÑICAPA	9, 49	±0, 17
CH-09-014	10, 37	±0, 12
CM-09-007	9, 81	±0, 20
CD-09-009	9, 87	±0, 21
CH-09-010	8, 75	±0, 16
CD-09-013	10, 26	±0, 22

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-7.1.- Análisis de Varianza para el porcentaje de Humedad (%H) de la cebada.

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	4, 81	0, 53	15, 92	0, 0002*
Repeticiones	1	0, 12	0, 12	3, 51	0, 0939
Error	9	0, 30	0, 03		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-7.2.- Prueba de Tukey al 5% para la humedad de las variedades y líneas de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-010	8, 75	A
CH-09-011	8, 94	A B
CAÑICAPA	9, 49	A B C
GUARANGA	9, 67	B C D
CM-09-007	9, 81	C D
CH-09-009	9, 85	C D
CD-09-009	9, 87	C D
CH-09-006	9, 93	C D
CD-09-013	10, 26	D
CH-09-014	10, 37	D

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-8.- Porcentaje de salvado de dos variedades y ocho líneas de cebada nacional.

Variedad	Promedio	Desviación Estándar
CH-09-009	11, 68	±0, 53
CH-09-006	10, 92	±0, 36
CH-09-011	11, 18	±0, 08
GUARANGA	9, 65	±0, 27
CAÑICAPA	9, 36	±0, 26
CH-09-014	9, 54	±0, 04
CM-09-007	7, 66	±0, 77
CD-09-009	6, 99	±0, 17
CH-09-010	10, 56	±0, 11
CD-09-013	8, 14	±0, 11

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-8.1.- Análisis de Varianza para el porcentaje de salvado de la cebada

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	44, 58	4, 95	38, 39	<0,0001*
Repeticiones	1	0, 04	0, 04	0, 31	0,5931
Error	9	1, 16	0, 13		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-8.2.- Prueba de Tukey al 5% para el Porcentaje de salvado de la cebada.

Tratamientos	Medias	Diferencia
CD-09-009	6, 99	E
CM-09-007	7, 67	E
CD-09-013	8, 14	E D
CAÑICAPA	9, 37	D C
CH-09-014	9, 54	D C B
GUARANGA	9, 65	C B
CH-09-010	10, 56	C B A
CH-09-006	10, 92	B A
CH-09-011	11, 19	A
CH-09-009	11, 69	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-9.- Fibra dietética de líneas y variedades de cebada.

Variedades	Promedio	Promedio	Promedio
	FDS	FDI	FDT
CH-09-009	4, 42	32, 06	36, 48
CH-09-006	3, 79	26, 17	29, 96
CH-09-011	7, 26	28, 20	35, 46
GUARANGA	8, 56	22, 80	31, 36
CAÑICAPA	5, 44	30, 82	36, 26
CH-09-014	3, 72	27, 79	31, 52
CM-09-007	6, 54	29, 49	36, 03
CD-09-009	5, 52	30, 73	36, 25
CH-09-010	5, 05	34, 13	39, 18
CD-09-013	6, 05	23, 44	29, 49

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-9.1.- Análisis de Varianza para el contenido de Fibra dietética soluble (%) en diez genotipos de cebada

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	63, 31	7, 03	27, 61	<0,0001*
Repeticiones	2	21, 05	10, 53	41, 32	<0,0001*
Error	18	4, 59	0, 26		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-9.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el contenido de Fibra dietética soluble (%) de diez genotipos de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-014	3, 72	F
CH-09-006	3, 79	F
CH-09-009	4, 42	F E
CH-09-010	5, 05	F E D
CAÑICAPA	5, 44	E D C
CD-09-009	5, 52	E D C
CD-09-013	6, 05	D C B
CM-09-007	6, 53	C B
CH-09-011	7, 26	B A
GUARANGA	8, 56	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-10.- Rendimiento de extracción de Fibra soluble, a partir del salvado de cebada

Variedad	Promedio (%)	Desviación Estándar
CH-09-009	8, 19	±0, 05
CH-09-006	7, 87	±0, 66
CH-09-011	10, 26	±0, 11
GUARANGA	12, 45	±0, 15
CAÑICAPA	8, 56	±0, 16
CH-09-014	7, 25	±0, 14
CM-09-007	10, 64	±0, 02
CD-09-009	9, 07	±0, 12
CH-09-010	8, 49	±0, 23
CD-09-013	9, 78	±0, 19

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-10.1.- Análisis de Varianza para el rendimiento de extracción de fibra soluble, a partir del salvado de dos variedades y ocho líneas de cebada.

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	43, 16	4, 80	76, 23	<0,0001*
Repeticiones	1	0, 06	0, 06	0, 96	0,3524
Error	9	0, 57	0, 06		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla 10.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el rendimiento de extracción de fibra soluble, a partir del salvado de dos variedades y ocho líneas de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-014	7, 25	F
CH-09-006	7, 87	F E
CH-09-009	8, 20	F E D
CH-09-010	8, 49	E D
CAÑICAPA	8, 56	E D
CD-09-009	9, 07	D C
CD-09-013	9, 79	C B
CH-09-011	10, 26	B
CM-09-007	10, 64	B
GUARANGA	12, 45	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-11.- Contenido de β -glucanos en los extractos de 2 variedades y ocho líneas de cebada

Variedad	Promedio (%)	Desviación Estándar
CH-09-009	31, 32	$\pm 0, 03$
CH-09-006	18, 65	$\pm 0, 02$
CH-09-011	36, 14	$\pm 0, 05$
GUARANGA	37, 73	$\pm 0, 59$
CAÑICAPA	31, 62	$\pm 0, 17$
CH-09-014	18, 63	$\pm 0, 01$
CM-09-007	36, 81	$\pm 0, 10$
CD-09-009	35, 61	$\pm 0, 02$
CH-09-010	25, 63	$\pm 0, 02$
CD-09-013	26, 23	$\pm 0, 07$

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-11.1.- Análisis de Varianza para el contenido de β -glucanos en 10 extractos de fibra soluble de 2 variedades y ocho líneas de cebada.

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	9	941, 68	104, 63	2646, 50	<0,0001*
Repeticiones	1	0, 04	0, 04	0, 89	0,3695
Error	9	0, 36	0, 04		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-11.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el contenido de β -glucanos en 10 extractos de fibra soluble de 2 variedades y ocho líneas de cebada nacional.

Tratamientos	Medias	Diferencia
CH-09-014	18, 64	H
CH-09-006	18, 65	H
CH-09-010	25, 63	G
CD-09-013	26, 23	F
CH-09-009	31, 32	E
CAÑICAPA	31, 62	D
CD-09-009	35, 61	C
CH-09-011	36, 14	C B
CM-09-007	36, 82	B
GUARANGA	37, 74	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-12.- Contenido de FDT en los extractos de beta-glucanos.

Tratamientos	Promedio	Desviación Estándar
β-glucano CH-09-011	95, 60	0, 35
β-glucano GUARANGA	95, 24	0, 25
β-glucano CM-09-007	94, 94	0, 79

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-12.1.- Análisis de Varianza para el contenido de β-glucanos en la fibra dietética total.

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	0, 67	0, 33	1, 22	0, 3866
Repeticiones	2	0, 53	0, 26	0, 95	0, 4583
Error	4	1, 1	0, 28		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-12.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para los β -glucanos de la fibra dietética total (FDT) de cebada

Tratamientos	Medias	Diferencia
β-glucano CM-09-007	94, 94	A
β-glucano GUARANGA	95, 24	A
β-glucano CH-09-011	95, 60	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-13.- Contenido de Ceniza en los extractos de β -glucano.

Tratamientos	Promedio	Desviación Estándar
β-glucano CH-09-011	2, 15	0, 17
β-glucano Guaranga	2, 32	0, 12
β-glucano CM-09-007	2, 47	0, 38

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-13.1.- Análisis de Varianza para el porcentaje de ceniza de tres extractos de β -glucanos

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	0, 15	0, 08	1, 25	0, 3794
Repeticiones	2	0, 12	0, 06	0, 95	0, 4588
Error	4	0, 25	0, 06		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-13.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el porcentaje de ceniza en los extractos de β -glucanos

Tratamientos	Medias	Diferencia
β -glucano CH-09-011	2, 15	A
β -glucano GUARANGA	2, 32	A
β -glucano CM-09-007	2, 47	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-14.- Contenido de Proteína de los extractos de β -glucano.

Tratamiento	Promedio (%)	Desviación Estándar
β -glucano CM-09-007	1, 83	0, 04
β -glucano CH-09-011	1, 75	0, 02
β -glucano Guaranga	1, 47	0, 04

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-14.1.- Análisis de Varianza para el porcentaje de proteína para los tres extractos de β -glucanos

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	0, 21	0, 11	61, 85	0, 001*
Repeticiones	2	2,70E-04	1,30E-04	0, 08	0, 9273
Error	4	0, 01	1,70E-03		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-14.2.- Prueba de diferenciación para el Porcentaje de proteína en los extractos de β -glucanos

Tratamientos	Medias	Diferencia
β-glucano		
GUARANGA	1, 47	A
β-glucano CH-09-		
011	1, 75	B
β-glucano CM-09-		
007	1, 83	B

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-15.- Farinogramas de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Tratamientos	Absorción de Agua	Tiempo de Desarrollo	Debilitamiento	Estabilidad
	%	Min	UF	Min
a0b0	59, 6	3, 5	67	10, 5
a0b1	60, 7	2, 0	75	5, 5
a0b2	62, 8	1, 5	108	3, 5
a0b3	62, 4	2, 5	95	4, 0
a1b0	54, 9	2, 0	67	3, 5
a1b1	57, 0	2, 5	34	12, 5
a1b2	61, 3	4, 5	0	17, 5
a1b3	60, 3	2, 5	98	3, 5

a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C.15.1.- Análisis de Varianza para el Tiempo de desarrollo de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Mezcla de harina (A)	1	4, 59	4, 59	85, 75	< 0,0001*
% β -glucanos (B)	3	3, 28	1, 09	20, 42	< 0,0001*
Repeticiones	2	0, 25	0, 13	2, 33	0,1335
Interacción AB	3	9, 28	3, 09	57, 75	< 0,0001*
Error	14	0, 75	0, 05		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-15.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el tiempo de desarrollo

Mezcla de harinas	% β -glucanos	Medias	Diferencia
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	2	1, 50	A
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	0	2, 00	A B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	1	2, 00	A B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	0	2, 00	A B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	3	2, 50	B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	3	2, 50	B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	1	2, 50	B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	2	4, 50	C

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-15.3.- Análisis de Varianza para la Estabilidad de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Mezcla de harina	1	157, 59	157, 59	2206, 31	< 0,0001*
% β -glucanos	3	232, 03	077, 34	1082, 81	< 0,0001*
Repeticiones	2	000, 00	000, 00	0000, 00	0,9999
Interacción AB	3	210, 28	070, 09	0981, 31	< 0,0001*
Error	14	001, 00	000, 07		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-15.4.- Prueba de Diferenciación de Tukey para la Estabilidad.

Mezcla de harinas	% β -glucanos	Medias	Diferencia
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	3	3, 50	A
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	0	3, 50	A
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	2	3, 50	A
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	0	3, 50	A
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	3	4, 00	A
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	1	5, 50	B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	1	12, 50	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	2	17, 50	D

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-15.5.- Análisis de Varianza para el debilitamiento.

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Mezcla de harina (A)	1	7993, 50	7993, 50	7105, 33	< 0,0001*
% β -glucanos (B)	3	7149, 00	2383, 00	2118, 22	< 0,0001*
Repeticiones	2	2, 25	1, 13	1, 00	0,3927
Interacción AB	3	12037, 50	4012, 50	3566, 67	< 0,0001*
Error	14	15, 75	1, 13		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-15.6.- Prueba de Diferenciación de Tukey para Debilitamiento.

Mezcla de harinas	% β-glucanos	Medias	Diferencia
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	2	0, 00	A
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	1	34, 00	B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	0	67, 00	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	0	67, 00	C
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	1	75, 00	D
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	3	95, 00	E
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	3	98, 00	E
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	2	108, 00	F

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-16.- Caracterización reológica para todas las mezclas de harina y porcentaje de β -glucanos

Tratamientos	ABSORCION DE AGUA (C1)	AMASADO (C2)	FUERZA DE GLUTEN (C3)	VISCOSIDAD DEL GEL ALMIDON (C4)	RESISTENCIA DE LA AMILASA (C5)	RETROGRADACION DEL ALMIDON (C6)
a0b0	6	0,00	6,00	2,00	9,00	7,67
a0b1	7	0,33	6,33	7,33	9,00	8,00
a0b2	7	0,67	6,00	0,33	9,00	7,33
a0b3	7	1,00	4,33	0,67	4,33	8,67
a1b0	1	1,00	2,33	2,00	6,67	5,00
a1b1	2	4,67	4,67	5,00	9,00	7,00
a1b2	5	5,00	1,33	6,67	9,00	7,00
a1b3	7	5,33	1,33	7,67	9,00	6,67

a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad. (INIAP, 2015)

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-16.1.- Análisis de Varianza para el Índice de Amasado.

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Mezcla de harina (A)	1	73,50	73,50	385,88	< 0,0001*
% β -glucanos (B)	3	25,83	8,61	45,21	< 0,0001*
Repeticiones	2	0,00	0,00	0,00	0,9999
Interacción AB	3	12,50	4,17	21,88	< 0,0001*
Error	14	2,67	0,19		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-16.2.- Prueba de Diferenciación de Tukey para índice de Amasado.

Mezcla de harinas	% β -glucanos	Medias	Diferencia
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	0	0, 00	B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	1	0, 33	B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	2	0, 67	B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	3	1, 00	B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	0	1, 00	B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	1	4, 67	A
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	2	5, 00	A
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	3	5, 33	A

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-16.3.- Análisis de Varianza para el Índice de Gluten de varias mezclas de harinas

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Mezcla de harina (A)	1	63, 38	63, 38	241, 78	< 0,0001*
% β -glucanos (B)	3	22, 46	7, 49	28, 56	< 0,0001*
Repeticiones	2	0, 33	0, 17	0, 63	0,5439
Interacción AB	3	7, 12	2, 37	9, 05	0,0014*
Error	14	3, 67	0, 26		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-16.4.- Prueba de Diferenciación de Tukey para índice de Gluten.

Mezcla de harinas	% β -glucanos	Medias	Diferencia
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	3	1, 33	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	2	1, 33	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	0	2, 33	C
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	3	4, 33	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	1	4, 67	C B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	2	6, 00	B A
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	0	6, 00	B A
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	1	6, 33	A

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-16.5.- Análisis de Varianza para la viscosidad del gel de almidón.

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Mezcla de harina (A)	1	45, 38	45, 38	231, 03	< 0,0001*
% β -glucanos (B)	3	53, 79	17, 93	91, 28	< 0,0001*
Repeticiones	2	0, 58	0, 29	1, 48	0,2601
Interacción AB	3	96, 46	32, 15	163, 69	< 0,0001*
Error	14	2, 75	0, 20		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-16.6.- Prueba de Diferenciación de Tukey para la viscosidad del gel de almidón de varias mezclas de harinas

Mezcla de harinas	% β -glucanos	Medias	Diferencia
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	2	0,33	A
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	3	0,67	A
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	0	2,00	B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	0	2,00	B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	1	5,00	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	2	6,67	D
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	1	7,33	D
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	3	7,67	D

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-16.7.- Análisis de Varianza para la Resistencia amilásica

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Mezcla de harina (A)	1	2,04	2,04	26,44	0,000*
% β -glucanos (B)	3	22,46	7,49	97,05	< 0,0001*
Repeticiones	2	0,25	0,13	01,62	0,2338
Interacción AB	3	38,79	12,93	167,61	< 0,0001*
Error	14	1,08	0,08		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-16.8.- Prueba de Diferenciación de Tukey para Resistencia amilásica

Mezcla de harinas	% β -glucanos	Medias	Diferencia
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	3	4, 33	A
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	0	6, 67	B
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	1	9, 00	C
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	2	9, 00	C
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	0	9, 00	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	1	9, 00	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	2	9, 00	C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena	3	9, 00	C

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-16.9.- Análisis de Varianza para la retrogradación del almidón

Efectos	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Mezcla de harina (A)	1	13, 50	13, 50	73, 26	< 0,0001*
% β -glucanos (B)	3	6, 33	2, 11	11, 45	0,0005*
Repeticiones	2	0, 08	0, 04	0, 22	0,8007
Interacción AB	3	4, 83	1, 61	8, 74	0,0016*
Error	14	2, 58	0, 18		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-16.10.- Prueba de Diferenciación de Tukey para la retrogradación del almidón.

Mezcla de harinas	% β -glucanos	Medias	Diferencia
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	0	5,00	A
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	3	6,67	B
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	1	7,00	B C
40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena	2	7,00	B C
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	2	7,33	B C
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	0	7,67	B C D
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	1	8,00	C D
40 % de H. Trigo + 60% Maicena	3	8,67	D

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-17.- Análisis de Varianza para el Color del Alfajor

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor- F	Valor-P
Tratamientos (A)	13,42	7	1,92	2,57	0,0300*
Catadores (B)	6,77	13	0,52	0,70	0,7510
Residuos	26,08	35	0,75		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-17.1.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Color del Alfajor

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
8	2, 95	B
6	3, 24	B A
7	3, 45	B A
4	3, 62	B A
5	4, 08	B A
2	4, 08	B A
3	4, 20	B A
1	4, 66	A

T1 = a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); T2= a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; T3= a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; T4= a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; T5= a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; T6= a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; T7=a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; T8= a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-18.- Análisis de Varianza para el Olor del Alfajor

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor -F	Valor-P
Tratamientos (A)	15, 13	7	2, 16	5, 10	0, 0005*
Catadores (B)	14, 02	13	1, 08	2, 55	0, 0139*
Residuos	14, 83	35	0, 42		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-18.1.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Olor del Alfajor

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
6	3, 29	B
5	3, 29	B
8	3, 29	B
7	3, 43	B
2	3, 71	B A
4	4, 00	B A
3	4, 57	A
1	4, 57	A

T1 = a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); T2= a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; T3= a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; T4= a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; T5= a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; T6= a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; T7=a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; T8= a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-19.- Análisis de Varianza para el Sabor del Alfajor

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor-F	Valor-P
Tratamientos (A)	30, 57	7	4, 37	5, 17	0,0004*
Catadores (B)	7, 27	13	0, 56	0, 66	0,7846
Residuos	29, 58	35	0, 85		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-19.1.- Prueba de Diferenciación de Tukey para el Sabor del Alfajor

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
6	2, 43	C
8	3, 14	C B
5	3, 57	C B A
7	3, 57	C B A
2	3, 86	C B A
4	4, 29	B A
3	4, 57	B A
1	4, 86	A

T1 = a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); T2= a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; T3= a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; T4= a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; T5= a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; T6= a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; T7=a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; T8= a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-20.- Análisis de Varianza para la textura del Alfajor

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Valor-F	Valor-P
Tratamientos (A)	09, 43	7	1, 35	1, 97	0, 0875
Catadores (B)	16, 65	13	1, 28	1, 87	0, 0693
Residuos	23, 92	35	0, 68		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-20.1.- Textura del Alfajores enriquecidos con b-glucanos

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
6	2, 71	B
8	3, 14	B A
7	3, 29	B A
2	3, 57	B A
4	3, 71	B A
5	3, 71	B A
1	3, 71	B A
3	4, 14	A

T1 = a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); T2= a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; T3= a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; T4= a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; T5= a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; T6= a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; T7=a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; T8= a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

Tabla C-21.- Análisis de Varianza para el Aceptabilidad del Alfajor

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor-F	Valor-P
Tratamientos (A)	29, 27	7	4, 18	5, 26	0,0004*
Catadores (B)	15, 88	13	1, 22	1, 54	0,1533
Residuos	27, 83	35	0, 80		

(*) = Diferencia significativa

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla C-21.1.- Prueba de Diferenciación de Tukey para Aceptabilidad del Alfajor

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
6	2, 71	D
5	3, 00	D C
8	3, 14	D C B
7	3, 43	D C B A
2	3, 86	D C B A
4	4, 43	C B A
3	4, 57	B A
1	4, 71	A

T1 = a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); T2= a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; T3= a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; T4= a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; T5= a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena; T6= a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 1% β -glucanos; T7=a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 2% β -glucanos; T8= a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Elaborado por: Paúl González S., 2015.

ANEXOS D

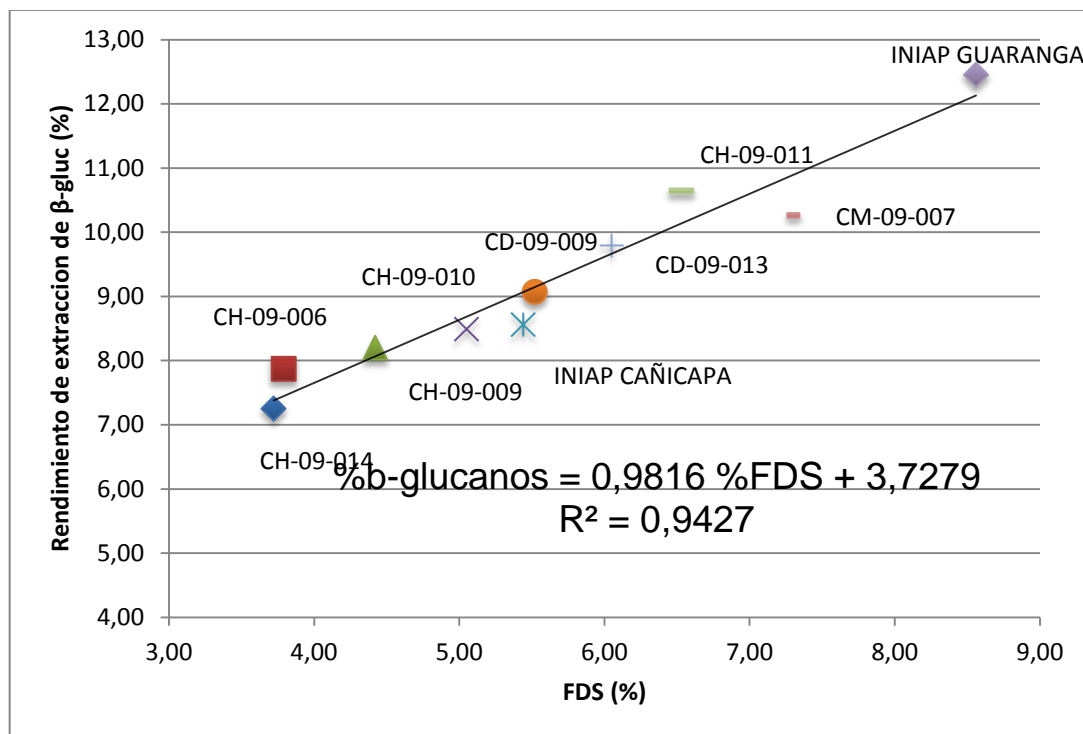
CORRELACIONES

Tabla D-1.- Correlación entre %FDS y rendimiento de extracción de β -glucanos para las 2 variedades y ocho líneas de cebada

	%FDS	Rendimiento de β -glucanos
%FDS	1	0,97
Rendimiento de β -glucanos	0,97	1

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico D-1.1.- Relación entre Fibra dietética soluble y Rendimiento de extracción de β -glucanos para las líneas/variedades de cebada



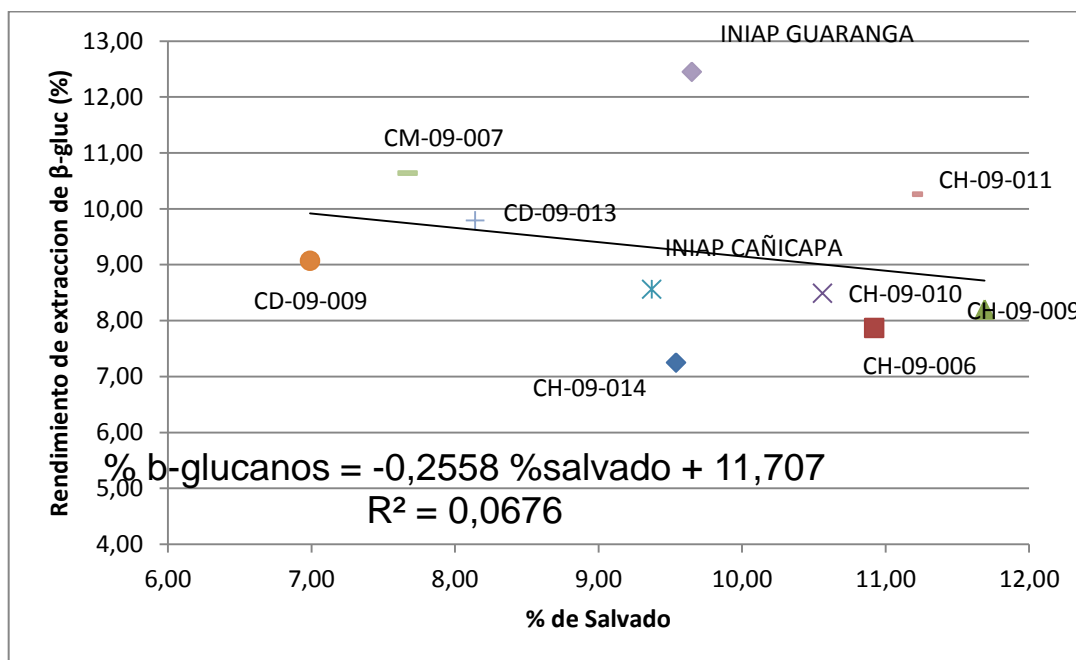
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla D-2.- Correlación entre %FDS y rendimiento de extracción de β -glucanos para las 2 variedades y ocho líneas de cebada

	% Salvado	Rendimiento de β -glucanos
% Salvado	1	0,26
Rendimiento de β -glucanos	0,26	1

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico D-2.1.- Relación entre el Porcentaje de salvado y Rendimiento de extracción de β -glucanos para las líneas/variedades de cebada.

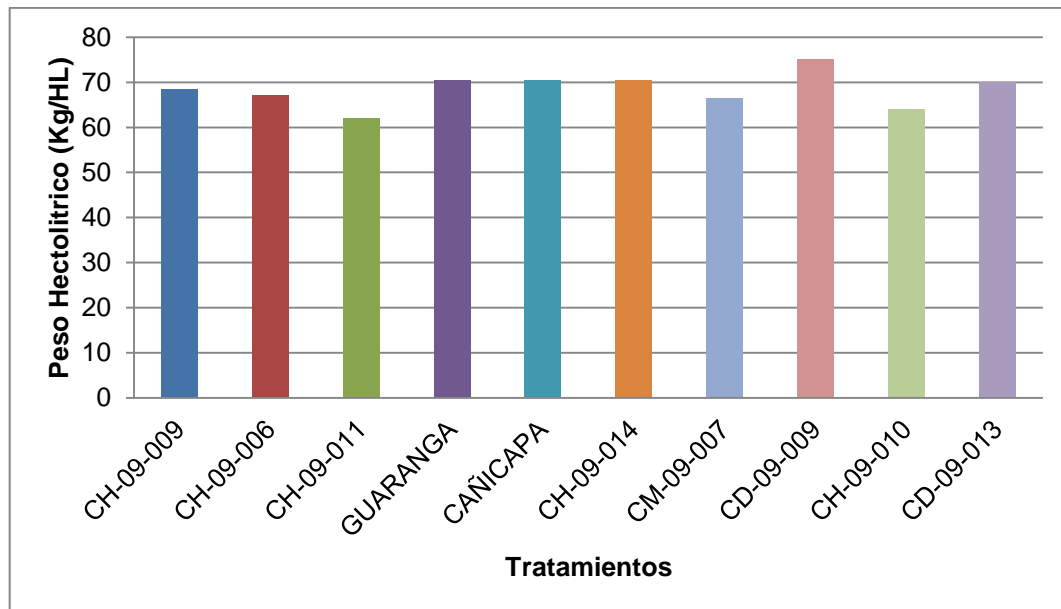


Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXOS E

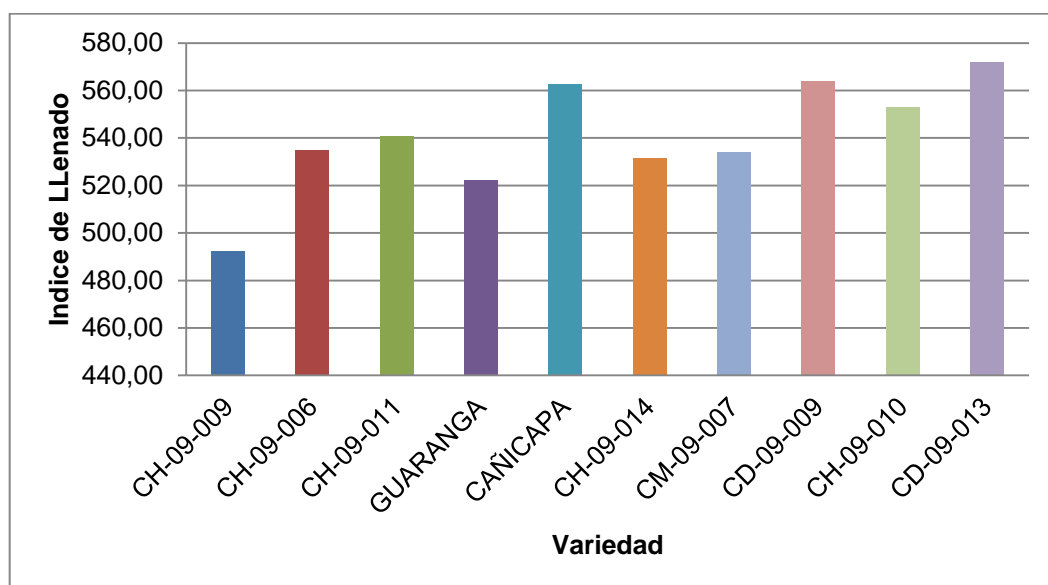
FIGURAS Y GRÁFICOS

Gráfico E-1.- Peso Hectolítico (Kg/Hl) de los granos de cebada



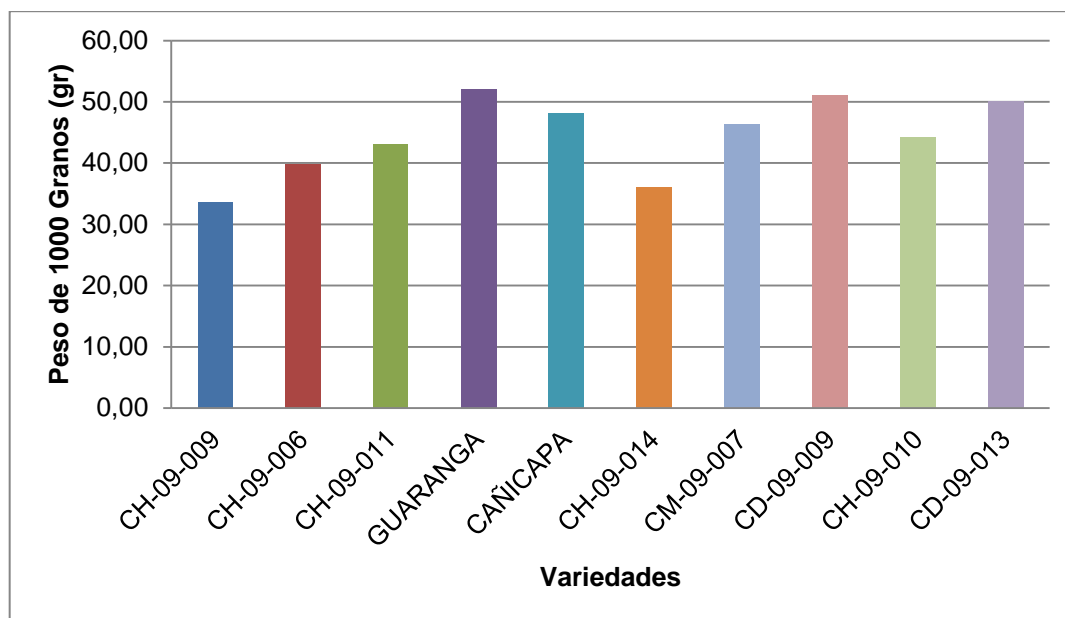
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-2.- Índice de Llenado de 10 genotipos de cebada



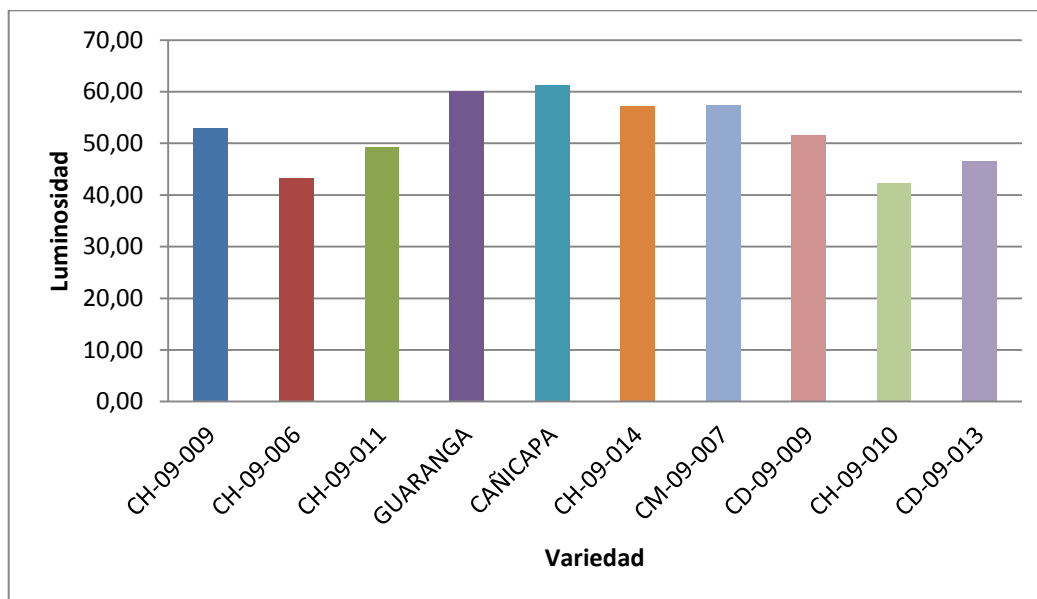
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-3.- Resultados de Peso de 1000 granos (g) de 10 genotipos de cebada



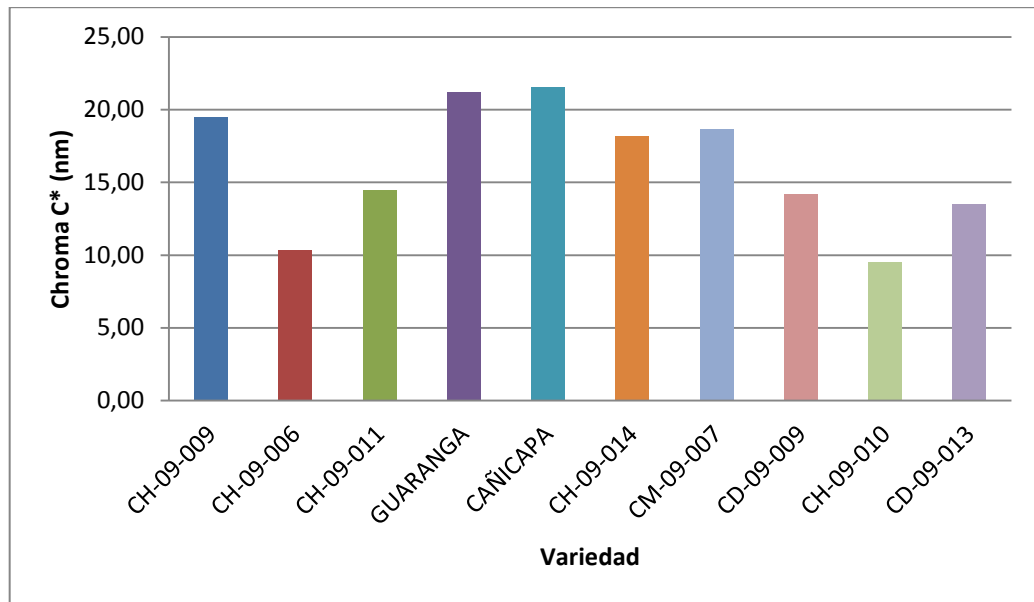
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-4.- Resultados de Luminosidad de 10 genotipos de cebada



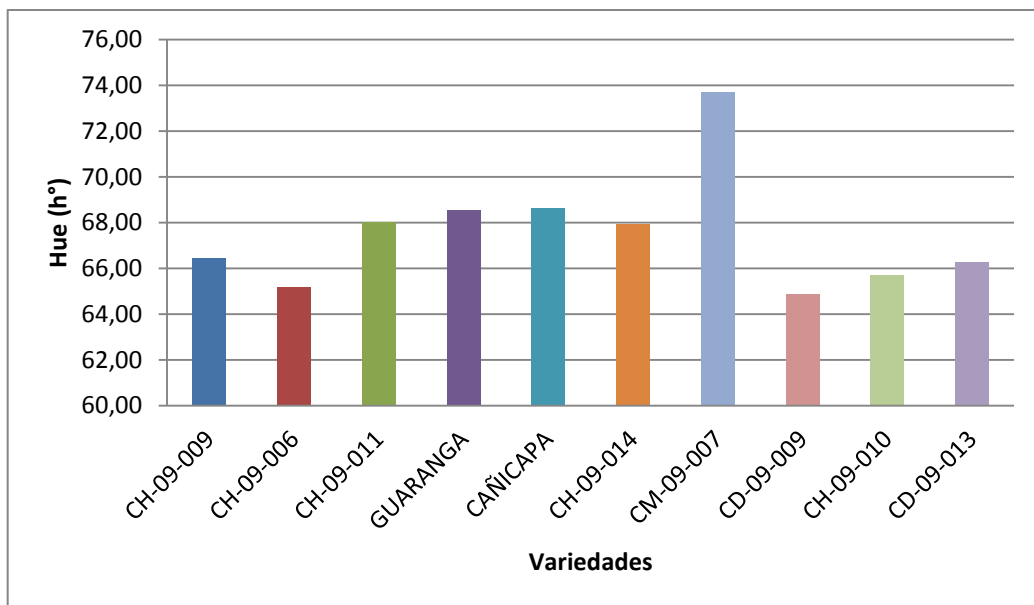
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-5.- Resultados de Chroma C* de 10 genotipos de cebada nacional en estudio



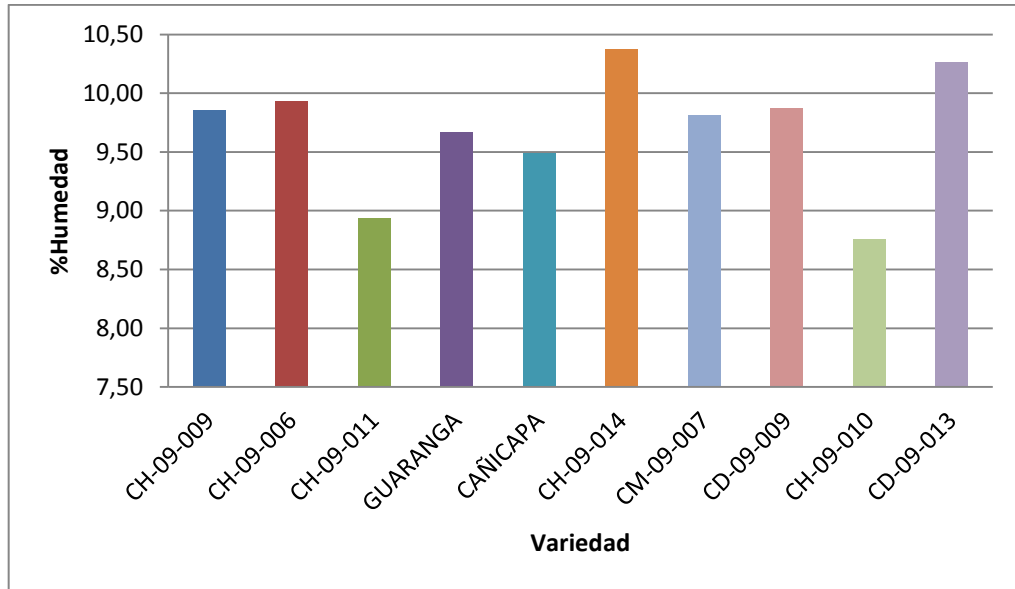
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-6.- Valores del Hue o Tono (h°) para 10 genotipos de cebada



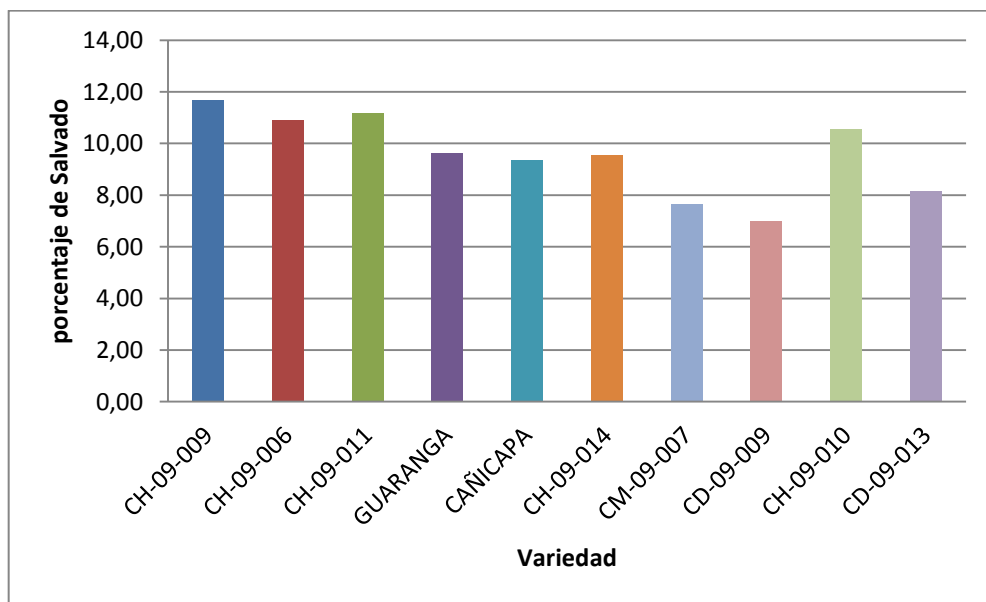
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-7.- Porcentaje de Humedad (%H) de 10 genotipos de cebada



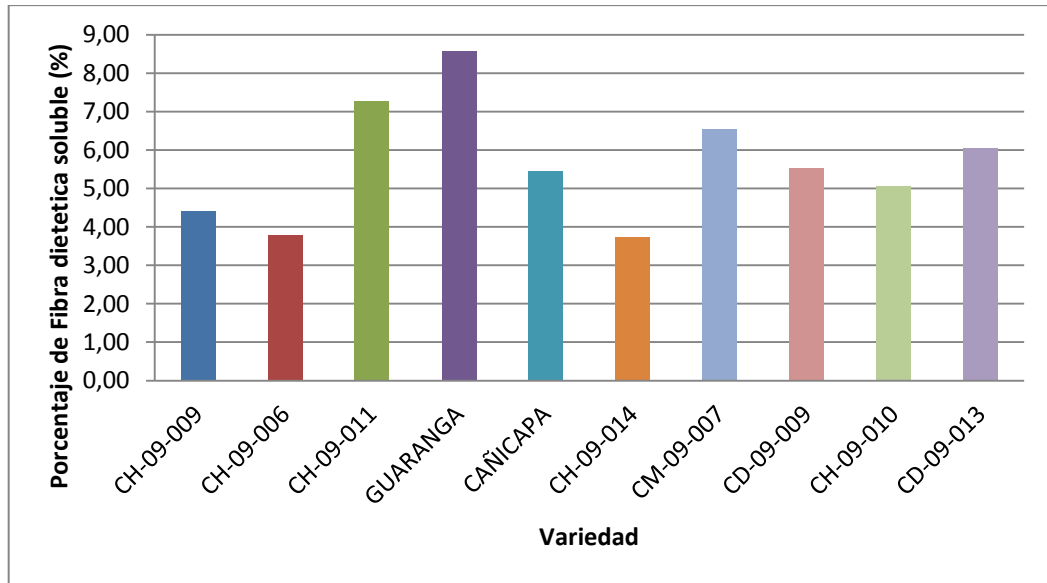
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-8.- Porcentaje de salvado de 10 genotipos de cebada nacional.



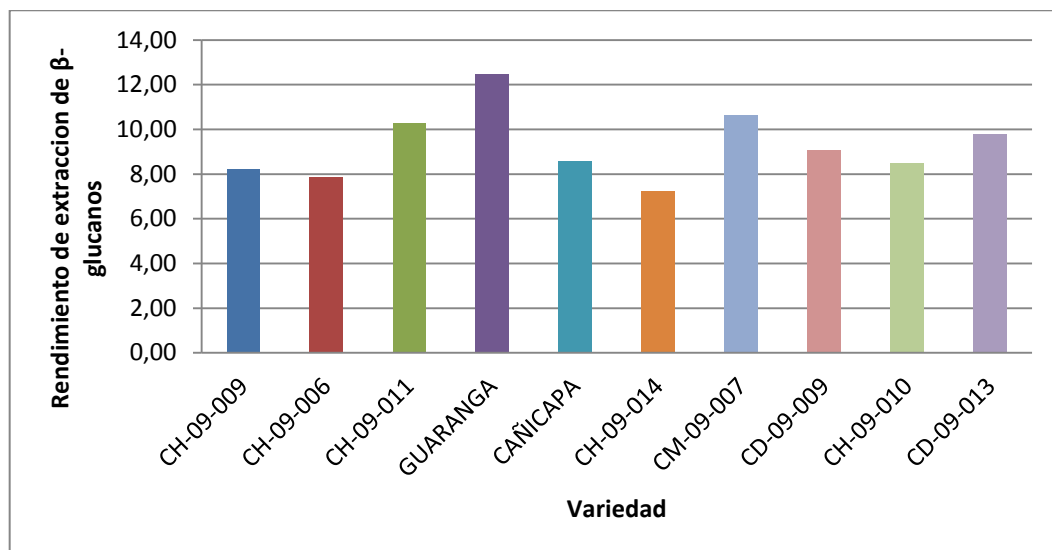
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-9.- Porcentaje de fibra dietética soluble en el salvado dos variedades y ocho líneas de cebada



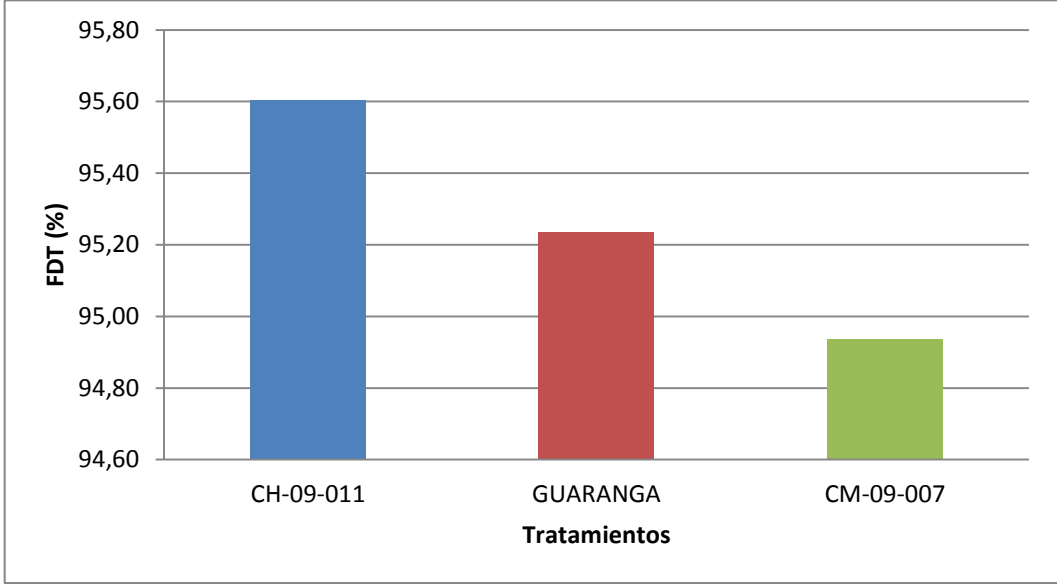
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-10.- Rendimiento de fibra dietética soluble a partir del salvado de 10 líneas/variedades de cebada



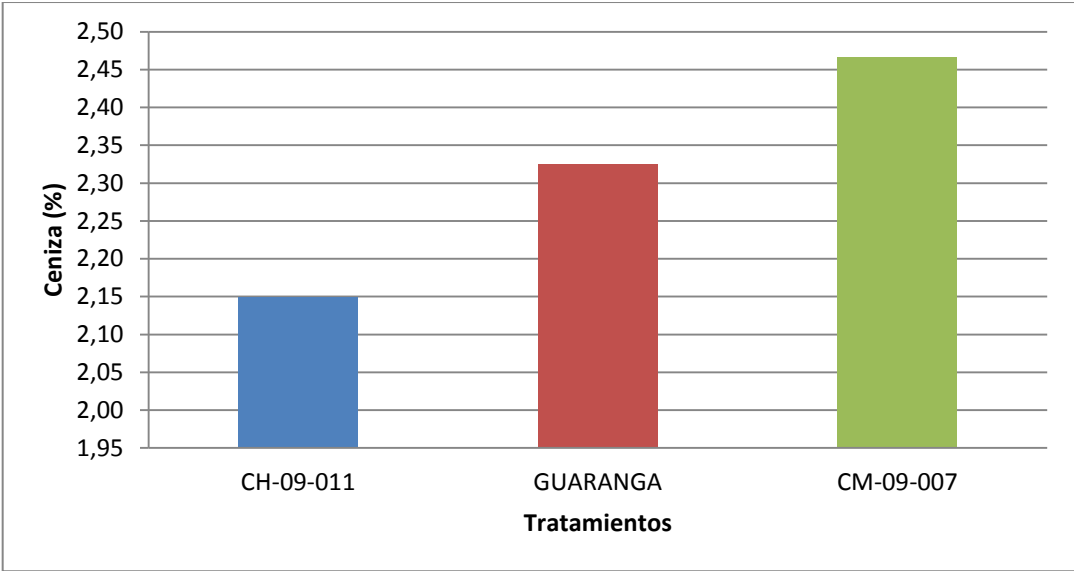
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-11.- Contenido de β -glucanos en la FDT de varios genotipos de cebada



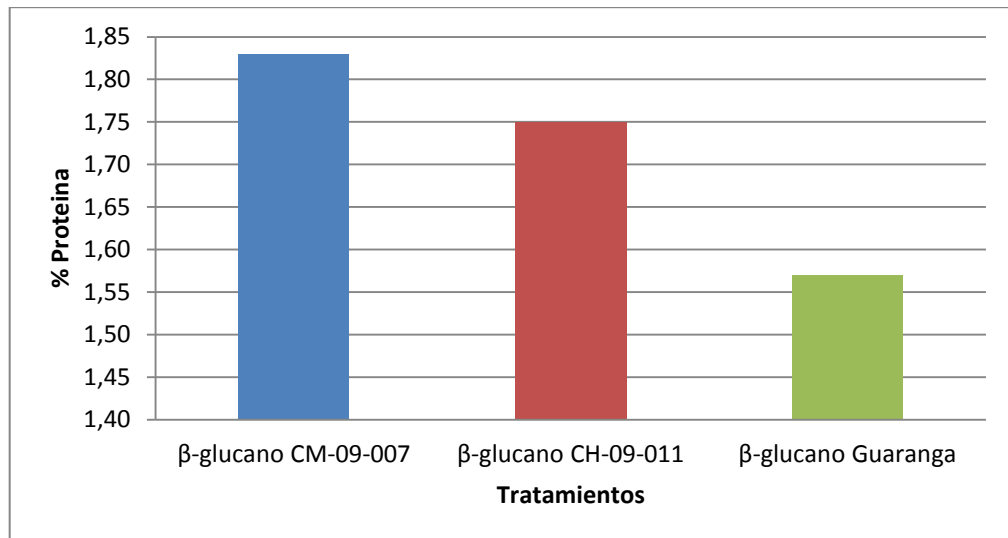
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-12.- Porcentaje de Ceniza en los extractos de β -glucano.



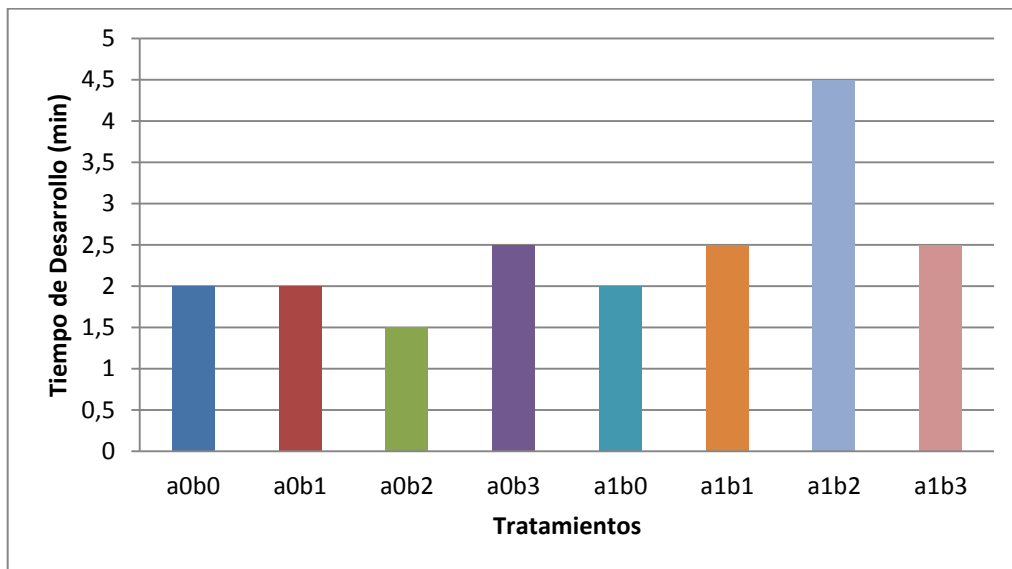
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-13.- Porcentaje de proteína en los extractos de β -glucano.



Elaborado por: Paúl González S., 2015

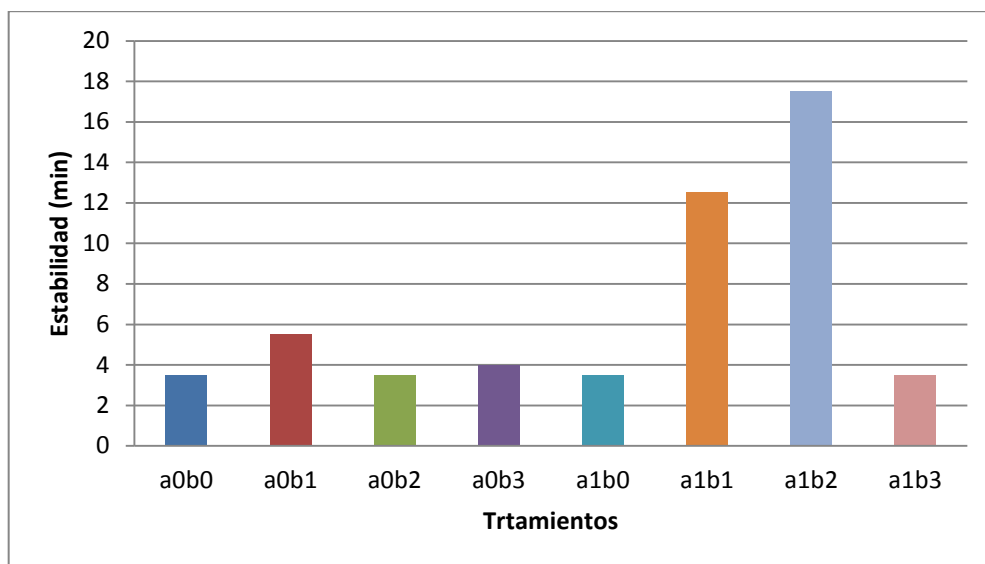
Gráfico E-14.- Tiempo de desarrollo de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos



a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Elaborado por: Paúl González S., 2015

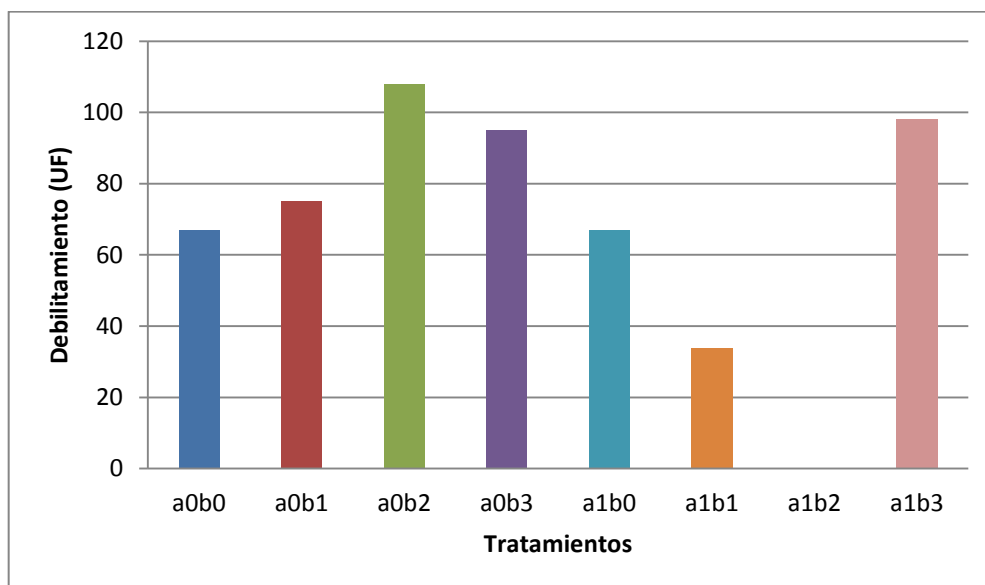
Gráfico E-15.- Tiempo de estabilidad de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos



a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

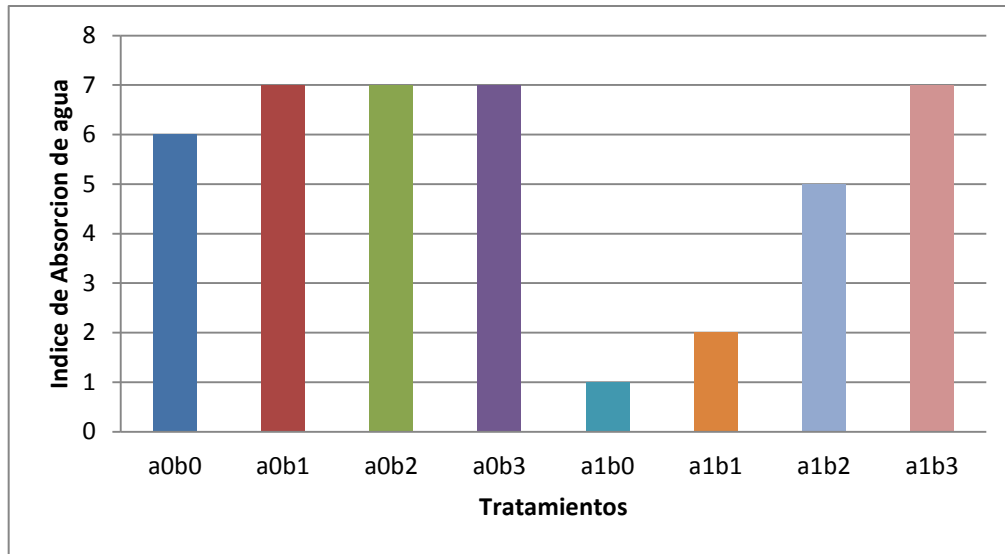
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-16.- Debilitamiento (UF) de harinas sustituidas y con inclusión de β -glucanos



Elaborado por: Paúl González S., 2015

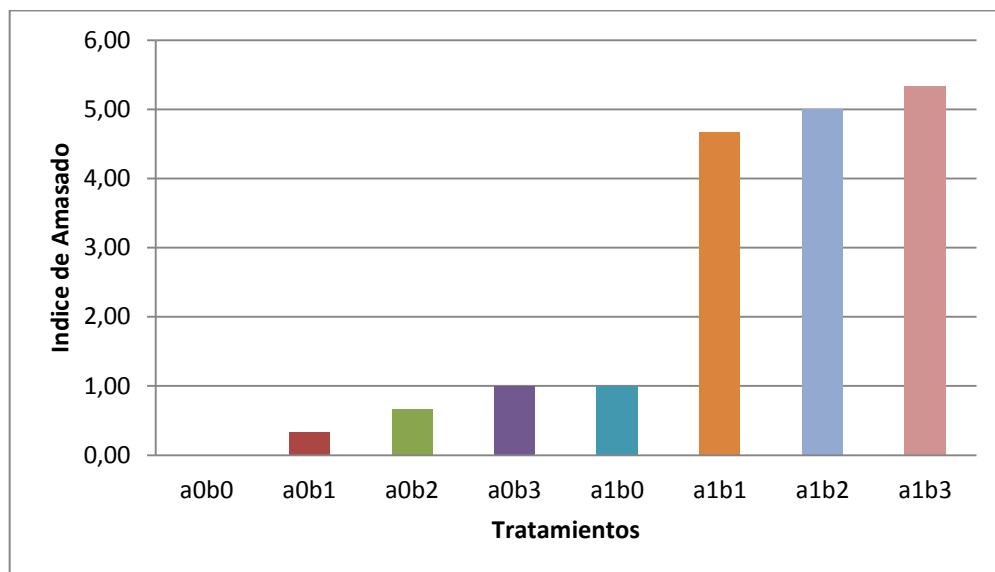
Gráfico E-17.- Índice de Absorción de Agua



a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

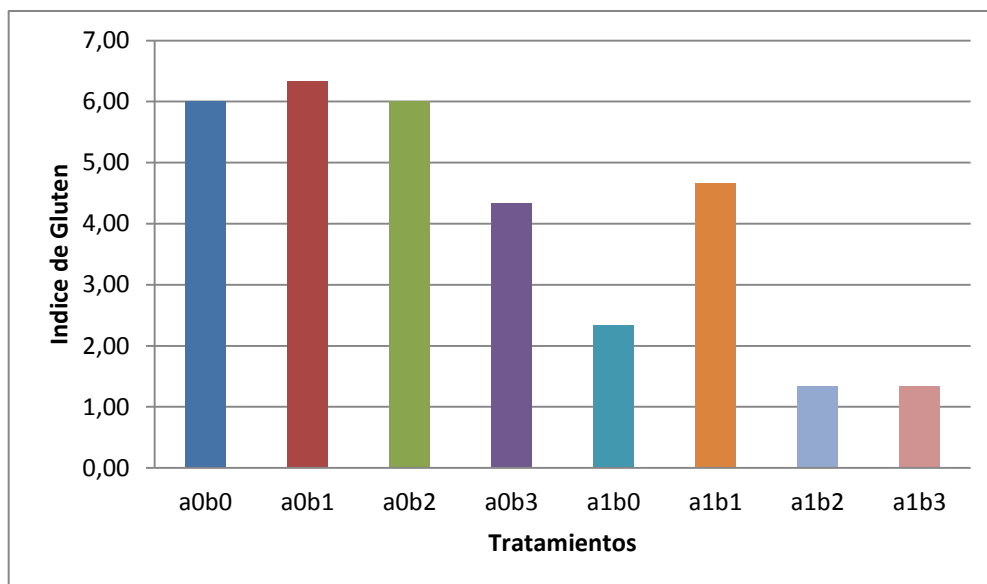
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-18.- Índice de Amasado de varias mezclas de harina con inclusión de B-glucanos



Elaborado por: Paúl González S., 2015

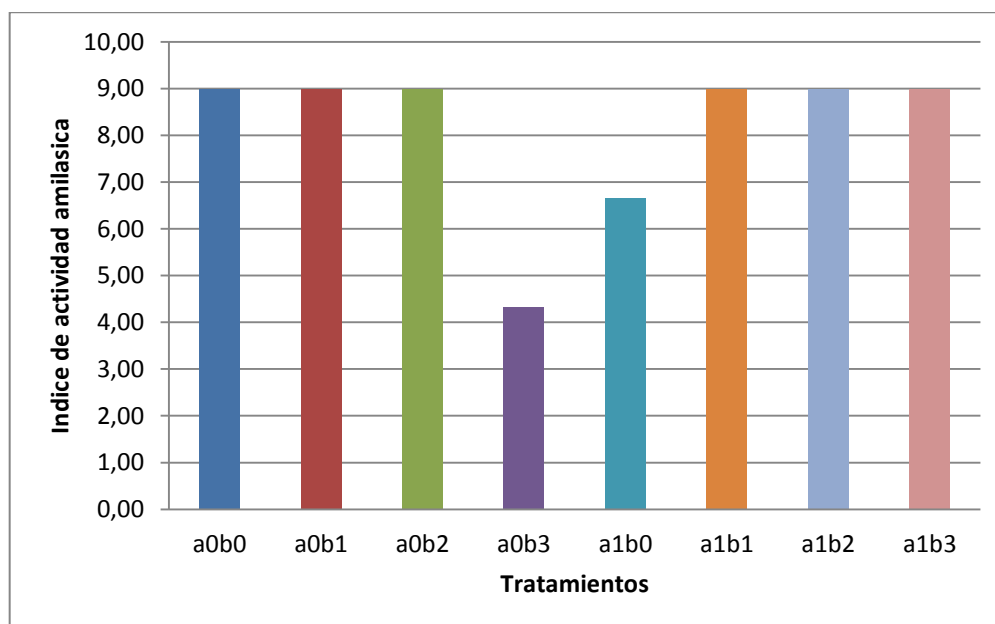
Gráfico E-19.- Índice de Gluten para varias mezclas de harina



a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinua + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

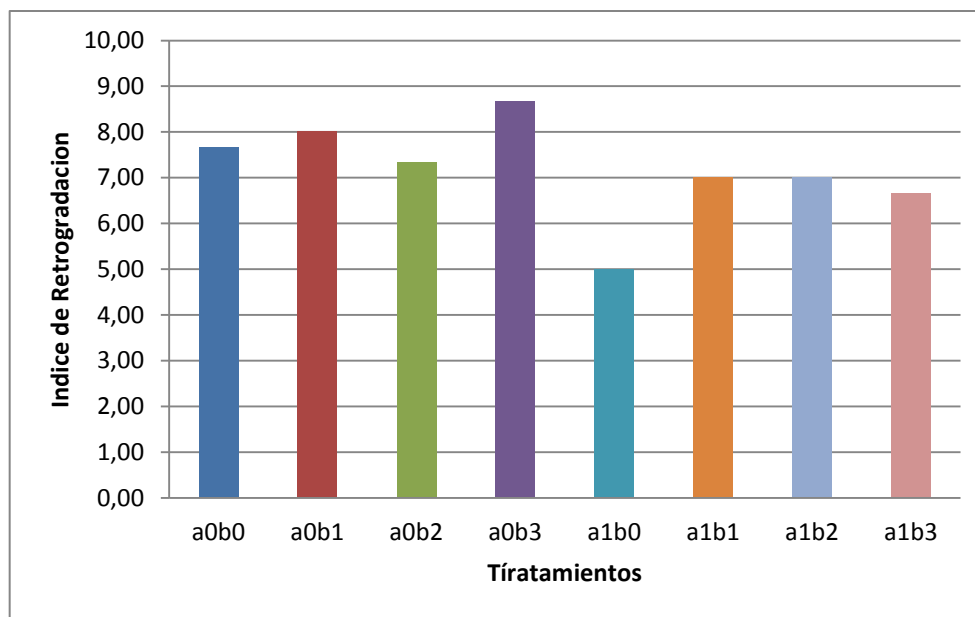
Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-20.- Índice de Resistencia amilásica.



Elaborado por: Paúl González S., 2015

Gráfico E-21.- Retrogradación del almidón para varias mezclas de harinas



a0b0 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena (Testigo); a0b1 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 1% de β -glucanos; a0b2 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 2% de β -glucanos; a0b3 = 40 % de H. Trigo + 60% Maicena + 3 % de β -glucanos; a1b0 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena; a1b1 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 1% β -glucanos; a1b2 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 2% β -glucanos; a1b3 = 40 % de H. Trigo + 30% H. Quinoa + 30% Maicena + 3% β -glucanos.

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Figura E-1.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 0% de Beta-glucanos

MIXOLAB

LACONAL
 AV. LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 18013 AMBATO
 ECUADOR
 Téléphone :593 + 32400998



0,60

LACONAL-19214489_S_8

Date : 07/15/2014 Hour: 16:52

Sample :

Water absorption : 60.5 % base 14% (b14)

Moisture content : 12.8 %

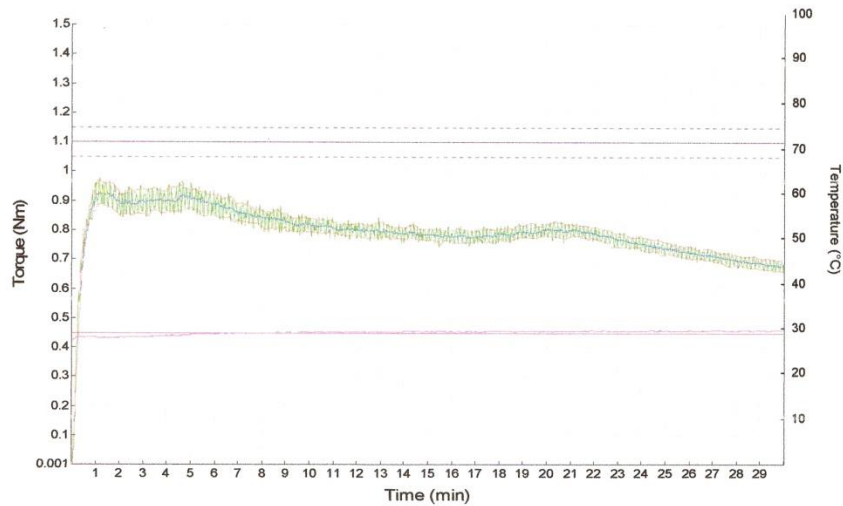
Protocol : Chopin S

Dough weight : 75.0 g

Tank temperature : 30.0 °C

Mixing speed : 80 rpm

	Chopin S
Water absorption	59.6 %
Development Time	3.5 min
Stability	10.5 min
Softening (FU Equ.)	67 FU
Softening (Nm)	0.15 Nm
Cmax	0.93 Nm



LACONAL

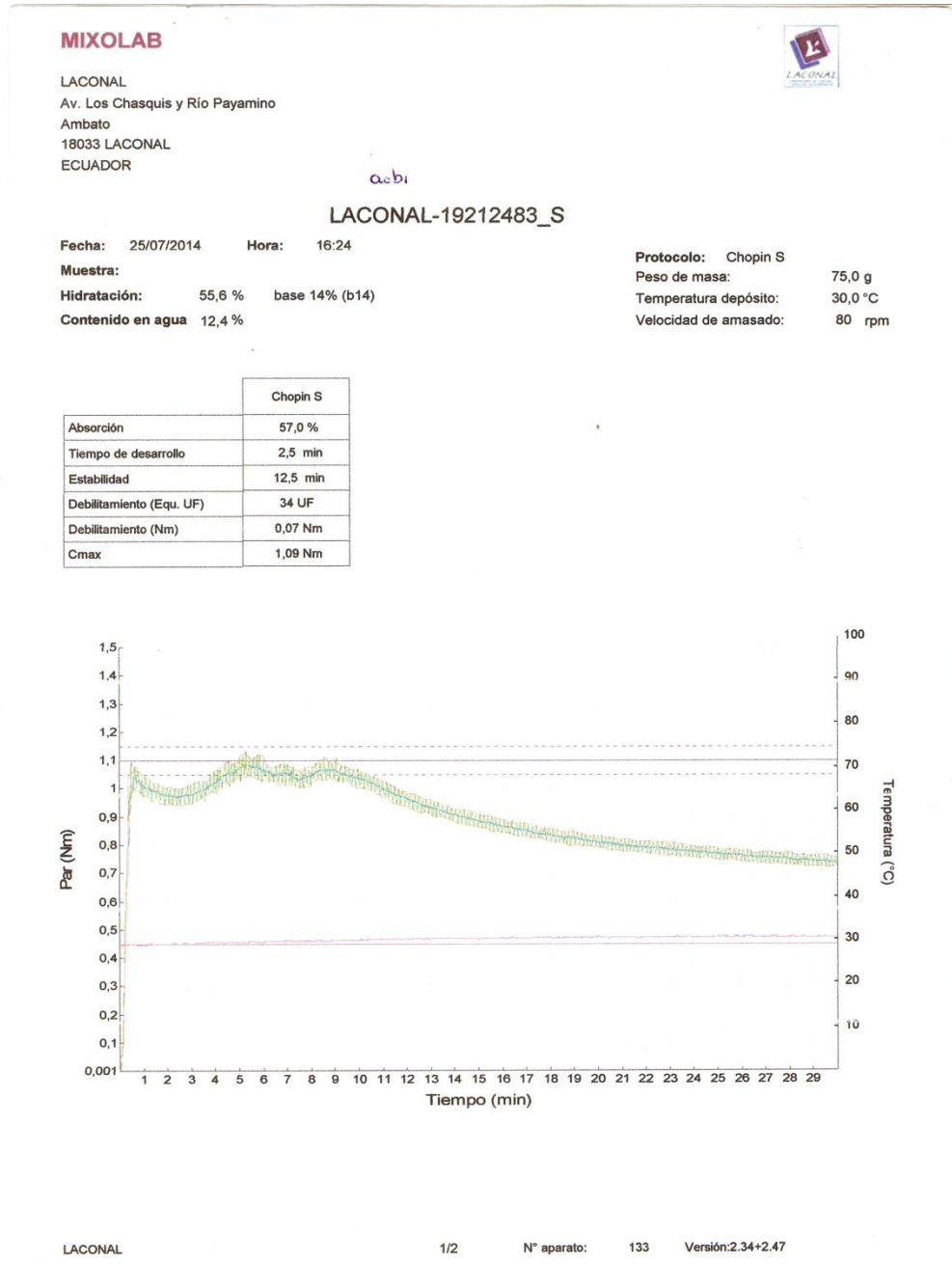
1/2

Apparatus No : 133

Version :2.34+2.47

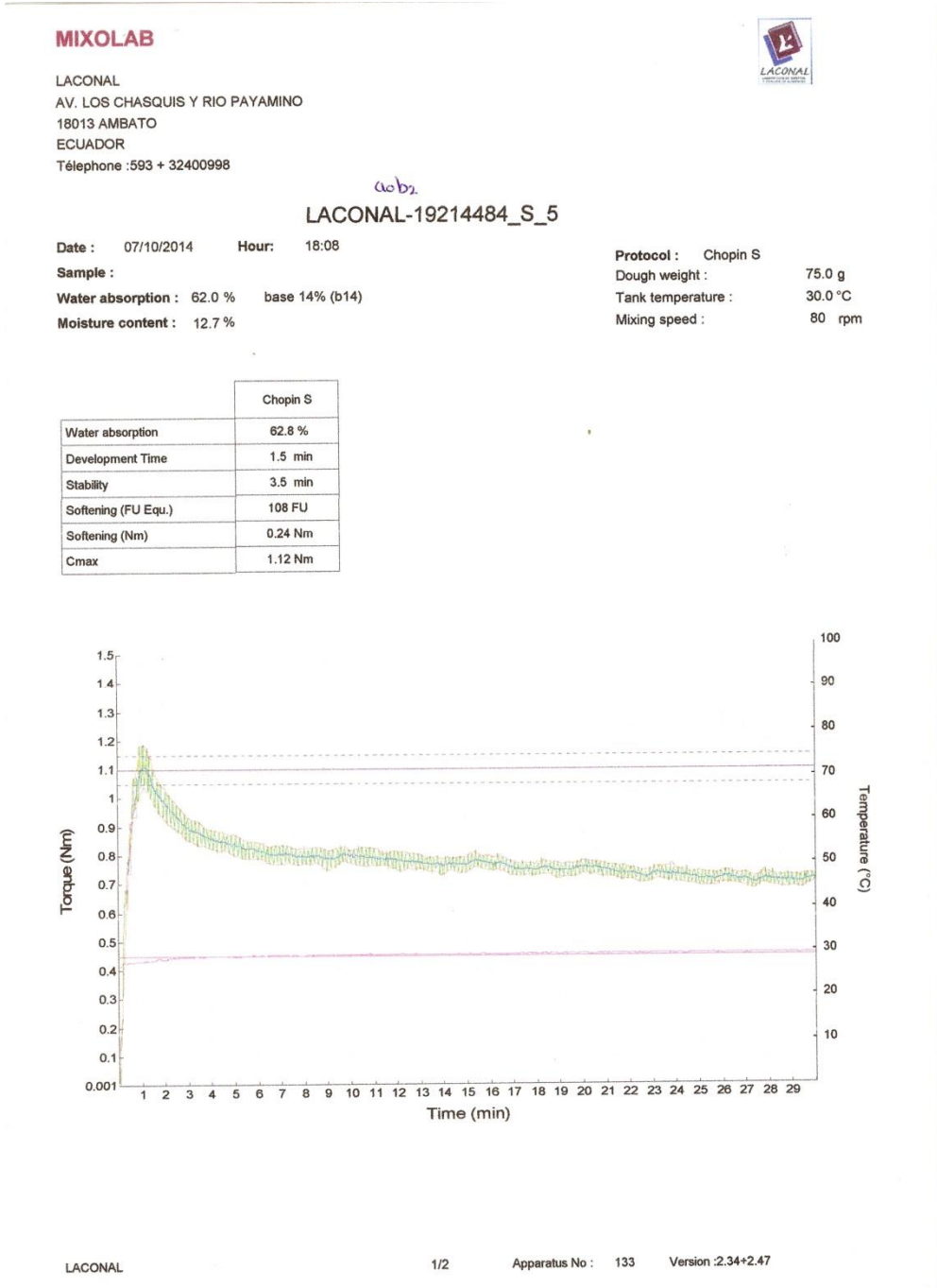
Fuente: Mixolab Simulator

Figura E-2.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 1% de Beta-glucanos



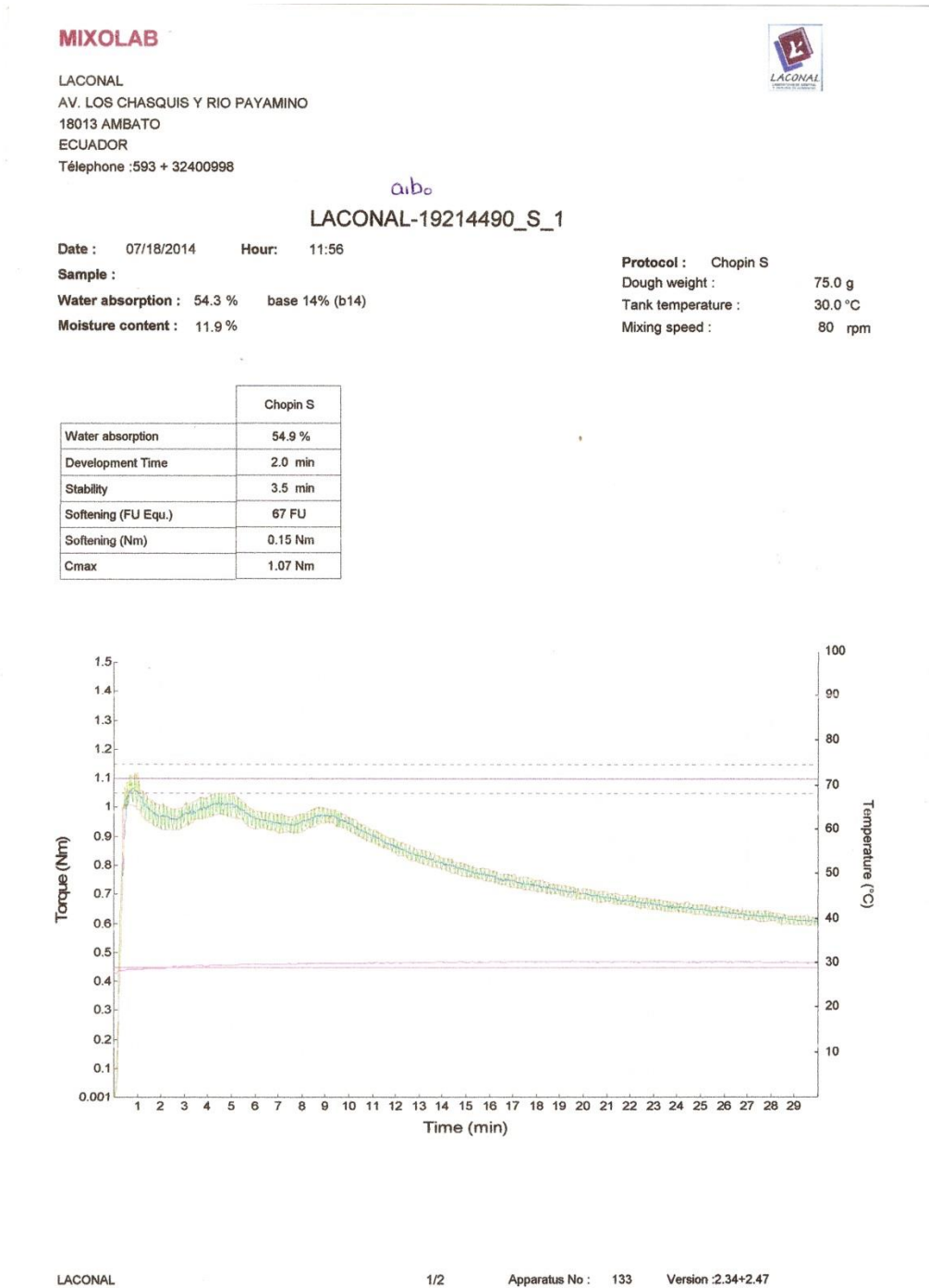
Fuente: Mixolab Simulator

Figura E-3.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 2% de Beta-glucanos



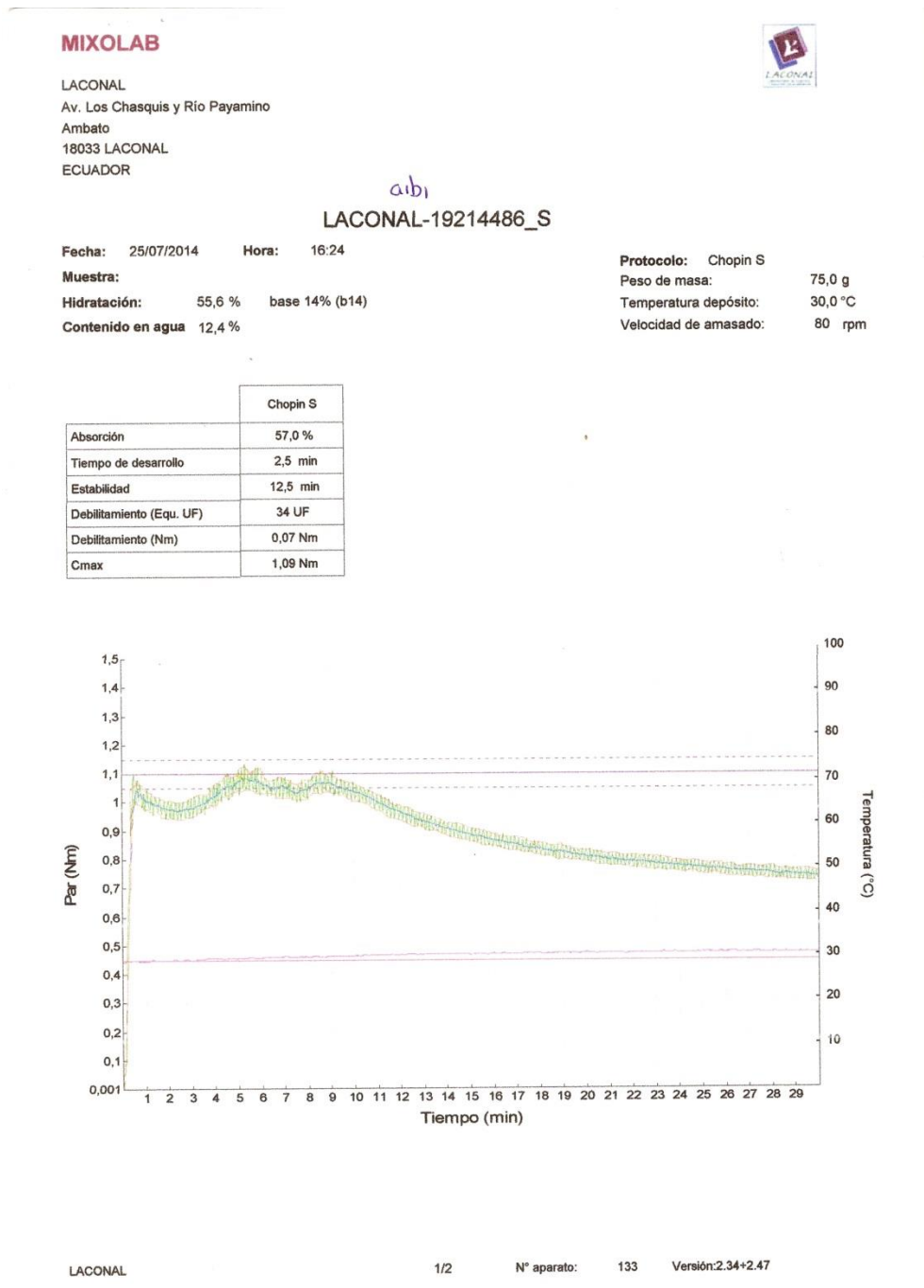
Fuente: Mixolab Simulator

Figura E-5.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinua (30%) y 0% de Beta-glucanos



Fuente: Mixolab Simulator

Figura E-6.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinua (30%) y 1% de Beta-glucanos



Fuente: Mixolab Simulator

Figura E-7.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinua (30%) y 2% de Beta-glucanos

MIXOLAB

LACONAL
 Av. Los Chasquis y Río Payamino
 Ambato
 18033 LACONAL
 ECUADOR



aib2

LACONAL-19214487_S_2

Fecha: 01/01/2008 Hora: 04:51

Muestra:

Hidratación: 59,2 % base 14% (b14)

Contenido en agua 12,2 %

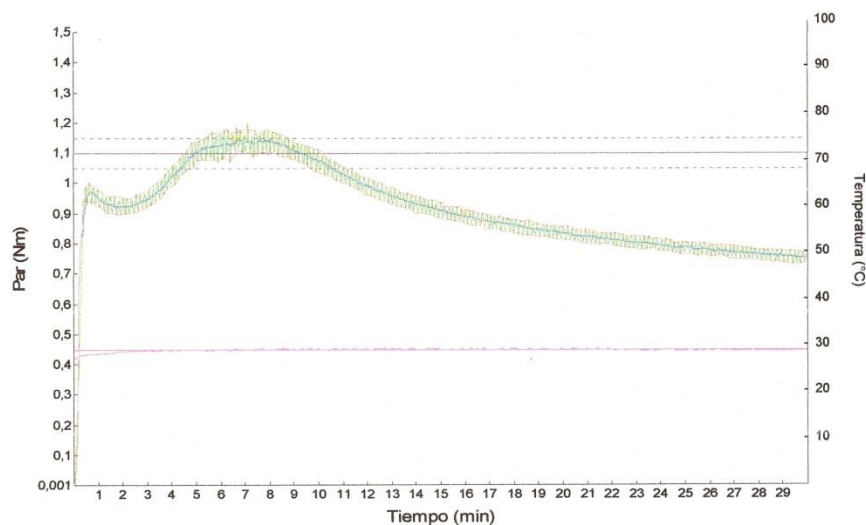
Protocolo: Chopin S

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Chopin S
Absorción	61,3 %
Tiempo de desarrollo	4,5 min
Estabilidad	17,5 min
Debilitamiento (Equ. UF)	0 UF
Debilitamiento (Nm)	0,00 Nm
Cmax	1,15 Nm



LACONAL

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab Simulator

Figura E-8.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinua (30%) y 3% de Beta-glucanos

MIXOLAB

LACONAL
 Av. Los Chasquis y Río Payamino
 Ambato
 18033 LACONAL
 ECUADOR

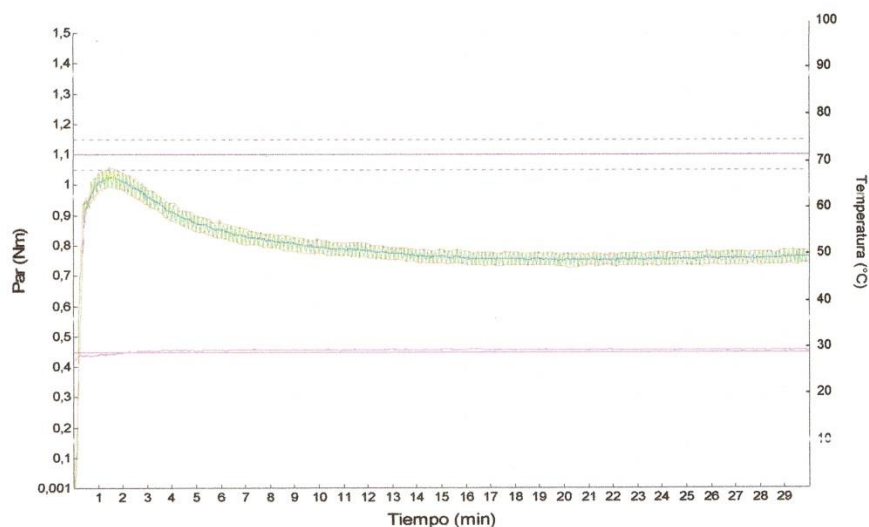


aib3
 LACONAL-19212488_S

Fecha: 01/01/2008 Hora: 03:29
 Muestra:
 Hidratación: 60,4 % base 14% (b14)
 Contenido en agua 11,5 %

Protocolo: Chopin S
 Peso de masa: 75,0 g
 Temperatura depósito: 30,0 °C
 Velocidad de amasado: 80 rpm

	Chopin S
Absorción	60,3 %
Tiempo de desarrollo	2,5 min
Estabilidad	3,5 min
Debilitamiento (Equ. UF)	98 UF
Debilitamiento (Nm)	0,22 Nm
Cmax	1,03 Nm



LACONAL

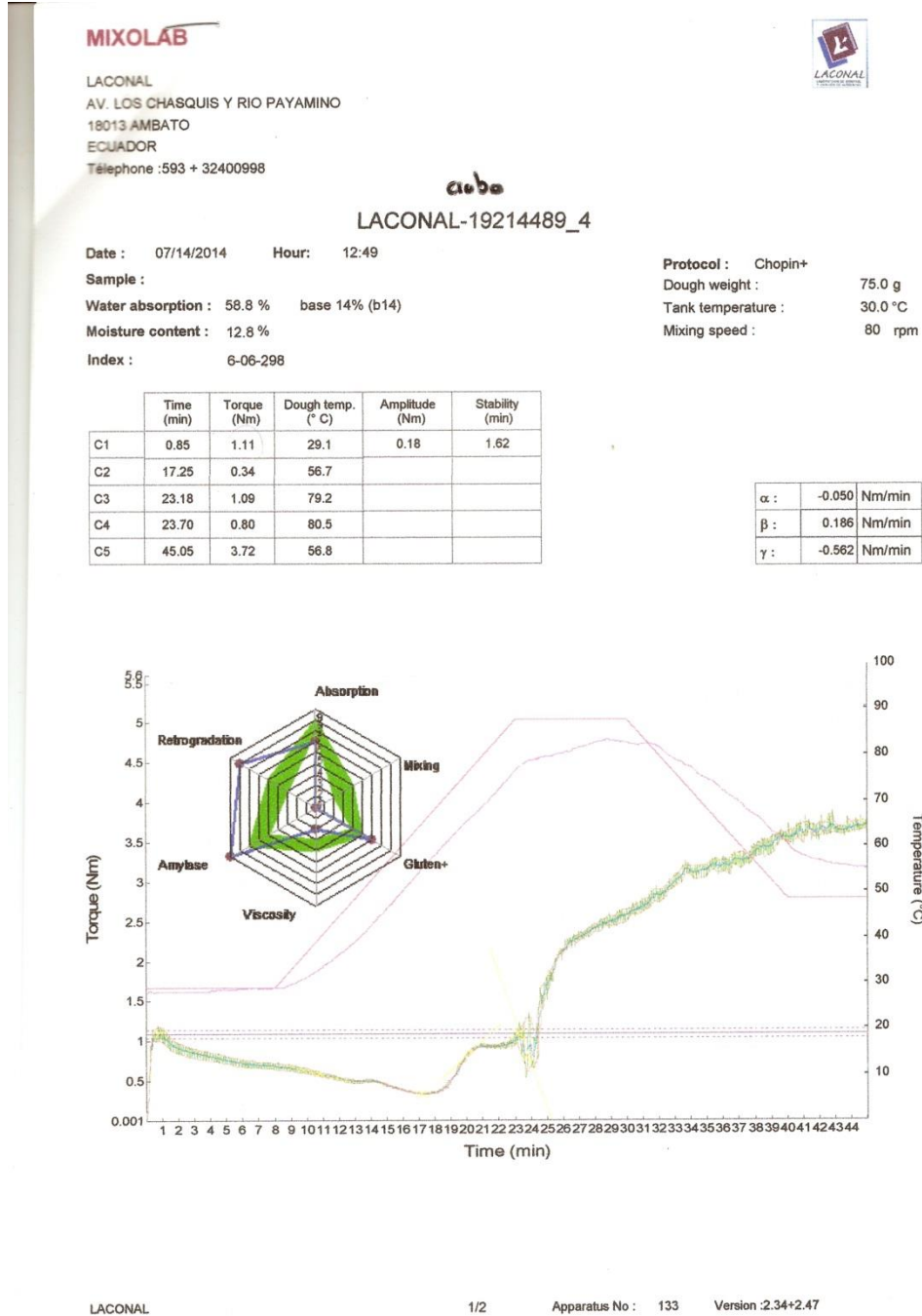
1/2

N° aparato: 133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab Simulator

Figura E-9.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 0% de Beta-glucanos



Fuente: Mixolab CHOPIN

Figura E-10.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 1% de Beta-glucanos

MIXOLAB

LACONAL
 Av. Los Chasquis y Río Payamino
 Ambato
 18033 LACONAL
 ECUADOR



LACONAL-19214483_9

Fecha: 25/07/2014 Hora: 17:22

Muestra:

Hidratación: 60,4 % base 14% (b14)

Contenido en agua 13,0 %

índice: 7-06-898

Protocolo: Chopin+

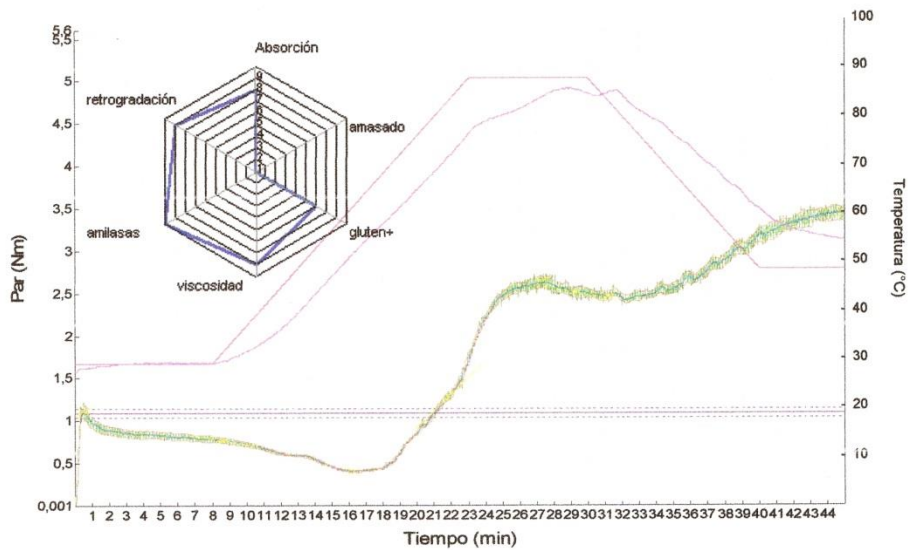
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	0,50	1,12	29,0	0,14	1,02
C2	16,25	0,41	53,2		
C3	27,32	2,65	86,1		
C4	31,23	2,47	87,2		
C5	45,03	3,46	56,1		

α :	-0,034	Nm/min
β :	0,194	Nm/min
γ :	-0,032	Nm/min



LACONAL

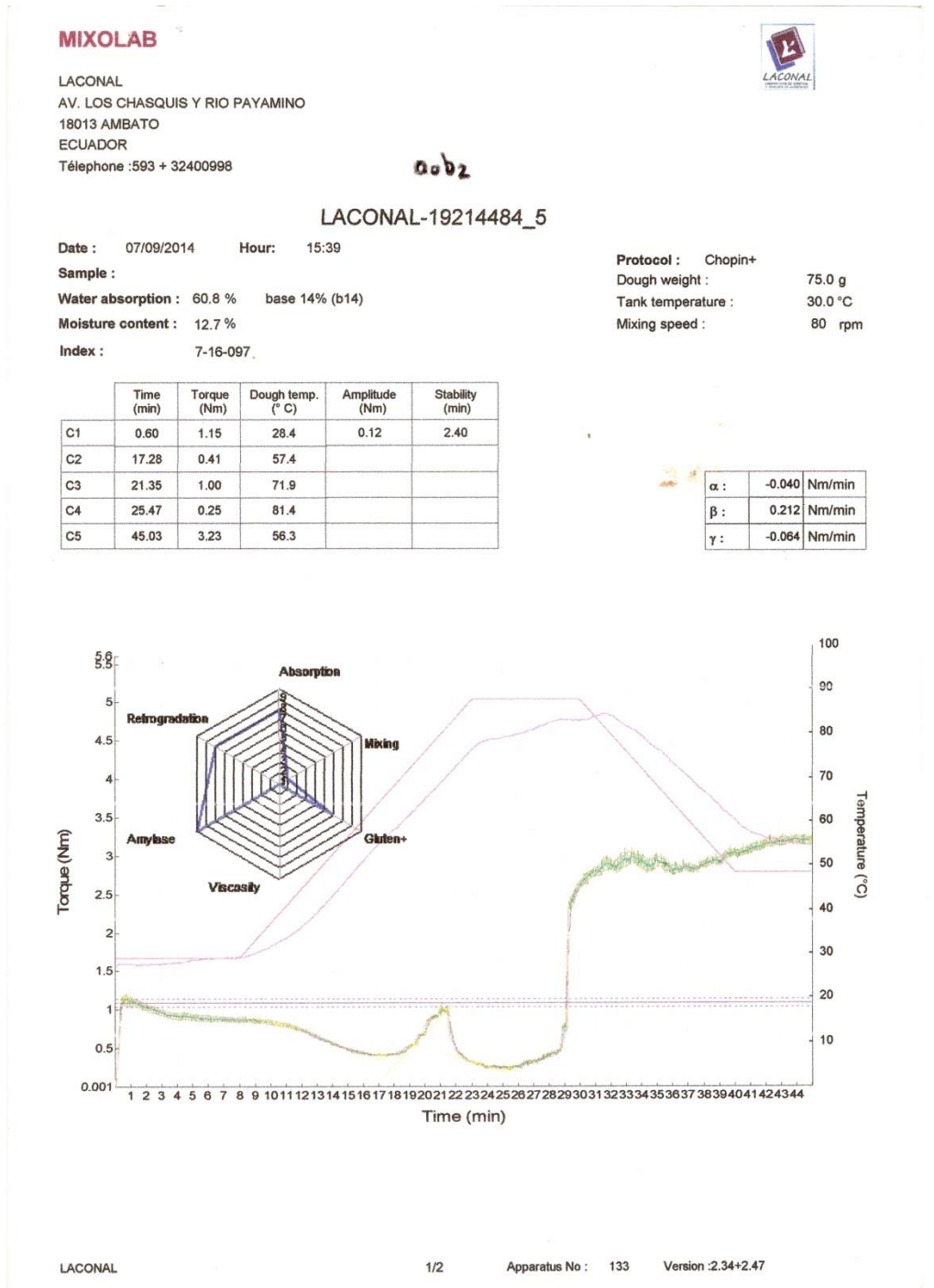
1/2

N° aparato: 133

Versión:2.34+2.47

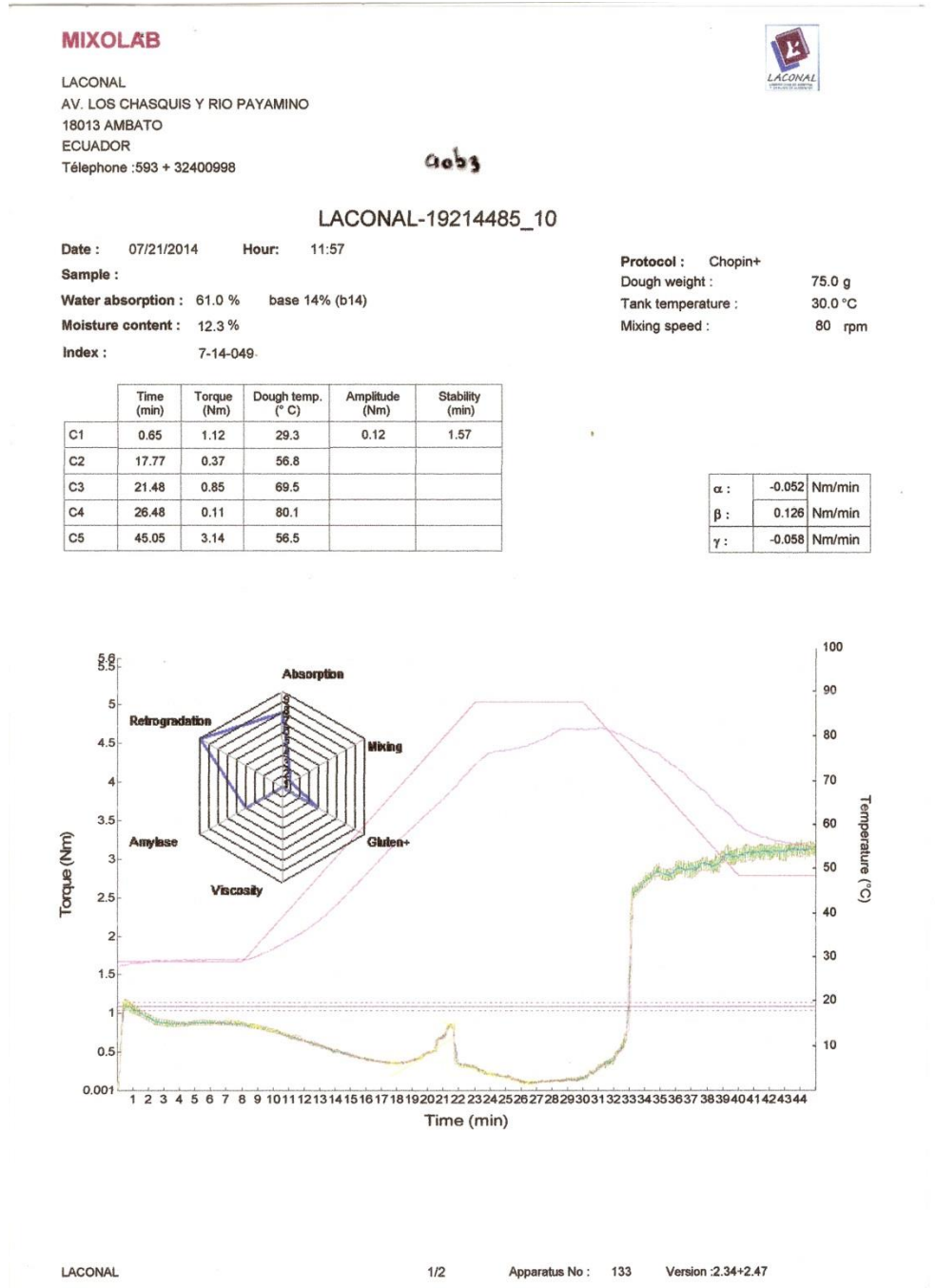
Fuente: Mixolab CHOPIN

Figura E-11.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 2% de Beta-glucanos



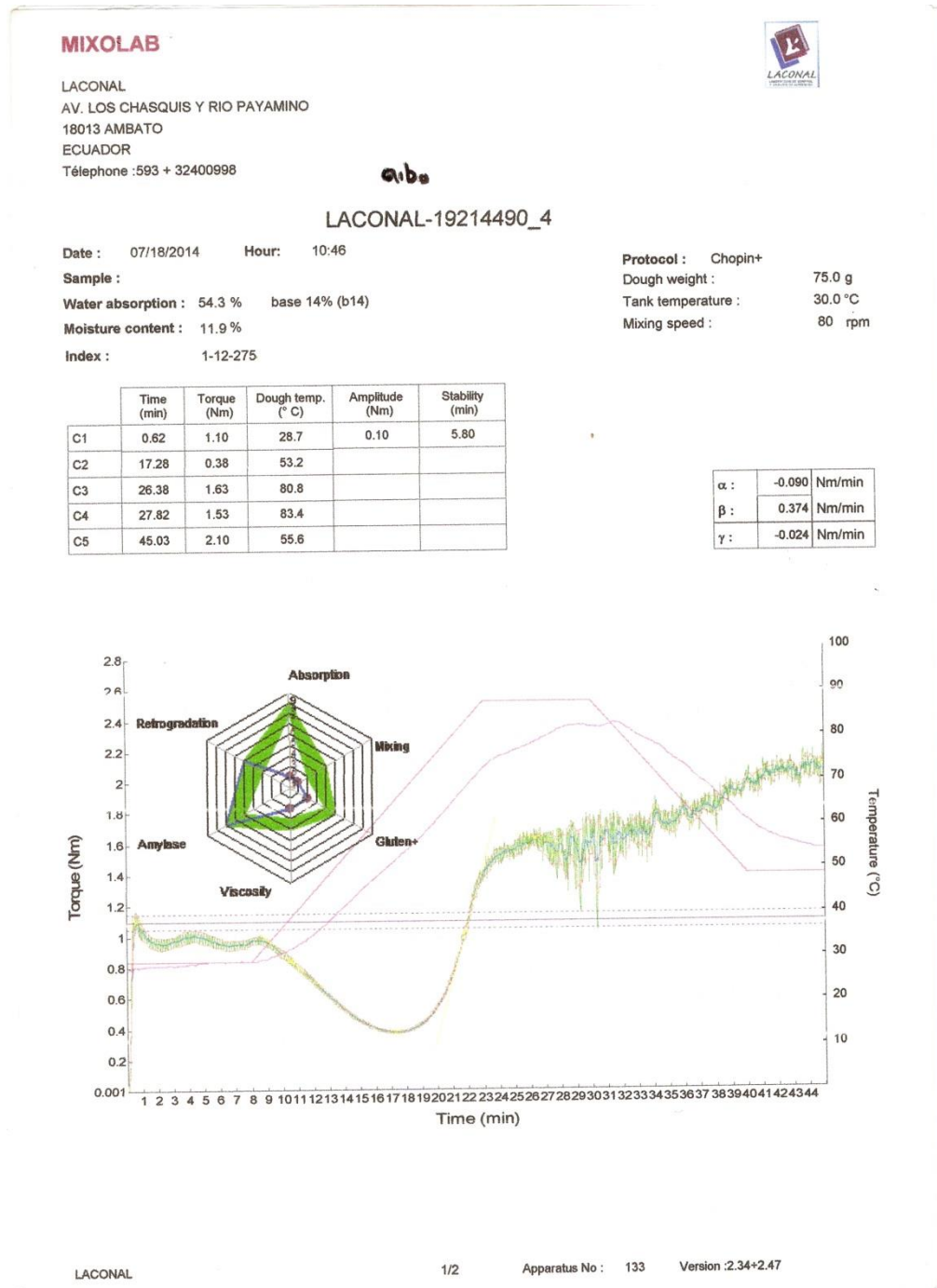
Fuente: Mixolab CHOPIN

Figura E-12.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), con Almidón de maíz (60%) y 3% de Beta-glucanos



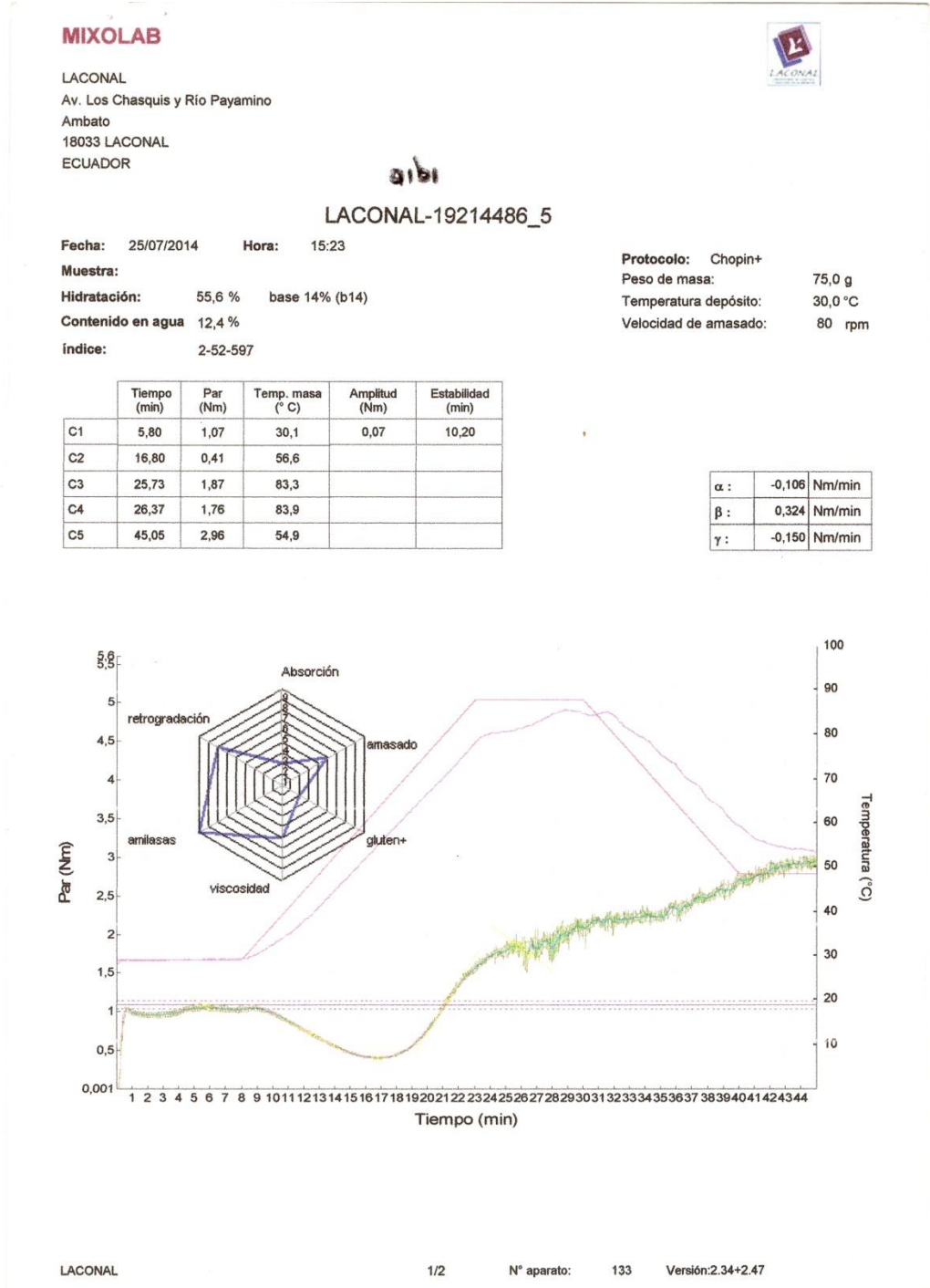
Fuente: Mixolab CHOPIN

Figura E-13.- Mixolab: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinoa (30%) y 0% de Beta-glucanos



Fuente: Mixolab CHOPIN

Figura E-14.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinua (30%) y 1% de Beta-glucanos



Fuente: Mixolab CHOPIN

Figura E-15.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinua (30%) y 2% de Beta-glucanos

MIXOLAB

LACONAL
 AV. LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 18013 AMBATO
 ECUADOR
 Telephone :593 + 32400998



o.b.1

LACONAL-19214487_1

Date : 07/18/2014 Hour: 14:35

Sample :

Water absorption : 58.3 % base 14% (b14)

Moisture content : 12.2 %

Index : 5-51-797

Protocol : Chopin+

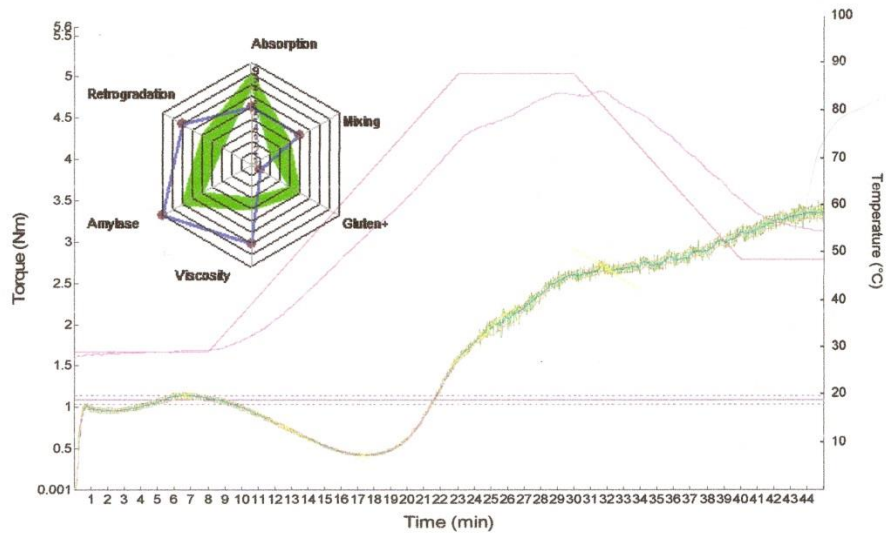
Dough weight : 75.0 g

Tank temperature : 30.0 °C

Mixing speed : 80 rpm

	Time (min)	Torque (Nm)	Dough temp. (° C)	Amplitude (Nm)	Stability (min)
C1	6.62	1.15	30.2	0.07	9.57
C2	17.35	0.43	54.5		
C3	31.72	2.73	86.4		
C4	32.20	2.66	85.5		
C5	45.03	3.39	56.2		

α :	-0.104	Nm/min
β :	0.194	Nm/min
γ :	-0.126	Nm/min



LACONAL

1/2

Apparatus No : 133

Version :2.34+2.47

Fuente: Mixolab Simulator

Figura E-16.- Farinograma: 40 % Harina de Trigo (40%), Almidón de maíz (30%), Harina de Quinua (30%) y 3% de Beta-glucanos

MIXOLAB

LACONAL
 Av. Los Chasquis y Río Payamino
 Ambato
 18033 LACONAL
 ECUADOR



LACONAL-19212488_1

Fecha: 01/01/2008 Hora: 02:19

Muestra:

Hidratación: 60,4 % base 14% (b14)

Contenido en agua 11,5 %

índice: 7-51-897

Protocolo: Chopin+

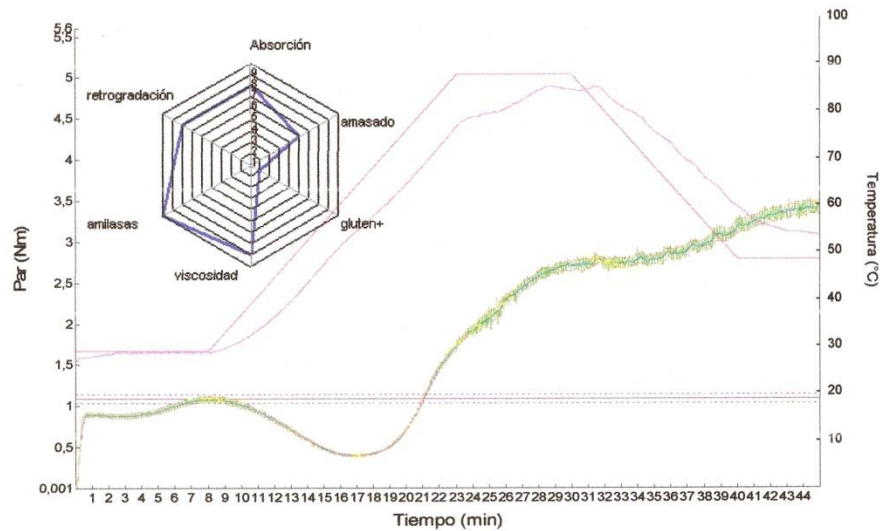
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7,95	1,09	29,7	0,07	5,98
C2	17,12	0,40	56,4		
C3	31,57	2,80	87,4		
C4	32,73	2,73	83,9		
C5	45,05	3,46	55,2		

α :	-0,004	Nm/min
β :	0,176	Nm/min
γ :	-0,052	Nm/min



LACONAL

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab Simulator

ANEXOS F

COSTOS Y

RENDIMIENTOS

ANEXO F-1

RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Kg del producto final}}{\text{Kg de materia prima}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{12,45}{100} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 12,45\%$$

ANEXO F-2

COSTOS DE EXTRACCIÓN

Tabla F-2.1. Costo de materiales directos e indirectos

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Afrechillo	gr	100, 00	0, 04	0, 04
Etanol	ml	5000, 00	1, 50	7, 50
Metanol	ml	167, 00	1, 50	0, 25
Cloroformo	ml	333, 00	3, 00	1, 00
Agua destilada	ml	2571, 00	0, 63	1, 62
Hidróxido de Sodio	gr	16, 00	87, 69	0, 70
TOTAL				11, 11

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-2.2. Costo de materiales directos e indirectos

Suministros				
Servicios	Unidad	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía eléctrica	Kw/h	300	0, 10	30
Agua	m ³	5	0, 72	3,6
Gas	Unidad	1	2, 50	2,5
SUMA				36,1

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-2.3. Costo Utensilios y equipos.

Utensilios y Equipos						
	Unidad	Costo Unitario	Costo total	Vida útil años	Costo Anual	Costo Día
Balanza Analítica	1	400, 00	400,00	10	40	0, 11
Centrifuga	1	550, 00	550,00	10	55	0, 15
Cocina Industrial	1	280, 00	280,00	10	28	0, 08
Congelador	1	950, 00	950,00	10	95	0, 26
Ollas de acero inoxidable	2	45, 00	90,00	10	9	0, 02
Tubos para centrifuga	10	1, 50	15,00	10	1,5	0, 00
Membranas para diálisis	1	15, 00	15,00	10	1,5	0, 00
Liofilizador	1	5000, 00	5000,00	10	500	1, 37
Reflux	1	300, 00	300,00	10	30	0, 08
Utensilios	1	100, 00	100,00	5	20	0, 05
SUMA						2, 14

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-2.4. Costo de mano de obra.

Mano de Obra Directa								
Personal	Sueldo (\$)	Año (\$)	Decimo 3ero (\$)	Decimo 4to (\$)	IESS (\$)	Total Año (\$)	Total día (\$)	Total hora (\$)
Jefe de Planta	500,00	6000,00	500,00	317,26	56,10	7373,36	29,49	3,69

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-2.5. Costo de producción

COSTO DE PRODUCCIÓN	Costo día (\$)
Materiales directos e indirectos	11,11
Suministros	36,10
Utensilios y Equipos	2,14
Mano de Obra	29,49
TOTAL	78,84

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-2.6. Costo total del Producto

COSTO TOTAL	Valor Total (\$)
Costo por gramo	6, 33
Utilidad 30%	3, 42
Imprevistos 5%	0, 57
Costo de venta de cada gramo	10, 32

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO F-3

RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Kg del producto final}}{\text{Kg de materia prima}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{427,418}{437,75} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 97,64\%$$

ANEXO F-4
COSTOS DE PRODUCCIÓN

Tabla F-4.1. Costo de materiales directos e indirectos

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Harina de Trigo	gr	100	0, 18	0, 18
Almidón de maíz	gr	150	0, 28	0, 42
Huevos	Unidades	1, 50	0, 15	0, 23
Mantequilla	gr	100	0, 52	0, 52
Azúcar	gr	75	0, 19	0, 14
Esencia de Vainilla	ml	2,5	0, 84	0, 02
Polvo de hornear	gr	5	1, 19	0, 05
Bicarbonato de Sodio	gr	1, 25	0, 20	0, 03
β-glucanos	gr	2, 5	10, 32	25, 81
TOTAL				27, 38

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-4.2. Costo de materiales directos e indirectos

Suministros				
Servicios	Unidad	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía eléctrica	Kw/h	300	0, 10	30
Agua	m ³	10	0, 72	7, 2
Gas	Unidad	1	2, 50	2, 5
SUMA				39, 7

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-4.3. Costo Utensilios y equipos.

Utensilios y Equipos						
	Unidad	Costo Unitario	Costo total	Vida útil años	Costo Anual	Costo Día
Balanza de plataforma	1	380, 00	380,00	10	38	0, 10
Moldes	1	3, 64	3,64	10	0, 364	0, 00
Espatula	1	2, 60	2,60	10	0, 260	0, 00
Bolillo	2	2, 00	4,00	10	0, 400	0, 00
Bandejas	2	4, 96	9,92	10	0, 992	0, 00
Tazon	1	2, 50	2,50	10	0, 250	0, 00
Batidora	1	15, 00	15,00	10	1, 500	0, 00
Horno	1	449, 00	449,00	10	44, 900	0, 12
Utensilios	1	100, 00	100,00	5	20	0, 05
SUMA						0, 29

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-4.4. Costo de mano de obra.

Mano de Obra Directa								
Personal	Sueldo (\$)	Año (\$)	Decimo 3ero (\$)	Decimo 4to (\$)	IESS (\$)	Total Año (\$)	Total día (\$)	Total hora (\$)
Jefe de Planta	500,00	6000,00	500,00	317,26	56,10	7373,36	29,49	3,69
Laboratorista 1	317,26	3807,12	317,26	317,26	35,60	4794,50	19,18	2,40
SUMA						12167,86	48,67	6,08

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-4.5. Costo de producción

COSTO DE PRODUCCIÓN	Costo día (\$)
Materiales directos e indirectos	25, 81
Suministros	39, 70
Utensilios y Equipos	0, 29
Mano de Obra	48, 67
TOTAL	114, 47

Elaborado por: Paúl González S., 2015

Tabla F-4.6. Costo total del Producto

COSTO TOTAL	Valor Total (\$)
Costo por empaque	21, 43
Utilidad 30%	6, 43
Imprevistos 5%	1, 07
Costo de venta por empaque 80 gr	28, 92
Precio Por alfajor	1, 15

Elaborado por: Paúl González S., 2015

ANEXO G

FOTOGRAFÍAS

ANEXO G-1. Recepción de las líneas/variedades de cebada



ANEXO G-2. Escarificador



ANEXO G-3. Salvado



ANEXO G-4. Molino



ANEXO G-5. Muestra molida y pesada

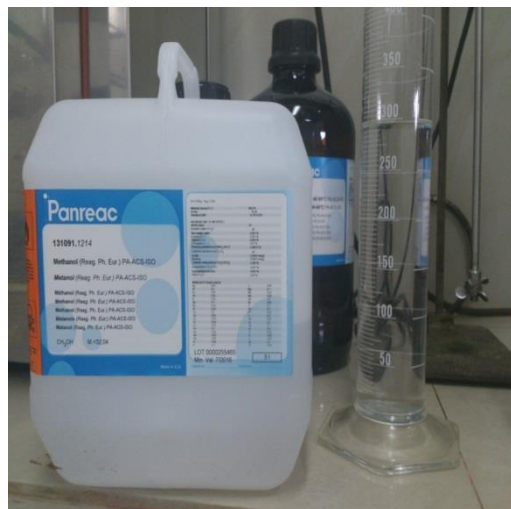


ANEXO G-6. Equipos y Reactivos utilizados para la extracción

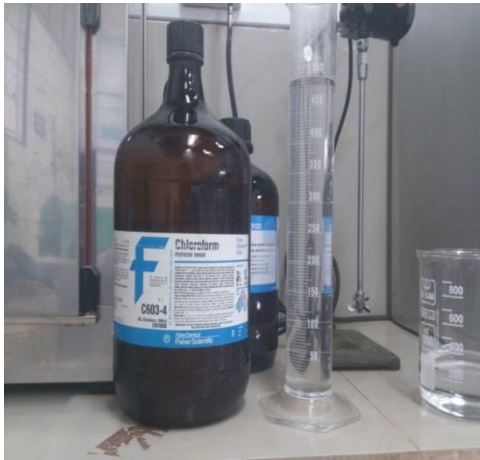
ANEXO G-6.1. Etanol



ANEXO G-6.2. Metanol



ANEXO G-6.3. Cloroformo



ANEXO G-6.4. Hidróxido de Sodio



ANEXO G-6.5. Vórtex



ANEXO G-6.6. Centrifuga



ANEXO G-6.7. Balanza

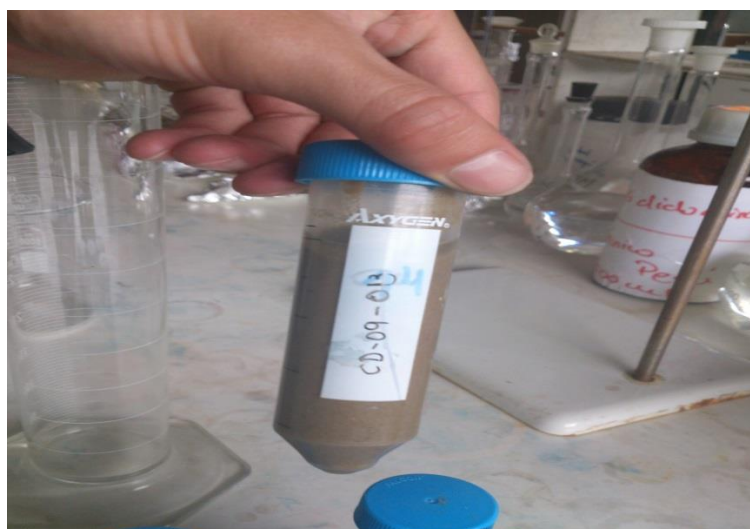


ANEXO G-6.7. Liofilizador

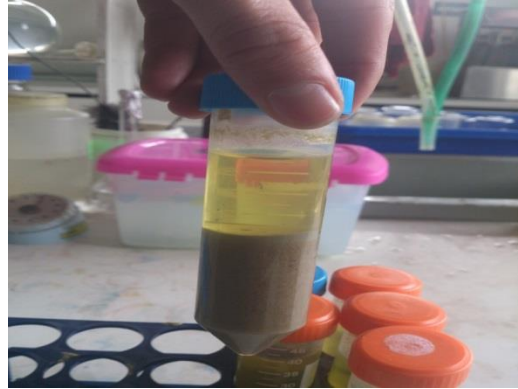


ANEXO G-7. Proceso de extracción

ANEXO G-7.1. Lavados con etanol



ANEXO G-7.2. Residuo y sobre nadante



ANEXO G-7.3. Cocción



ANEXO G-7.4. Suspensión



ANEXO G-7.5. Dializado



ANEXO G-7.6. Liofilizado



ANEXO G-8. Fibra Dietética.

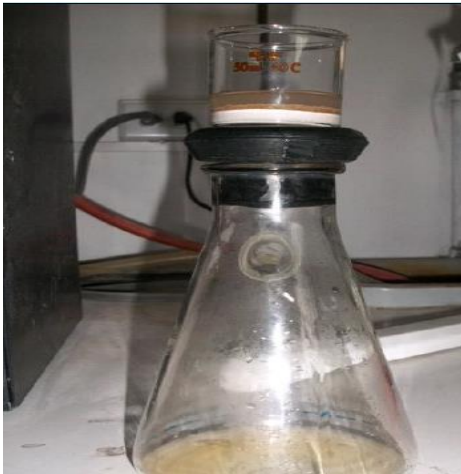
ANEXO G-8.1. Soluciones



ANEXO G-8.2. Kit Megazyme para FDT



ANEXO G-8.3. Filtración



ANEXO G-8.4. Incubado

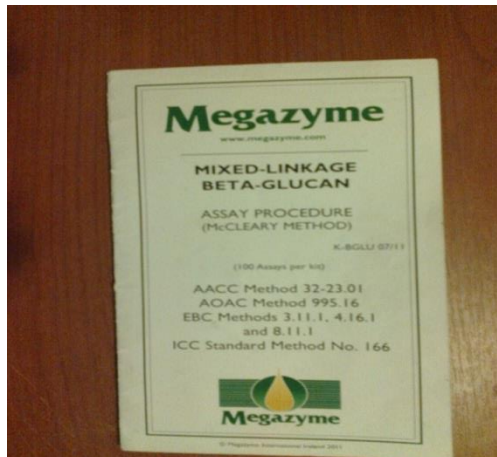


ANEXO G-8.5. Pesado



ANEXO G-9. Determinación de Beta-glucanos

ANEXO G-9.1. Kit Megazyme para cuantificación de beta glucanos



ANEXO G-9.1. Lectura de la absorbancia por medio de un espectrofotómetro



ANEXO G-10. Determinación de Cenizas

ANEXO G-10.1. Mufla

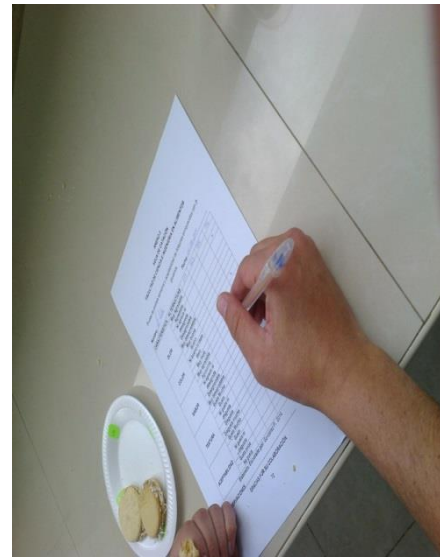


ANEXO G-11. Mixolab



ANEXO G-12. Cataciones





ANEXO G-13. Alfajores

