



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Implementación de la técnica Micro-kjeltec para la obtención
de proteína en harina de trigo, mediante un equipo Foss
semiautomatizado.**

TRABAJO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:

Nydia Lizette Hernández López

ASESORA:

I.A. DULCE MARÍA OLIVER HERNÁNDEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

¿Acaso de veras se vive
con raíz en la tierra?
Nada es para siempre:
Solo un poco aquí
Aunque sea de jade se quiebra,
Aunque sea de Oro se rompe
No para siempre en la tierra:
Solo un poco aquí

Nezahualcóyotl

MarDank.....siempre serán mi más grande proyecto de vida.

Gracias Otto (Papá) por todo el apoyo de vida, por tu amor y tu comprensión... eres mi más hermosa estrella en el cielo, TE AMO.

Gracias Mamá, por el apoyo, los consejos y tu sabiduría, todo esto que vez, lo que he logrado nunca lo hubiera hecho sin ti, infinitas gracias, TE AMO.

Gracias a mis abuelitos, a mi tío, a mi familia por siempre estar.

Gracias a la UNAM por que me llevo lo mejor de ella, en ella sin duda pase los mejores años de mi vida.

Gracias por esas amistades que perduran con los años, y a pesar de las distancias Gaby, Kathia, Aline, Nazareth las quiero amigas.

Infinitas gracias a todas aquellas personas que me han apoyado en lo profesional y en lo personal en especial aquellas que ya no están en este plano terrenal.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DEPARTAMENTO DE

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo o práctica profesional.**

Implementación de la técnica Micro-kjeltec para la obtención de proteína en harina de trigo, mediante un equipo Foss semiautomatizado.

Que presenta la pasante: **Nydia Lizette Hernández López**
Con número de cuenta: **402026893** a presentar el: **Trabajo o práctica profesional.**
para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
VOCAL	Dra. María del Carmen Valderrama Bravo	
SECRETARIO	I.A. Dulce María Oliver Hernández	
1er. SUPLENTE	Dr. Enrique Martínez Manrique	
2do. SUPLENTE	I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

LMCF/javg

ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen	10
Introducción	12
Capítulo 1. Antecedentes	14
1.1 Trigo	14
1.1.1 Estructura del grano del trigo	16
1.1.2 Clasificación de Trigo	17
1.1.3 Composición Química del Trigo	17
1.2.0 Harina de Trigo	18
1.2.1 Obtención de la Harina de Trigo	19
1.2.2 Composición Química de la Harina de Trigo	21
1.2.3 Características físicas	21
1.2.4 Clasificación de las Harinas	22
1.2.4.1 Subproductos Obtenidos de la molienda de Trigo	22
1.3 Control de Calidad	24
Capítulo 2. Ámbito Labora	28
2.1 Fabrica de Harías Elizondo	28
2.2 Experiencia Profesional	29
Capítulo 3. Desempeño Profesional	33
3.1 Análisis Fisicoquímicos	33
3.1.1 Humedad	33
3.1.2 Cenizas	34
3.1.3 Gluten	35
3.1.4 Índice de Blancura	36
3.1.5 Granulometría	37
3.1.6 Almidón Dañado	37
3.1.7 Falling Number	38
3.1.8 Microbiología	39
3.1.8.1 Cuenta Total	39
3.1.8.2 Coliformes totales	39
3.1.8.3 Mohos y Levaduras	40
3.1.8.4 Preparación de las muestras microbiológicas	40

3.1.8.5 Vomitoxinas	41
3.1.8.6 Aflatoxinas	43
3.1.9 Pruebas Texturales	46
3.1.9.1 Alveografo de Chopin	46
3.1.9.2 Farinografo de Brabender®	52
3.1.9.3 Extensografo de Brabender®	55
3.1.9.4 Viscoamylagrafo de Brabender®	57
Capítulo 4. Determinación de Proteínas	59
Conclusiones	72
Recomendaciones	73
Referencias	74

ÍNDICE DE FIGURAS

No.		Página
1	Estructura del grano del Trigo	16
2	Diagrama de bloques para la obtención de la harina	19
3	Organigrama de la Empresa	30
4	Equipo para determinación de humedad	33
5	Mufla	35
6	Glutomatic semiautomático Perten	36
7	Colorímetro	36
8	Rotap	37
9	Sdmatic	38
10	Falling Number de Perten	39
11	Alveografo de Chopin	46
12	Esquema del soporte de la compuerta de salida de la masa	47
13	Base metálica para aplastar los plastones	47
14	Rodillo para aplanar los plastones	47
15	Cortadora de masa para formar galletas	48
16	Cámara de fermentación	48
17	Alveograma	49
18	Farinografo	52
19	Farinograma	54
20	Extensografo	56
21	Gráfico de un extensografo	56
22	Visco-amylografo	57
23	Gráfico de un visco-amylografo	58
24	Clasificación de las proteínas de la harina	60
25	Diagrama de análisis de proteína micro kjeltec mediante un equipo Foss kjeltec™ 8400	62
26	Visor de la pantalla táctil del kjeltec™ 8400	65
27	Menú del sistema de iconos de la pantalla	66
28	Sistema de menú	66
29	Edición	67

ÍNDICE DE TABLAS

No.		Página
1	Composición química del trigo	17
2	Vitaminas del trigo	17
3	Minerales del trigo	18
4	Principales componentes de la harina de trigo	21
5	Microorganismos	27
6	Resultados de validación de porcentaje de humedad	34
7	Características de fuerza de las harinas de acuerdo con los resultados de la Fuerza (W), obtenido en el Alveograma	50
8	Características de los valores de P	50
9	Características de los valores de L	50
10	Características de los valores de P/L	51
11	Características de los valores de G	51
12	Clasificación de las harinas para su utilización según su porcentaje de proteínas	60
13	Factores para la obtención de % de proteína a partir de nitrógeno	69

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	Nombre de la figura	Página
1	Factor de corrección de cenizas al 14%	77
2	Corrección de peso de la muestra al 14% de base húmeda para Falling Number	78
3	Preparación de soluciones	79

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la recopilación de los ensayos que se lleva a cabo en el Laboratorio de control de calidad de Fábrica de Harinas Elizondo , los ensayos que se describen son con la finalidad de validar que las harinas que se producen cuentan con los parámetros adecuados, que son de óptima calidad para el cliente y para el uso que se está requiriendo, se hace énfasis en la implementación de un equipo semiautomático para la determinación de proteínas en las harinas de trigo.

Conocer las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del producto nos ayuda para asegurar nuestros objetivos de calidad e inocuidad propuestas en la empresa, la satisfacción del cliente y entregas oportunas, así como para cumplir con normas y requerimientos legales.

Es un trabajo que está enfocado en la descripción de las técnicas que se llevan a cabo para conocer los parámetros fisicoquímicos, reológicos y microbiológicos de las harinas de trigo fabricadas en la empresa, ensayos que son reproducibles, repetibles, confiables y hasta cierto punto pueden ser acreditables ante una entidad mexicana de acreditación (EMA).

Principalmente la técnica de proteína, ya que es una técnica de método primario que valida otros aparatos o técnicas.

El Método Micro-kjeltec es una técnica que requiere de precisión y estandarización de las soluciones como las muestras y reactivos a utilizar, o esto nos puede arrojar resultados erróneos, por lo que se presenta básicamente resultados de muestras patrón adquiridas en instituciones certificadas con las que se demuestra que el equipo funciona correctamente y las soluciones que se utilizan están estandarizadas, los resultados son repetibles, reproducibles y en algún momento acreditables para el laboratorio.

El primer objetivo es dar una descripción breve de las técnicas fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas que se llevan a cabo en el laboratorio

El segundo objetivo es describir la implementación de la técnica, Micro-kjeltec, y funcionamiento del equipo para la obtención de proteína en harina de trigo, mediante un equipo Foss semi- automatizado; así como dar a conocer la importancia que tiene la proteína para poder determinar la calidad de las harinas.

Se incluirán el uso de los siguientes equipos dando un énfasis especial a su funcionamiento: Foss Tecator Digestor Auto, Foss Tecator Scrubber y Foss kjeltec 8400 Analyser Unit explicando la forma de uso, reacciones que se llevan a cabo, soluciones reactivas, su interpretación y el apoyo que han dado para la determinación de la calidad en harinas de panificación.

Ya que en la actualidad la proteína de las harinas son un parámetro de calidad que rige el mercado.

INTRODUCCIÓN

En Fábrica de harinas Elizondo un molino con más de 70 años en el mercado se han implementado mejoras continuas a lo largo de los años, en sus diferentes áreas y con ayuda de sus colaboradores la empresa ha logrado colocarse entre las más destacadas en calidad de sus productos.

Históricamente los cereales han sido los alimentos más importantes en la dieta humana y animal, debido a sus altas cualidades nutrimentales, por ello todas las civilizaciones que han habitado el planeta han tomado los cereales como fuente de vitaminas, minerales proteínas y otros nutrimentos (Astiazarán, 2003).

El trigo es el cereal más consumido a nivel mundial y de ahí obtenemos la harina de trigo, en el laboratorio de control de calidad de Fábrica de Harinas Elizondo es importante saber las propiedades fisicoquímicas, organoléptica, microbiológicas y reológicas de la harina para poder asegurar que el producto cumple con los estándares de calidad e inocuidad impuestos por la misma empresa, por algunos clientes o por la normatividad que se tiene que seguir.

El control de calidad en los alimentos es la utilización de parámetros tecnológicos, físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales para lograr que un alimento seas sano y sabroso con el objetivo de proteger al consumidor, tanto de fraude como de la salud

La calidad del trigo está regida por los efectos conjugados del clima y el suelo, así como las prácticas culturales que aplique el productor al cultivar, así es como se van presentando diferentes contenidos de proteína.

En el mercado de las harinas de trigo, la calidad panadera se asocia frecuentemente con los niveles de proteína, la cantidad y calidad del gluten y las propiedades reológicas de la masa, esas características van a determinar el precio, así como determina la funcionalidad que tendrá para realizar ciertos procesos tanto artesanales como mecanizados, así como el tipo de panificación a realizar, según sean las necesidades del cliente.

Por ese motivo se maneja una respuesta rápida y confiable a al parámetro de proteína, mediante la implementación de esta técnica de Micro-kjeltec, mediante un equipo semiautomatizado, que es confiable y veraz.

JUSTIFICACIÓN

El laboratorio de control de calidad de fábrica de harinas Elizondo, en el cual se realizan análisis fisicoquímicos, reológicos y microbiológicos de materia prima, producto terminado y subproducto, se utilizan diferentes pruebas como humedad, cenizas, tamaño de partícula, índice de color, Fuerza, extensibilidad, absorción, contenido de micotoxinas, contenido de microorganismos y proteína, son de vital importancia ya que permiten determinar el cumplimiento de las especificaciones tanto internas como de los clientes., y así poder liberar el producto terminado, ya que son características que son de vital importancia, para que cumplan con ciertos parámetros para un desarrollo de producto adecuado.

Las propiedades reológicas y fisicoquímicas juegan un papel importante en la calidad del producto y es necesario su determinación para poder prever el comportamiento de los distintos tipos de harina durante el proceso de pacificación (Quaglia, 1996).

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Los principales cereales utilizados en la alimentación humana son el trigo (*triticum vulgare*), la cebada (*Hordeum Vulgare*), el arroz (*Oryza sativa*), el maíz (*Zea mays*), el centeno (*Secale cereale*), el mijo y la avena (*Avena santiva*).

El trigo y el centeno son adecuados para fabricar productos de panadería, específicamente pan, y se les denomina cereales panificables (Astiasaran, 2003). El trigo probablemente es originario de Mesopotamia, es una de las gramíneas comestibles más antiguas. Hoy en día casi cada país tiene sus propios tipos adaptados a su región, clima y suelo.

La agricultura, sobre todo el cultivo de cereales proporcionaba al hombre, alimentos que podía guardar para consumirlos a lo largo del año.

La producción mundial de cereales para el 2020 llega a 2.742 millones de toneladas incluyendo en esa cifra el arroz, trigo y los cereales secundarios, (FAO,2020).

Históricamente los cereales han sido los alimentos más importantes en la dieta humana y animal, debido a sus altas cualidades nutrimentales, el cultivo de cualquier cereal es relativamente sencillo y de bajo costo, por ello todas las civilizaciones que han habitado el planeta han tomado los cereales como fuente de vitaminas, minerales proteínas y otros nutrimentos (Astiasaran, 2003).

Pertenecen a un grupo de plantas de la familia de las gramíneas presentes en prácticamente todos los países del mundo su importancia estriba en:

- Son fáciles de almacenar
- Son fáciles de transportar
- Se conservan por mucho tiempo
- Se transforman con facilidad en otros alimentos
- Se les puede utilizar como materia prima o como producto terminado

1.1 Trigo

La planta del trigo es un miembro de la familia de las gramíneas, que comprende 600 géneros y más de 5000 especies, aunque las gramíneas tienen gran diversidad de aspecto, presentan gran número de similitudes en la estructura de las raíces, los tallos y las hojas.

Todos los trigos sean silvestres o cultivados se hayan incluidos en el género *Triticum*. Del cual se conocen comúnmente 14 especies, y estas se dividen en 3 grupos: diploides (7 cromosomas), tetraploides (14 cromosomas) y hexaploides (21 cromosomas).

Los más antiguos vestigios encontrados datan de 6700 años A.C en el famoso emplazamiento neolítico de Jarno, sitio en el Irak septentrional, se encontraron restos carbonizados de granos de trigo, es el testimonio arqueológico que se tiene hasta ahora del uso del trigo como alimento humano (Aykroyd, 1970).

Los cultivos se extendieron hasta la Asia menor y la zona del mediterráneo y se calcula que durante el tercer milenio a.C. ya se cultivaba en toda Europa, hacia el 1200 a C. ya se cultivaba el toda China (Astiasarán, 2003).

Se ha afirmado que la semilla del trigo fue la semilla de la civilización, en un principio fue consumido simplemente crudo, posteriormente se tostaron los granos sobre piedras calientes de forma que se pudiera separar la cascarilla y más tarde se empezó a moler. Al principio de la molienda, se hacía colocando los granos entre 2 piedras y restregando una contra la otra, o se metía en un mortero a golpe de majadero, a estos instrumentos les sucedió el rabil que aplasta el grano entre las piedras cilíndricas, una que esta fija y otra que se gira a mano.

El rabil fue el predecesor del molino clásico, el molino hidráulico fue un invento Romano que se remota a 100 a.C, con la harina obtenida se hacían papillas o gachas y, más adelante una especie de tortas o galletas de harina amasada con agua que se cocían sobre piedras calientes, era pan sin fermentar que en la actualidad aún se sigue consumiendo en ciertas regiones.

Y entonces apareció el oficio de panadero.

El trigo es el nombre que se le da a aquella planta perteneciente a la familia de las gramíneas y que dispone de espigas terminales que están conformadas por 3 o más carreras de granos, otra vez de los cuales una vez triturados se obtiene harina.

1.1.1 Estructura del grano de trigo.

Las gramíneas poseen raíces fuertes y fibrosas de las que emergen tallos relativamente rígidos, tiene formación de un fruto que se llama cariósides, estas son separadas en el proceso de la trilla (Astiasarán, 2003)

1. Las cubiertas externas de carácter fibroso se conocen como *salvado* que constituye 14-16 % del grano, y está formado por varias capas que constituyen el pericarpio y la testa.
2. El *endospermo* o núcleo central constituye el 70-80 % del grano.
3. El germen del grano (o embrión), se localiza cerca de la base del grano y se une al endospermo a través del escueto y constituye el 2-3 % del grano (véase figura 2).

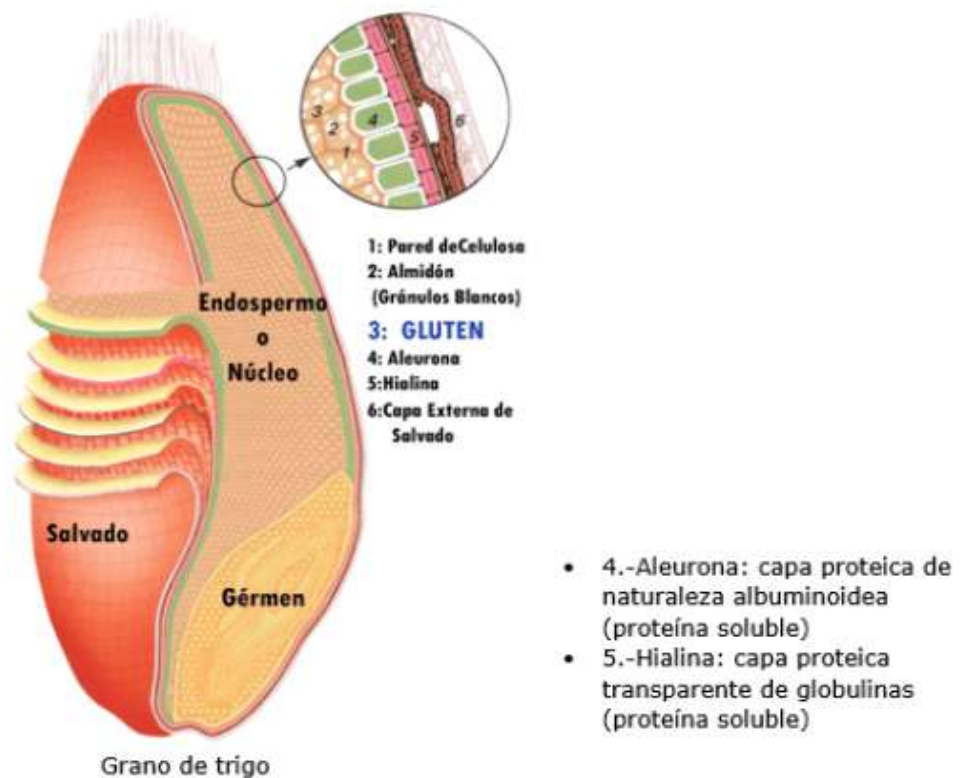


Figura 1. Estructura del grano del trigo (Varela, 1991).

1.1.2 Clasificación de trigo.

El trigo se clasifica en dos tipos principalmente: duro y blando

El *trigo duro*, es de gran dureza, traslucido, basto y frágil, posee mayor contenido proteico, se emplea para preparación de semolinas, pastas italianas y masas que requieren gran elasticidad y productos que requieren alcanzar un gran volumen.

Los *trigos blandos* son muy blancos y esponjosos, lo que se debe a la presencia de aire entre las partículas de almidón y su red proteica, se emplean para elaborar harinas de pan blanco y pastelería (Coenders,1996).

1.1.3 Composición química del Trigo

Tabla 1. Composición química de Trigo (Beliz, 1997)

Componente	% en peso
Agua	13.2
Proteína	11.7
Lípidos	2.2
Fibra bruta	2.0
Otros hidratos de carbono	10.1

Tabla 2. Vitaminas del trigo (todoalimento,2020)

Componente	% en peso(mg)
B3 (Niacina)	5.347
B1 (Tiamina)	0.297
B5 (ac. Pantoténico)	1.011
B2 (Riboflavina)	0.188
B6 (Piridoxina)	0.191
B9 (ácido fólico)	28 µg
K (Filoquinona)	1.9 µg

Tabla 3. Minerales del Trigo (todoalimento,2020)

Componente	% en peso(mg)
Mn (manganeso)	3.399
Cu (cobre)	0.475
Zn (Zinc)	2.96
Se (Selenio)	12.7 µg
Fe (Hierro))	3.71
K (Potasio)	394
Mg (magnesio)	117
P (Fosforo)	323
Ca (Calcio)	33

1.2 Harina de trigo

La harían de trigo debe entenderse como el producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano, seco e industrialmente limpio (Calaveras,2004).

Se entiende como el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado *Triticum compactum* host., o la combinación de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura (Codex,2019).

1.2.1 Obtención de la harina de Trigo

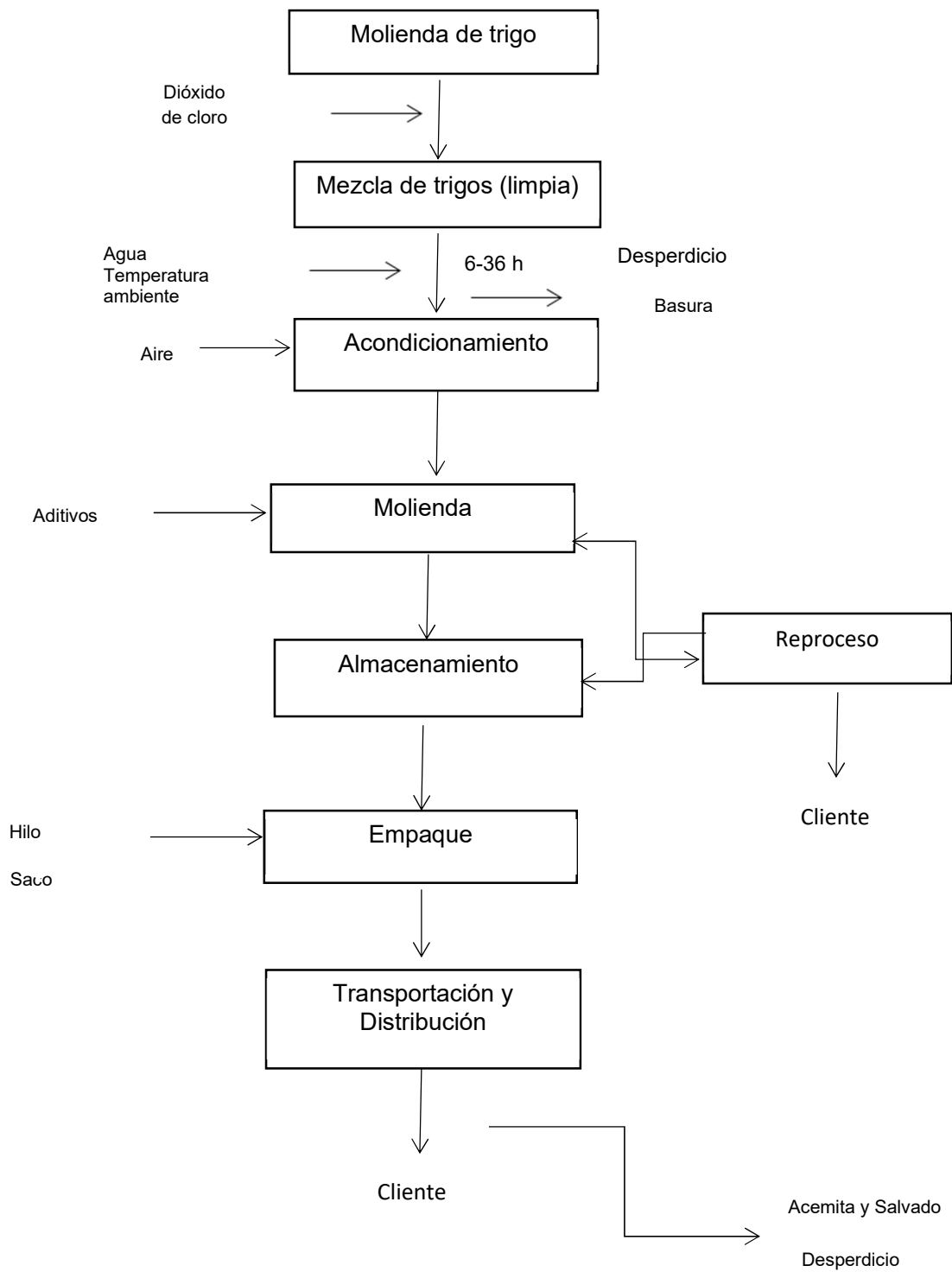


Figura 2. Diagrama de bloques para la obtención de harina (Elizondo,2020)

El diagrama de bloques para obtención de harina se muestra en la Figura 2, y a continuación se describe el proceso.

La molienda de la harina empieza con la limpieza de los granos que van de lo general a lo particular, se eliminan materias extrañas propias de la cosecha, así como metales, piedras y paja, pasando por detectores de metal.

Ya limpio está listo para acondicionarse, a este proceso se le llama templar, y se le debe agregar agua en cantidades precisas para endurecer el salvado y suavizar el endospermo, esto hará que las partes del núcleo se separen más fácil y limpiamente, la duración del tiempo de remojo oscila entre 6 y 36 horas, dependiendo de las mezclas de trigo, las variedades disponibles y el producto a moler.

El agua puede tratarse con ozono o cloro para mantener la higiene en este ambiente húmedo durante el proceso de templado.

Finalmente, el trigo ya listo para molerlo y convertirlo en harina.

El moderno proceso de molienda es mediante rodillo, son cilindros corrugados hechos de acero refrigerado, giran hacia dentro uno contra otro, moviéndose a diferentes velocidades.

Al pasar a través de los rollos corrugados de primera rotura, se inicia la separación del salvado, el endospermo y el germen.

Las fracciones de endospermo “descascaradas” llamadas sémolas se reducen en un sistema de rodillos liso al tamaño de partícula de la harina.

Se manda hacia los tamices una y otra vez hasta obtener el producto deseado y se le colocan los aditivos y blanqueadores según sea el caso de la harina.

Se almacena en silos y de ahí se va al empaque, ya sea en costales de rafia o se vende en tolvas.

Y se transporta y se distribuye según las ventas o los clientes.

1.2.2. Composición química de la harina de trigo

Sus principales componentes son:

Componente	%
Proteínas (gluten)	12-13.5
Grasas (lípidos)	2.2
Almidón (h. de carbono)	67
Cenizas (minerales)	1.5
Vitaminas (B y E)	0.12
Humedad (agua)	13 a 15
Fibra (salvado)	11
Azúcares simples	2 a 3

Tabla 4. Principales componentes de harina de trigo (Calaveras, 2004).

1.2.3 Características físicas. La harina de trigo debe ser suave al tacto, no debe tener sabor amargo, de color blanco-amarillento, no debe tener mohos, olores anormales, que no tenga acidez, amargor o dulzor, una buena harina se conoce por diversas características como (Calaveras, 2004):

- El color, que depende de la variedad de trigo, el contenido de aditivos y la cantidad de extracción.
- Blanqueamiento que se basa en un efecto de oxidación bien porque se fuerce este colorido por medio de químicos o por parte del panadero mediante aditivos.
- Absorción es la propiedad de absorber la mayor cantidad de agua sin alterar la formulación de la masa y dando buena calidad de pan.
- La granulometría cuanto más fina, más absorción de agua
- La fuerza, que se define como la deformación de la masa por impulso de aire, siendo un parámetro medido por el alveógrafo, que garantiza el poder de la harina para hacer panes de buena calidad.
- La cantidad y calidad de las proteínas insolubles (gliadina y glutenina), que en cuanto mayor sea conllevara a mayo absorción de agua.

1.2.4 Clasificación de harinas

- *Harinas extrafuertes* son aquellas que tienen elevada fuerza, máximo contenido de gluten y proteína, alto poder fermentativo, elevada absorción y rendimiento, gran volumen; se utiliza principalmente para masas congeladas, productos formulados con gran cantidad de grasa y azúcar, bases de harinas especiales (mix) (Elizondo, 2020).
- *Harinas fuertes* son aquellas que tienen alto poder fermentativo, nivel alto de proteína y gluten, alto rendimiento, gran volumen y sobre todo alto porcentaje de absorción de agua. Son utilizadas en la panadería mecanizada como la elaboración de biscocho francés (bollería), danés, feité (hojaldres), pan de caja y en la industria de las pizzas (Elizondo, 2020).
- *Harinas de fuerza intermedia* pero extensibles son blancas y finas (alto nivel de blancura) y generan masas elásticas fáciles de laminar y muy manejables, alto porcentaje de absorción en agua, máximo rendimiento en piezas; y se utiliza para tortillas de harina, pan árabe, churros, proceso artesanal en elaboración de pan (Elizondo, 2020).
- *Harinas suaves* tienen fermentación corta, muy extensible y manejable; se utiliza para varios tipos de galletas, pays, buñuelos, confitado de cacahuete, obleas (Elizondo, 2020).

1.2.4.1 Subproductos obtenidos de la molienda de trigo

- *Harina Integral*. Combinación de harina con partículas de salvadillo, de apariencia de polvo semifino, sabor y olor característico de la harina de trigo, sirve para elaborar panes integrales o de régimen (pan, tortillas, galletas, barras, pizzas, barquillos etc. (Elizondo, 2020).
- *Sémola de trigo*. Se presenta en forma de gránulos pequeños de color blanco, ligeramente a amarillo, con olores libres a humedad, fumigantes u olores extraños, se utiliza como base y mezcla con hojuelas de avena, para preparación de atoles, espolvorear las bases de pizzas y elaboración de tapas de empanadas entre otras aplicaciones (Elizondo, 2020).

- *Salvadillo especial de trigo*. Subproducto de la molienda de trigo especialmente seleccionado, que se presenta en partículas irregulares de salvado triturado (partículas muy finas) y un porcentaje mínimo de harina, color marrón con blanco de grado alimenticio libre de olores y sabores extraños; se utiliza principalmente en la elaboración de cereales, panecillos, barras y galletas que aportan un alto contenido en fibra (Elizondo, 2020).
- *Salvado de trigo*. Es la cubierta del grano, la cascarilla o la capa externa, se presenta en forma de hojuelas irregulares color marrón con blanco, grado alimenticio libre de olores y sabores extraños, es ideal para la elaboración de cualquier producto con alto contenido en fibra (Elizondo, 2020).
- *Trigo rasgado*. Producto obtenido a partir de trigo seleccionado, limpio y acondicionado. Es procesado para dar una apariencia de trigo partido o cortado en forma de láminas irregulares con la mayor parte de la harina adherida al salvado, color marrón con blanco, grado alimenticio, libre de olores a humedad y cualquier otro olor extraño, se utiliza preferentemente en la elaboración de cereales y barras con alto contenido en fibra, así como en panes integrales o hechos de varios granos, siendo muy apreciable para decorar este tipo de panificados (Elizondo, 2020).
- *Grano*. Formado de partículas de cascarilla semi-fino y un pequeño porcentaje de harina libre de olores a humedad y extraños, se utiliza para consumo humano para espolvorear charolas, es de grado alimenticio, pero también es utilizado para alimento para ganado (Elizondo, 2020).
- *Acemita de trigo*. Compuesta por salvado cascarilla paja del trigo y otras semillas que son separados durante la limpia y luego triturada por un molino de martillos dando una apariencia de forma irregular de color marrón, se utiliza como forraje y como mezcla para la elaboración de alimentos balanceados para animales (Elizondo, 2020).

1.3 CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad es un conjunto de mecanismos , acciones y herramientas realizadas para detectar presencia de errores o desviaciones (Gestión, 2020), debe representar una inversión que ha de producir un beneficio adecuado para justificar su existencia, comprende todas las técnicas y actividades encausadas hacia la producción, con mínimo costo de productos, eficientemente utilizados, analiza e identifica las causas de variación de la calidad, basándose en que la calidad pueda definirse, medirse y controlarse (Bertrand,1980).

Las acciones desarrolladas en los últimos años para transformar positivamente los esquemas y acciones en el campo sanitario han iniciado regulando las practicas que se han modernizado, tratando de dar respuesta a las necesidades de la sociedad actual, en la prevención de riesgos y daños a la salud.

El control de calidad en los alimentos es la utilización de parámetros tecnológicos, físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales para lograr que un alimento seas sano y sabroso con el objetivo de proteger al consumidor, tanto de fraude como de la salud Las aplicaciones de prácticas adecuadas de higiene y sanidad en el manejo de alimentos y bebidas reducen significativamente el riesgo de intoxicaciones o afecciones por contaminantes de los alimentos (secretaria de Salud,1999).

Para obtener un producto de calidad se debe seguir un estricto control que debe consistir en:

- Control de las materias primas
- Formulación equilibrada
- Rigurosos controles del proceso de fabricación

Un criterio para evaluar la calidad de las harinas es el que afecta su composición, contenido de proteínas, gluten, humedad, cenizas y azúcares, las propiedades reológicas son importantes para apreciar el valor panadero de las harinas, destinadas a la elaboración del pan (Calaveras, 2004).

También pueden realizarse algunos ensayos para valorar su grado de refinado, su estado de conservación o su calidad panadera (Astiasarán, 2003). La valoración del grado de refinado se utilizan las cenizas y la determinación de color, la valoración del estado de conservación es determinando su contenido de humedad, ya que con humedades superiores a 13% se pueden producir micotoxinas, y la valoración de la calidad panadera tenemos el contenido de gluten, así como algunas características reológicas como el Farinografo de Brabender® (plasticidad, consistencia y absorción) y el Extensografo de Brabender® para la capacidad de retención de gas y tolerancia a la fermentación, así como el Alveografo de Chopin que nos da la Fuerza de la harina (Astiasaran, 2003).

En el grano del trigo existen varios sistemas enzimáticos que se liberan durante la molienda, otros se añaden durante el amasado, la producción de gas es una expresión cuantitativa de la fermentación panaria, es decir: la cantidad de azúcares metabolizados por la levadura en alcohol y anhídrido carbónico, la cantidad de azúcares existentes en la harina es suficiente para el desarrollo total de una fermentación, pero es posible agregar enzimas adecuadas y cantidades suficientes para una formación suplementaria de azúcares fermentables, obtenidos por hidrólisis de almidón (Calaveras, 2004).

Las enzimas son catalizadores biológicos, capaces de acelerar reacciones químicas, o por lo menos facilitarlas, cada tipo de enzima solo puede transformar un sustrato, por ejemplo, la amilasa solo puede desdoblarse el almidón y la proteasa solo puede hidrolizar las proteínas, esta reacción enzimática dependerá de la concentración del sustrato, de la cantidad de enzimas, de la acidez y la temperatura (Calaveras, 2004).

La harina de trigo es bastante rica en enzimas, las más importantes son la amilasa y la proteasa, la amilasa proviene de distintas capas del grano de trigo, y se les denomina α y β . La α amilasa procede del embrión del germen o de las capas externas del grano, cuando su contenido es muy elevado es debido a que el grano de trigo ha germinado, cuando es muy bajo se le puede adicionar productos enzimáticos, actúa sobre los enlaces de las cadenas de almidón, produciendo azúcares muy variables que reciben el nombre de dextrinas (estas tienen la capacidad para retener la humedad); cuando tenemos harinas procedentes de trigos germinados producen panes húmedos, de miga pegajosa, rojizos y pesados, todo lo contrario ocurre cuando no hay suficientes enzimas α amilasas; al no producir dextrina, se obtendrán panes faltos de color y secos.

La influencia de la actividad de la α amilasa es de gran importancia en las características de la miga del pan, disminuye rápidamente la viscosidad de la masa del almidón gelatinizado e hidroliza el almidón (55-65 °C), es decir que durante el comienzo y la inactivación de las enzimas durante el proceso de cocción (75 °C), es factor determinante para la calidad de la miga del pan (Calaveras, 2004).

La β amilasa procede del endospermo del grano, y solo puede actuar sobre el almidón, que ha sido lesionado durante la molienda, convirtiéndolo en maltosa, se inactiva entre los 52° C - 63° C (Calaveras, 2004).

La harina se compone de un 67% (véase tabla 2) de almidón en forma de pequeños gránulos, y este a su vez consta de 2 tipos de moléculas: La amilasa que supone del 30-50% del almidón total, se obtiene de la parte interna, es un polímero de cadena lineal indeterminado de anhídrido-D-glucosa. La amilopectina que es la parte externa es responsable de la pegajosidad del almidón, constituido de unidades de glucosa interconectadas débilmente, esta estructura ramificada impide que el agua entre en los gránulos, pero al aumentar la temperatura 60° C, las interconexiones moleculares se aflojan y el agua penetra en los gránulos que comienzan a hincharse y así forman un complejo gelatinoso con el agua (Coenders, 1996). A los 50° C comienza un hinchamiento de este, entre 60-65° C comienza la formación de engrudo y de 70-73°C terminada y completada la gelatinización El efecto del almidón en la panificación es importantísimo, debido a que estos nos darán la capacidad de absorber agua, su viscosidad y el tamaño de miga.

Las proteasas o proteínas se dividen en dos grupos: Las solubles, que no forman gluten 15% (albumina, globulina, péptidos provienen principalmente de la parte externa del grano, se disuelven en agua, no tienen importancia para la panificación. Las insolubles, que forman 85% (gliadina y glutenina) al contacto con el agua forman una red proteica llamada gluten, para formarlo se necesita presencia de las dos, para poder dar características panaderas a la masa.

Gliadina. Da ligación a la masa, está en menor cantidad, baja elasticidad, extensible.

Glutenina. Encargada de dar solidez y consistencia al gluten, está en mayor cantidad, es elástica y baja extensibilidad.

La harina absorberá más cantidad de agua en mayor presencia de proteínas, el gluten se forma debido a una hidratación de las proteínas (Calaveras, 2004).

Dentro del ámbito microbiológico y toxicológico debe cumplir con ciertos requisitos como:
(NOM-147,1996)

Tabla 5. Microorganismos

Muestra	VALORES MAXIMOS
Mesófilos Aerobios (UFC/g)	50,000
Coliformes Totales (UFC/g)	150
Mohos (UFC/g)	300
Aflatoxinas (ppb)	20
Vomitoxinas (ppm)	1

CAPÍTULO 2. ÁMBITO LABORAL

2.1 Fábrica de Harinas Elizondo.

Fábrica de Harinas Elizondo es un molino de trigo que opera desde el año de 1947, que ha desarrollado a lo largo de los años una gama de productos derivados del trigo siendo la harina uno de los productos que han logrado despuntar en el mercado (Elizondo, 2020).

Con más de 70 años en el mercado mediante el desarrollo de sus productos, así como con la cooperación de sus colaboradores y una labor forjada día a día se ha logrado una de las mayores metas, que es ofrecer a sus clientes el mejor nivel de tecnología y calidad, es una filosofía que se ha trazado a lo largo de los años, mediante una labor ardua y paciente, la cual ha sido clave para mantenerse presentes en el mercado.

Se han implementado mejoras continuas en las instalaciones con el equipo más moderno en cuanto a producción y control de calidad, apoyado de su equipo humano especialista en su área, es una empresa capaz de ofrecer a sus clientes el mejor producto y un servicio de excelente calidad.

Hace más de seis décadas mantienen el compromiso con las diferentes ramas de la Industria Alimenticia, por lo que para el día de hoy tienen la capacidad para procesar más de 2,000 toneladas de trigo al día, utilizando los mejores trigos nacionales e importados.

La visión es de ser el mejor fabricante de productos derivados de trigo en México (Elizondo, 2020).

La Misión es de proveer a los clientes con producto de calidad, que cumplan con sus expectativas.

Ofrecer a los clientes investigación y desarrollo de nuevos productos utilizando la mejor tecnología existente, dar un servicio puntual a los clientes (Elizondo, 2020).

Para garantizar la calidad del producto se cuenta con un laboratorio equipado con tecnología de última generación, y cuenta con personal altamente capacitado.

Tiene una capacidad de traslado de más de 45,000 toneladas al mes, mediante 110 tractocamiones, 12 pipas para producto a granel y 129 cajas secas y se cuenta con una eficiencia mayor al 95 % en puntualidad, también cuenta con un taller propio, choferes certificados, localización vía GPS en todas las unidades y todas las unidades cuentan con grado sanitario.

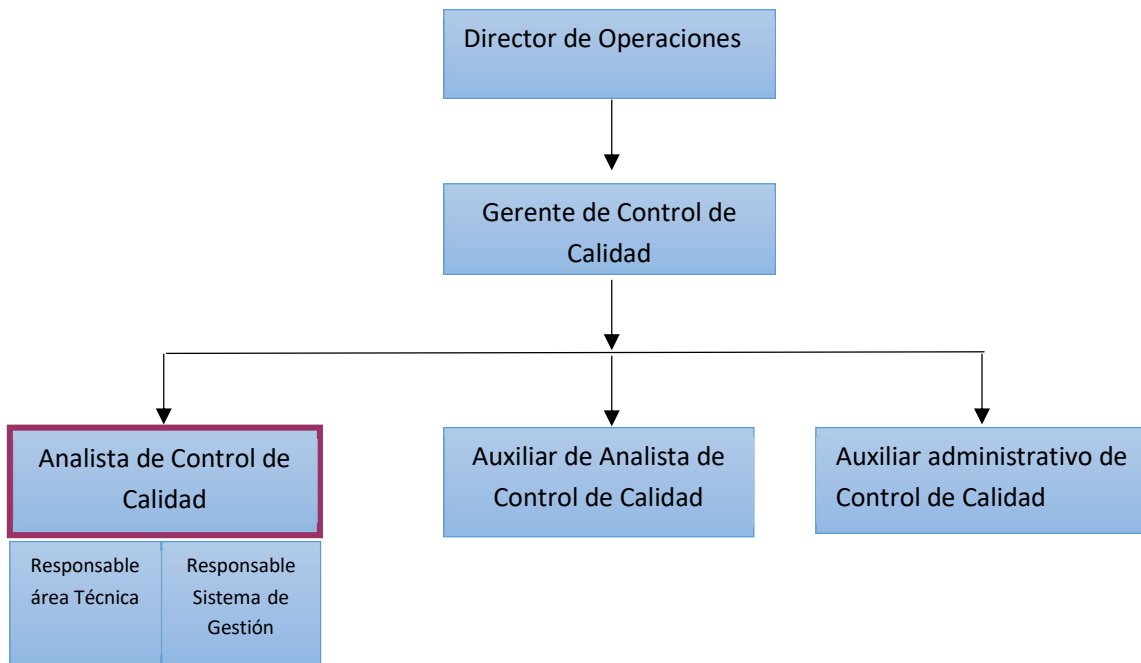
En esta empresa se elaboran cuatro tipos de harinas que son harinas extrafuertes, harinas fuertes, harinas de fuerza intermedia pero extensible y harinas suaves. También se obtienen siete tipos de subproductos: harina integral, sémola de trigo, salvadillo especial, salvado de trigo, trigo rasgado, grano y acemita.

2.2 Experiencia profesional.

En Fábrica de Harinas Elizondo se conforma de las áreas de: producción, mantenimiento, empaque y almacenamiento, logística, aseguramiento de control de calidad, laboratorio de control de calidad, recursos humanos, ventas, tecnología de la información, finanzas y tesorería.

En la figura 3, se muestra el organigrama general de la empresa. Actualmente me desempeño como analista en el laboratorio de control de calidad inspeccionando materia prima, producto terminado y subproductos; a los cuales se les realizan pruebas fisicoquímicas, reológicas y microbiológicos, de igual manera participo de manera activa en auditorías internas, mantenimiento preventivo de equipos, realización de certificados de calidad de producto terminado, compra de material e insumos y en certificaciones y recertificación tanto de calidad como de inocuidad en la empresa, así como llevando a cabo la implementación de un sistema de acreditación ante la norma ISO/IEC 17025:2017.

Figura 3. Organigrama de la empresa (Benítez, 2020)



Responsabilidad como analista de control de calidad es:

- Recibir muestras de materias primas y producto terminado.
- Preparar materiales y soluciones para efectuar análisis requeridos.
- Determinar es estado fisicoquímico, microbiológico y reológico de inspección y prueba del producto y subproducto a través de los análisis.
- Registrar el estatus del producto terminado y subproducto.
- Supervisar el llenado correcto del certificado de calidad, realizar y enviar informe de resultados a los clientes.
- Mantener actualizados los registros de estado de inspección, medición y prueba.
- Recibir, almacenar y manejar sustancias químicas de uso de laboratorio.
- Generar y actualizar información documentada del sistema de gestión.

Responsable de área técnica (Rol rotativo entre el equipo de analistas)

- Verificar se encuentren actualizados los inventarios (reactivos, material de vidrio, equipos).
- Verificar que cada uno de los equipos cuente con instructivo.
- Verificar el cumplimiento del plan de calibración y mantenimiento.

- Realizar expedientes de cada equipo y actualizarlos periódicamente.
- Evaluar la competencia de los analistas.
- Pedir “materiales de referencia certificados”.
- Supervisar bitácoras de uso de cada equipo, preparación de soluciones.
- Dar seguimiento a la generación de pruebas de competencia técnica.
- Reportar a gerencia de Control de Calidad avances y oportunidades de mejora dentro del área técnica.

Responsable del sistema de Gestión (Rol rotativo entre el equipo de analistas)

- Generar procedimientos, formatos, bitácoras.
- Supervisar el cumplimiento a la Política de calidad en conjunto con el personal del laboratorio.
- Generar formatos para autorizaciones de uso de técnicas, equipos, firmado de Vo. Bo. Por el gerente de Control de Calidad.
- Coordinar capacitaciones de documentos del Sistema de Gestión de Calidad.
- Reportar a Gerencia de Control de Calidad avances, oportunidades de mejora e incumplimientos al sistema de Gestión.

Responsabilidad y autoridad del sistema de gestión integral

- Conocer la política, mapas de proceso y objetivo del sistema de gestión integral (SGI).
- Realizar las actividades de acuerdo con los documentos (procedimientos y manuales operativos).
- Participar en las acciones correctivas en las que estén involucrados.
- Participar en las auditorías internas del SGI.
- Detener el proceso ante un problema de inocuidad, calidad, seguridad y medio ambiente.
- No cometer actos inseguros y reportar en todo momento condiciones inseguras.
- Reportar cualquier incidente que ponga en riesgo la salud y seguridad tanto suya como la de los demás colaboradores.
- Evitar el daño al medio ambiente en su puesto de trabajo.
- Conocer la matriz de peligros y riesgos, aspectos e impactos ambientales de su departamento.

Entre las materias que curse durante mi estadía en la carrera de Ingeniería en Alimentos, las que han sido de mayor impacto en mi etapa laboral fueron: Laboratorio de ciencias básica I, II III, IV, Química, Fisicoquímica, Probabilidad y Estadística, Bioquímica General, Microbiología General, Microbiología de los Alimentos, Química de los Alimentos, Ingeniería de los Alimentos I, II, III, Tecnología de Alimentos I, II, IV, Laboratorio Experimental Multidisciplinario I, II y III.

CAPÍTULO 3. DESEMPEÑO PROFESIONAL

3.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

3.1.1 Humedad

Se define como humedad la cantidad de agua que hay en un alimento, y existe en dos formas generales: agua libre y agua ligada. El agua libre, se libera con mayor facilidad, y se calcula con la mayor parte de los métodos usados, el agua ligada se halla combinada o absorbida a otros nutrientes (Fisher 1991).

Para realizar la determinación de humedad se emplea un equipo Brabender® nos basamos en la norma ICC n°110/1 + ISO 712, en la cual se indica que para harinas y subproductos se debe realizar la prueba a temperatura de 155 °C por 20 min, la cantidad de muestra es de 9 -11 g, si la prueba se realiza a los granos de trigo o materia prima debe considerarse una temperatura de 130 °C por 90 min.



Figura 4. Equipo para la determinación de humedad (Brabender®, 2020)

Tabla 6. Resultado de validación de porcentaje de humedad (Elizondo,2020)

Muestra	Resultado determinador % de humedad	Resultado BIPEA¹ Rango % de humedad
JUNIO 2020	13.73	13.75-13.35
MAYO 2020	13.52	13.36-13.76
ABRIL 2020	10.97	10.67-11.01
MARZO 2020	13.9	13.84-14.24
FEBRERO 2020	13.97	13.66-14.26
ENERO 2020	13.66	13.44-13.84

3.1.2 Cenizas

Son los elementos minerales que forman parte de compuestos orgánicos e inorgánicos (Fisher, 1991). Basado en el método de la AACC 08-03, 08-01 MUFLA, se pesan 2 g de muestra en un crisol a peso constante durante 2 h, en una mufla a 600 °C y posteriormente se deja enfriar por 30 min y se vuelve a pesar donde:

$$\% \text{ de cenizas} = [(C-A) / B] * 100$$

Donde:

A= Peso del crisol (g)

B= Peso de la muestra (g)

C=Peso resultante después de la incineración (g)

Para obtener las cenizas a 14 % B.H². se multiplica el valor resultante por el factor de % de cenizas según la humedad (anexo 1, Tabla 1).

¹ BIPEA. Organización europea ubicada en Francia que reúne cerca de 2500 laboratorios en el mundo, consiste en mandar una muestra mensual de harina pre-analizada para homologar técnicas, resultados y verificación de equipos.

² BH. Base húmeda.



Figura 5. Mufla (El crisol, 2020)

3.1.3 Gluten

Constituido por las proteínas (glutenina y gliadina) que, por sus características, forma una malla o red capaz de retener el anhídrido carbónico liberado durante la fermentación, nos da una orientación sobre la calidad de la harina (Calaveras, 2004).

Basado en el método de AACC 38-12 lavado de gluten; mediante un aparato de lavado automático de gluten, mejor conocido como glutomatic de Perten y una solución de NaCl 2 % grado analítico.

Se pesan 10 g de harina, sobre un tamiz con una abertura de 88 μm (número de malla, 170), se adicionan 5 mL de solución salina 2 % con la pipeta dosificadora, se coloca en el glutomatic y se le pone un vaso de precipitado para que caiga la solución salina con la que se hará el lavado.

Del lavado resultante obtenemos una masa chiclosa, se quita con cuidado del aparato y se le quita el exceso de agua para posteriormente centrifugarlo, este proceso separa una porción de gluten.

$$\text{Índice de gluten \%} = [(A-B) / A] * 100$$

Donde:

A= Gluten Total

B= Peso resultante del centrifugado

$$\text{Gluten} = \text{Peso total de Gluten} * 100$$



Figura 6. Glutomatic semiautomático de Perten (Agromg, 2020)

3.1.4 Índice de blancura

El análisis de color, medido por el Colorímetro permite conocer la desviación de color de una muestra con respecto a un estándar (White Calibration Plate), que tiene como valor nominal Hunter W= 97 y a partir de este valor se obtiene como comparación el valor de la muestra a analizar. Basado en el método de reflectancia de color de AACC 14-22.

Mediante un colorímetro BC-10 PLUS de Konica Minolta, se coloca una porción de harina con ayuda de una espátula sobre la mesa de trabajo, se apelmaza y aplasta muy bien la harina y posteriormente se lee.

El colorímetro debe estar calibrado previamente dando una lectura por encima de 97.



Figura 7. Colorímetro (Konica Minolta, 2020)

3.1.5 Granulometría

Es mediante el tamizado y se efectúa vertiendo la muestra en la parte superior de una serie de tamices apilados de mayor a menor abertura, agitando vertical y horizontalmente (Alvarado, 2001). El fundamento es la separación de partículas por medio de gravedad y golpeteo mecánico, en base 100, se coloca la harina o subproducto en los tamices.



Figura 8. Rotap (El crisol, 2020)

3.1.6 Almidón dañado

Mide los daños sufridos por el almidón, durante la molienda, permite apreciar su potencial en panadería y bizcochería. Los almidones dañados aumentan la absorción de agua, facilitan la acción de las amilasas, aumentan el poder de producción de gas y contribuye a la conservación de pan, a mejorar el frescor de la miga, por lo tanto, retrasa el endurecimiento de esta (Calaveras, 2004).

Basado en el **método de AACC 76-31**, mediante un SDMatic® de Chopin, en una solución que contiene 3 g. de Ácido Bórico, 3 g de Yoduro de Potasio, 1 gota de Tiosulfato de Sodio disuelto en 120 mL de agua destilada y 1 g de harina a una temperatura de 35 °C. Su principio es la adsorción de Yodo por el almidón dañado de una suspensión de harina diluida. Es medida por un método a perimétrico (www.concereal.es/sdmatic).

Las lecturas se procesan en un micro-ordenador y pueden expresarse en:

$$\text{Farrand} = 4.31 \times \text{UCD} - 56.90$$

$$\text{Audiddier} = 1.09 \times \text{UCD} - 5.11$$

$$\text{AACC} = 0.61 \text{ UCD} - 4.76$$

Se leen directo del SDMatic.



Figura 9. SD Matic de Chopi (Granotec, 2020)

3.1.7 Falling number

Determina la actividad alfa amilasa utilizando el almidón de la muestra como soporte, el método se basa sobre la rápida gelificación de una suspensión acuosa de harina en un “baño” hirviendo (Calaveras, 2004), por acción de la alfa-amilasa, bajo condiciones similares a las que se encuentra durante el proceso de panificación.

La influencia de la actividad de la α -amilasa es de gran importancia en las características de la miga de pan. La α -amilasa disminuye rápidamente la viscosidad de la masa del almidón gelatinizado e hidroliza el almidón a dextrinas solubles en agua. El intervalo de temperatura entre la gelatinización del almidón (55 °C – 65 °C), o sea, en su comienzo, y la inactivación de las enzimas durante el proceso de cocción (75 °C). Es un factor determinante para la calidad de la miga de pan. La experiencia demuestra que el Número de Caída óptimo para las harinas panificables es de 250 segundos.

Basado en el método de la AACC 56-81B se pesa la harina en base a la humedad contenida según la tabla que se encuentra en el anexo 1, tabla 2. Pesos para Falling Number en base a su humedad.

La muestra se vierte en un tubo de ensaye y se le coloca un corcho de hule y se le agregan 25 ml de agua destilada, se agita vigorosamente por aproximadamente 45 segundos, se coloca en “baño maría” y posteriormente se coloca suavemente el motor agitador en posición de trabajo encima del tubo y agitador viscosimétrico.

La lectura del Falling Number se lee directo del visor del equipo y su medida es en segundos.



Figura 10. Falling Number de Perten (Agromg, 2020)

3.1.8 Análisis Microbiológicos

3.1.8.1 Cuenta total

Cuando se requiere investigar el contenido de microorganismos viables en un alimento, la técnica comúnmente utilizada es la cuenta en placa, basado en la NOM - 092-SSA-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa, se diluye 1 mL de muestra en una caja Petri con un medio de cultivo, agar triptona-extracto de levadura previamente hidratado y esterilizado, con un pH final de 7.0 ± 0.2 , y se incuba a una temperatura de 35 ± 2 °C por 48 ± 2 h, los resultados se expresan en UFC/g o mL (unidades formadoras de colonia por gramo).

3.1.8.2 Coliformes totales

El grupo de microorganismos coliformes es el más ampliamente utilizado en la microbiología de los alimentos como indicador de prácticas higiénicas inadecuadas, basado en la NOM -113-SSA1-1994, Bienes y servicios, Métodos para la cuenta de

microorganismos coliformes totales en placa, en una caja Petri se mezcla 1 mL de muestra con agar –rojo-violeta-bilis-lactosa RVBA) ajustar el pH a 7.4 con ácido clorhídrico a 0.1 N, hidratado y esterilizado incubar a $36 \pm 2^\circ \text{C}$ por $24 \pm 2 \text{ h}$, los resultados se expresan en UFC/g o mL (unidades formadoras de colonia por gramo).

3.1.8.3 Mohos y levaduras

Están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se pueden encontrar formando parte de la flora normal de un alimento, o como agentes contaminantes y en los equipos sanitizados inadecuadamente, así como también en las prácticas sanitarias y el almacenamiento de producto inadecuado o materia prima inadecuada.

Basada en la NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos, en una caja Petri se coloca 1 mL de muestra en con un agar papa dextrosa, hidratado y esterilizado, es acidificado a un pH de 3.5 ± 0.1 con ácido tartárico estéril al 10% (aproximadamente 1.4 mL de ácido tartárico por cada 100 mL de medio), se incuba a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ por un lapso de 5 días los resultados se expresan en UFC/g o mL (unidades formadoras de colonia por gramo).

3.1.8.4 Preparación de las muestras microbiológicas

Basado en la NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Es la preparación de diluciones primarias, para obtener una distribución lo más uniforme posible de los microorganismos presentes en la porción de muestra.

El agua peptonada se prepara con: 1 g de peptona de carne y 8.5 g de NaCl (Cloruro de Sodio), se disuelven en 1 L de agua destilada ajustando el pH 7 ± 0.1 con NaOH (Hidróxido de Sodio) a 1.0 N, se distribuye en frascos de 135 mL y 9.5 mL, se esteriliza a $121 \pm 1^\circ \text{C}$ durante 15 minutos.

En el frasco de 135 mL se añaden 15 g de muestra y se toma 1 mL de la mezcla resultante y se coloca en cajas Petri, esto para la primera dilución, para la segunda dilución se toma 1 mL de la primera dilución y se coloca en los frascos de 9.5 mL, de la mezcla resultante se toma 1 mL y se coloca en la caja Petri.

3.1.8.5 Vomitoxina

La prueba Agri-Screen para DON (*Deoxivaleno*³) es una prueba CD-Elisa, que permite determinar si las concentraciones de las muestras son de magnitudes iguales, menores o mayores a las del control (1 parte por millón). La toxina se extrae con agua, se mezcla con la enzima marcada, y posteriormente se hace reaccionar con anticuerpos adheridos a las paredes del pozo, donde la DON y el conjugado compiten por los sitios de unión de los anticuerpos; al agregar el sustrato, se desarrolla una coloración azul, como resultado de la presencia de un enlace conjugado, que se relaciona directamente con la cantidad de Don presente.

Preparación de la muestra:

1. Se pesan 10 g de muestra, en caso de ser trigo y subproductos se pasan por el molino mill120 para una reducción de tamaño.
2. Se le agregan 100 mL de agua destilada.
3. Se mezcla con ayuda de un agitador mecánico y una mosca durante 3 min.
4. Con ayuda de una jeringa y algodón se filtra la muestra y se coloca en un tubo de ensaye.
5. Inicio de la prueba y con ayuda de un kit Veratox Don 5/5 de Neogen.
6. Se colocan los pozos de color rojo y blanco en la misma cantidad 5 para los controles, más las muestras que se vayan a analizar.
7. Con ayuda de una micropipeta electrónica y puntas de plástico desechables de 200 μ L teniendo cuidado de hacer un enjuague que consiste en llenar y vaciar 2 veces la punta de plástico con cada sustancia a agregar, para lubricarla, por cada punta nueva a utilizar y de no hacer burbujas dentro de la punta de plástico se le agregara.
8. A todos los pozos rojos, 100 μ L de conjugado.
9. A los primeros 5 pozos se le agrega 100 μ L de toxina en concentración menor a mayor de 0, 0.5, 1, 2 y 6 ppm.
10. En el resto de los pocitos se coloca la muestra preparada.
11. Con ayuda de una pipeta multicanal se mezcla el contenido de los pozos y se toma 100 μ L de la mezcla y se transfiere a los pozos blancos, debidamente identificados.

³ Toxina producida por varios hongos patógenos del género *FUSARIUM* sobre todo *F. graminearum* y *f. calmorum*, perteneciente al grupo de los tricotecenos.

12. Se deja reposar por 5 min. Y se hace un enjuague con agua destilada de la siguiente manera: se desecha el contenido de los pozos y se le agrega agua, se elimina con un toquecito de pozos boca abajo, teniendo cuidado de no tirar los pozos al bote de desecho, esta operación se repite 5 veces, exactamente.
13. Se elimina todo exceso de agua contenida en los pozos con ayuda de papel toalla y dando ligeros golpecitos boca abajo, cerciorándose perfectamente que quede libre de cualquier residuo de agua destilada en exceso.
14. Con ayuda de la pipeta multicanal se toman 100 μ L de substrato (etiqueta color verde) y se deja reposar nuevamente por 5 min.
15. Por último, se le agrega 100 μ L de la solución inhibidora (etiqueta de color rojo) y enseguida agitar suavemente haciendo movimientos circulares, los pozos obtendrán una coloración que va desde el rosa hasta azul fuerte según la concentración de toxina que tenga cada muestra.
16. Los pozos se colocan en el lector (máximo 20 min. Posteriores a la adición del reactivo inhibitorio), en los rieles de plástico, teniendo mucho cuidado de no derramar solución y que los pozos estén bien limpios por la parte de abajo.
17. El lector debe programarse en la función 5 [MENU+5], para activar la función de vomitoxinas, al terminar la lectura el equipo solicitará la impresión de la curva.
18. Para validar el ensayo, la curva del coeficiente de correlación deberá ser mayor al 98 % <0.980> de no ser así, el ensayo se determinará como inválido y los resultados no serán válidos.
19. El ticket de impresión determina resultados de los 5 controles leídos con filtros de 650 nm. El lector detecta 0.1 ppm, cuantifica 0.2 ppm (mínimo).

a. Ejemplo:

1. Carrier Position A

b.	1	C1	XXX	0.00	}	CONTROLES
c.	2	C2	XXX	0.5		
d.	3	C3	XXX	0.10		
e.	4	C4	XXX	2.00		
f.	5	C5	XXX	6.00		
			YYY	0.0		
			YYY	0.1	}	Valores en ppm MUESTRAS
g.	7		YYY	0.2		
h.	8		YYY	0.3		
i.	9		YYY	0.4		
j.	10		YYY	0.5		
k.	11		YYY	1.0		
l.	12		YYY	1.0		

Muestra # 1 ←

3.1.8.6 Aflatoxinas

Las aflatoxinas son compuestos tóxicos y carcinogénicos producidos por ciertas especies de hongos *Aspergillus flavus* y *Apergillus parasiticus*. Hay cuatro aflatoxinas principales: B1, B2, G1 y G2. La B1 es la que se encuentra con mayor frecuencia en el trigo y es la más tóxica.

La prueba VERATOX para aflatoxinas es un ensayo CD-ELISA. La toxina se extrae con una solución de metanol/agua.

Preparación de la muestra:

1. Se pesan 5 g de muestra, en caso de ser trigo y subproductos se pasan por el molino mill120 para una reducción de tamaño.
2. Se le agregan 25 mL de Metanol 70%.
3. Se mezcla con ayuda de un agitador mecánico y una mosca durante 3 min.
4. Con ayuda de una jeringa y algodón se filtra la muestra y se coloca en un tubo de ensaye.

Inicio de la prueba y con ayuda de un kit Veratox Aflatoxin (Total) de Neogen:

5. Se colocan los pozos de color rojo y blanco en la misma cantidad 4 para los controles, más las muestras que se vayan a analizar.
6. Con ayuda de una micropipeta electrónica y puntas de plástico desechables de 200 μL teniendo cuidado de hacer un enjuague que consiste en llenar y vaciar 2 veces la punta de plástico con cada sustancia a agregar, para lubricarla, por cada punta nueva a utilizar y de no hacer burbujas dentro de la punta de plástico se le agregara:
7. A todos los pozos rojos, 100 μL de conjugado.
8. A los primeros 4 se le agrega 100 μL de toxina en concentración menor a mayor de 0, 5, 15, 50 ppb.
9. En el resto de los pocitos se coloca la muestra preparada.
10. Con ayuda de una pipeta multicanal se mezcla el contenido de los pozos y se toma 100 μL de la mezcla y se transfiere a los pozos blancos, debidamente identificados.
11. Se deja reposar por 3 min. Y se hace un enjuague con agua destilada de la siguiente manera: se desecha el contenido de los pozos y se le agrega agua, se elimina con un toquecito de pozos boca abajo, teniendo cuidado de no tirar los pozos al bote de desecho, esta operación se repite 5 veces, exactamente.
12. Se elimina todo exceso de agua contenida en los pozos con ayuda de papel toalla y dando ligeros golpecitos boca abajo, cerciorándose perfectamente que quede libre de cualquier residuo de agua destilada en exceso.
13. Con ayuda de la pipeta multicanal se toman 100 μL de substrato (etiqueta color verde) y se deja reposar nuevamente por 2 min.
14. Por último, se le agrega 100 μL de la solución inhibidora (etiqueta de color rojo) y enseguida agitar suavemente haciendo movimientos circulares, los pozos obtendrán una coloración que va desde el rosa hasta azul fuerte según la concentración de toxina que tenga cada muestra.
15. Los pozos se colocan en el lector (máximo 20 min. Posteriores a la adición del reactivo inhibitorio), en los rieles de plástico, teniendo mucho cuidado de no derramar solución y que los pozos estén bien limpios por la parte de abajo.
16. El lector debe programarse en la función 2 [MENU+2], para activar la función de aflatoxinas, al terminar la lectura el equipo solicitará la impresión de la curva.

17. Para validar el ensayo, la curva del coeficiente de correlación deberá ser mayor al 98% <0.980> de no ser así, el ensayo se determinará como inválido y los resultados no serán válidos.
18. El ticket de impresión determina resultados de los 4 controles leídos con filtros de 650 nm. El lector detecta 0.1 ppb, cuantifica 0.2 ppb (mínimo).

Ejemplo:

	Carrier	Position	A	
1	C1	XXX	0.0	} CONTROLES
2	C2	XXX	0.5	
3	C3	XXX	0.15	
4	C4	XXX	50.0	
Muestra # 1		YYY	0.0	} MUESTRAS Valores en ppb
6		YYY	0.1	
7		YYY	0.2	
8		YYY	0.3	
9		YYY	0.4	
10		YYY	0.5	
11		YYY	1.0	
12		YYY	20.0	

↑
Valores leídos en nm

3.1.9 Pruebas texturales

3.1.9.1 Alveógrafo de chopin

Es un aparato ideado por un francés así apellidado, que mide las características mecánicas de la harina, los molineros están acostumbrados a valorar los trigos en función de los índices obtenidos en el alveógrafo, con el fin de realizar mezclas para obtener harinas con determinadas características (Calaveras, 2004).



Figura 11. Alveógrafo de Chopin (Granotec, 2020)

Basado en el método de la AACC 54-30:

Se obtiene una masa a partir de harina y una solución de agua con sal al 2.5 %, se mezcla durante un tiempo determinado, la masa se lamina y se extraen 5 discos de masa, tras un periodo de reposo, se le inyecta aire que hincha la masa dándole forma a la burbuja (Calaveras, 2004)

Se pesan 250 g de harina a analizar, se colocan dentro de la amasadora del equipo Alveolab de Chopin, se ajusta la humedad previamente valorada y se comienza la prueba.

Se mezcla durante un minuto, mientras la solución salina es agregada automáticamente, el aparato se detendrá al comienzo del minuto 2, y se hará un mezclado manual, esto sirve para bajar la harina de las paredes de la amasadora con ayuda de una espátula de plástico, al minuto 3 comenzará nuevamente el mezclado durante 6 minutos más.

Al minuto 8 sonará una alarma que avisa que el mezclado se ha realizado y es hora de laminar la masa resultante, se abre la compuerta, se cambia el sentido del brazo y la masa.

Saldrá por un orificio de la amasadora con ayuda de una espátula y aceite preferentemente de parafina, se lubrica tanto el soporte de la salida (Figura 10), como la base metálica para aplanar los plastones, (Figura 11).

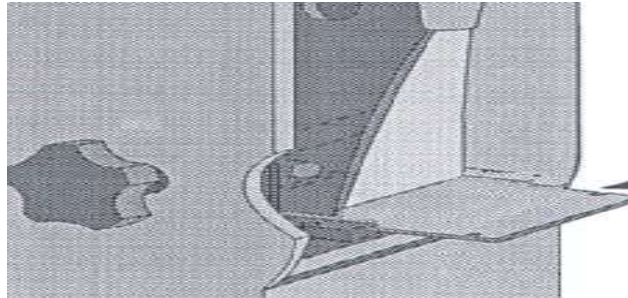


Figura 12. Esquema del soporte de la compuerta de salida de la masa (Alveolab de Chopin, 2020)



Figura 13. Base metálica para aplanar los plastones (Alveolab de Chopin, 2020)

Se colocan los plastones en la base metálica y con ayuda del rodillo (Figura 12) se pasa sobre las muestras de izquierda a derecha por 6 veces exactamente, y con la cortadora (Figura 13) se extraen 5 galletas y se colocan en la cámara de fermentación (Figura 14) hasta completar 28 min.



Figura 14. Rodillo para aplanar los plastones (Alveolab de Chopin, 2020)

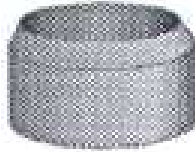


Figura 15. Cortadora de masa para formar galletas (Alveolab de Chopin, 2020)

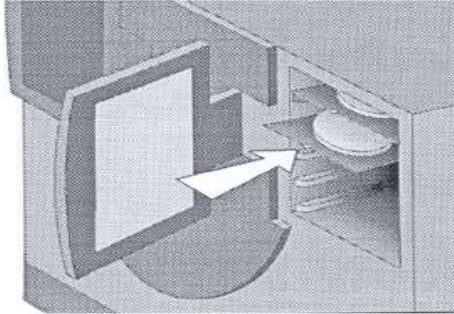


Figura 16. Cámara de fermentación (Alveolab de Chopin, 2020)

Todo el proceso de la prueba se realiza en 28 min.

Posteriormente se abre el programa donde se le coloca el nombre de la muestra a realizar, su humedad y la persona que está realizando el ensayo, el equipo se calibra automáticamente, solo tenemos que mantenerlo bien limpio y lubricado con aceite.

En el minuto 28 se coloca la galleta en un platillo de metal que llevará automáticamente la muestra y la comprimirá para posteriormente inyectarle aire, en un medio de temperatura y humedad controladas (Chopin,2020), el aparato registrará gráficamente las variaciones de la presión del aire dentro de la burbuja, hasta cuando esta se rompa (Calaveras, 2004).

Se repetirá este paso más, hasta terminar con las muestras y obtendremos un gráfico (Figura 17).

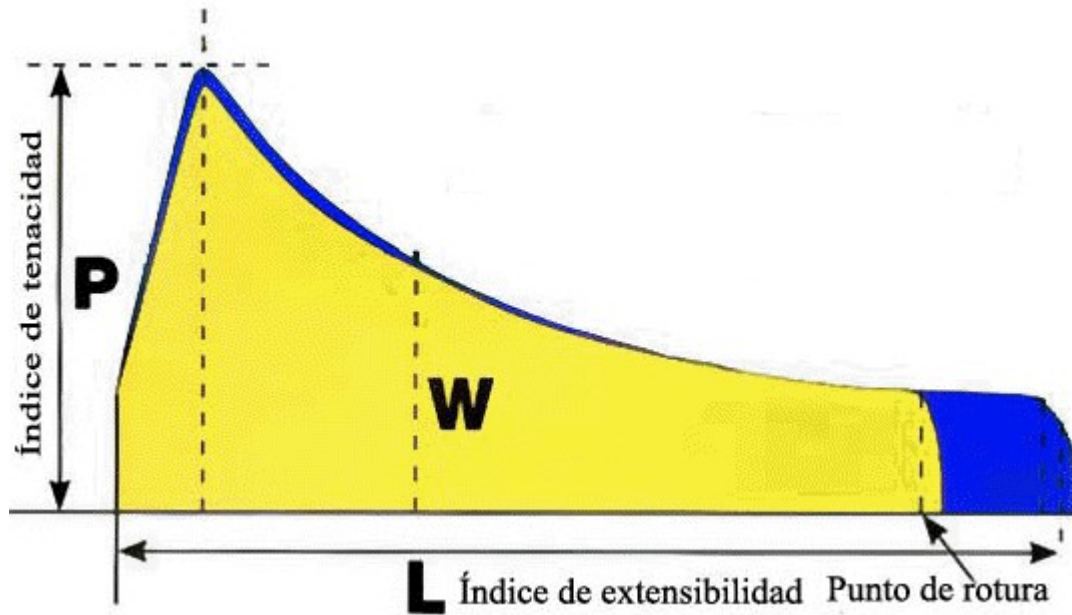


Figura 17. Alveograma (Slideshare, 2020)

El *alveograma* es una curva que representa de forma gráfica y numérica, la fuerza y las cualidades físicas de la harina, mediante los siguientes índices (Calaveras, 2004):

FUERZA (W). Es la deformación de la masa por impulso de aire, garantiza el poder de la harina para hacer panes de buena calidad, representa de una forma global la calidad plástica de una masa, nos permite saber cuál será la capacidad del gluten de retener el gas carbónico, y por tanto cual será el volumen del pan (Calaveras,2004).

Corresponde al área bajo la curva y muestra una elevada correlación con el contenido proteico, a mayor contenido proteico, es más alta la altura de la curva (Quaglia, 1996).

Tabla 7. Características de fuerza de las harinas de acuerdo con los resultados de la Fuerza (W), obtenido en el Alveograma (Calaveras,2004).

Fuerza W	Características
>250	Fuertes o mejorantes
200 a 250	Gran fuerza
150 a 200	Mediana fuerza
90 a 150	Flojas
<90	Muy flojas

Tabla 8. Características de los valores de P (Calaveras,2004).

Tenacidad P	Característica
>60	Muy tenaz
50 a 60	Tenaz
35 a 50	Normal
25 a 35	Limitada Tenacidad
<25	Baja Tenacidad

Expresa la tenacidad y mide la resistencia que opone la masa a la rotura, se presenta en el alveograma por la altura de la curva expresada en milímetros (Calaveras,2004).

Tabla 9. Características de los valores de L (Calaveras,2004).

Extensibilidad L	Características
>115	Muy extensible (desarrollada extensibilidad)
90 a 115	Buena extensibilidad (elevada)
70 a 90	Débil o limitada extensibilidad
<50	Baja extensibilidad

Expresa la extensibilidad y mide la capacidad de la masa para ser estirada, indicando su elasticidad, se representa por la longitud de la abscisa o base de la gráfica en milímetros (Calaveras, 2004).

Además, está en correlación con el volumen del pan, una harina bien balanceada en resistencia a la deformación (P) y extensibilidad (L), produce un pan con máximo volumen y con una estructura interna bien proporcionada (Quaglia, 1996).

Tabla 10. Características de los valores de P/L (Calaveras,2004).

Relación P/L	Características
1.5 a 2	Harinas mejorantes (W>250)
0.8 a 1.5	Harinas de elevada fuerza (W=200 a 250)
0.6 a 0.8	Harinas de fuerza (W=150 a 200)
0.4 a 0.6	Harinas de mediana fuerza (W=90 a 150)
0.3 a 0.4	Harinas flojas (W<90)

Indica el equilibrio y es la relación entre la tenacidad y la extensibilidad, de este valor depende el destino más adecuado para la harina (panadería, galletería, fabricación de pastas, etc.) y se considera equilibrado entre los siguientes valores (Calaveras, 2004).

Tabla 11. Características de los valores de G (Calaveras,2004).

Valores G	Características
>26	Excesiva
23 a 26	Elevada
20 a 23	Normal - correcta
18 a 20	Limitada
16 a 18	Baja
<16	Muy baja

Llamado grado de hinchamiento (volumen de la masa), indica la aptitud de la harina para dar un pan bien desarrollado, se clasifica según el índice de dilatación (Calaveras, 2004).

3.1.9.2 Farinografo de Brabender®

Mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclar a una velocidad constante, y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia, el principio de la medida se basa en la resistencia que la masa opone a una reacción mecánica en condiciones de prueba invariables.

Tal resistencia se representa sobre una gráfica esfuerzo-tiempo a partir del momento de la formación de la masa y durante todo el periodo de la prueba, la gráfica obtenida reproduce de manera visual el conjunto de características de la calidad de la harina (Quaglia, 1996).



Figura 18. Farinografo (Brabender®, 2020)

El amasado se puede dividir en 3 etapas:

1. Mezclado de harina y agua en una suspensión, la viscosidad procede de la película de agua que hay alrededor de las partículas individuales.
2. Crecimiento de las proteínas; el agua libre es absorbida, las películas de agua son más delgadas, por lo tanto, se necesita más energía para el amasado.

3. Liberación del agua por elaboración intensiva, el movimiento es más suave y el consumo de energía es menor, ya que decae la consistencia.

Los criterios individuales del farinograma (curva registrada como la relación fuerza- tiempo, está influenciada por los siguientes factores:

El *tiempo de desarrollo* del empaste que viene determinado por la duración del crecimiento y este tiene lugar mientras existan sustancias con capacidades de crecimiento que hacen aumentar la viscosidad, se mide en minutos en el eje de las abscisas.

La *velocidad de esponjado*, que depende de la calidad y la cantidad de la proteína, del tamaño de la partícula (que a su vez depende del almidón dañado) y del grado de molido.

La *capacidad de absorción* de agua por la harina se determina también con ambos factores, se mide en porcentaje y se registra hasta nivelar la curva a 500 UF⁴ de consistencia, en pruebas preliminares.

No se puede decir que la absorción de agua sea un factor de calidad predominante de las harinas, pero si permite deducciones sobre la calidad y el rendimiento.

La *estabilidad* es la parte correspondiente del farinograma que tiene una relación constante entre agua libre y agua ligada, por lo tanto, no varía la consistencia de la masa, durante la prueba la harina soporta esfuerzos mecánicos sin variaciones en la estructura, se mide en minutos sobre la línea de 500 UF entre los puntos de corte del comienzo y la caída de la curva.

El grado de reblandecimiento es la *caída de la constancia* del farinograma medida después de cierto tiempo (10 y 20 minutos), que tiene lugar después de una posterior elaboración, hace variar la relación de agua libre y ligada, se mide en UF (Calaveras, 2004).

⁴ UF = Unidades Farinograma

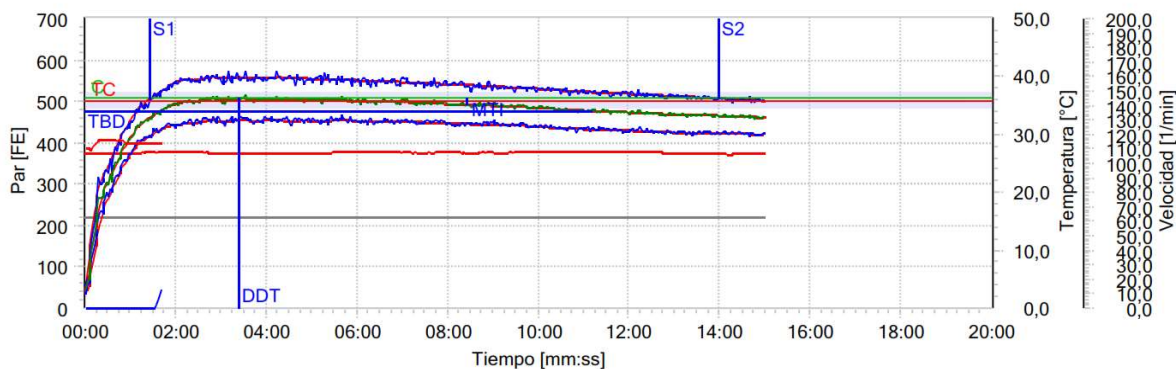


Figura 19. Farinograma (Brabender®, 2020)

Este método se basa en la técnica **AACC 54-21**. Se coloca harina en un cucharón de metal, se agrega agua y con ayuda de un par de brazos amasadores sigma se mezclan los ingredientes. La masa se desarrolla y resiste el movimiento de las paletas de la mezcladora.

La cantidad de la resistencia se registra y proporciona la línea del farinograma, la gráfica se calibra en unidades Brabender (UB) desde cero (base) a 1000 (parte superior) y la cantidad de agua que se agrega se ajusta para que el centro de la parte superior caiga en la línea de 500 UB, la cantidad de agua que se necesita para alcanzar las 500 UB \pm 20 se reporta como la absorción.

Precalear (15 minutos antes de iniciar el ensayo) el equipo mediante el Baño María, para que alcance 30° C, previamente determinar la humedad de la harina.

El peso de la muestra es calculado por el programa en base al contenido de humedad de la harina.

Para el tiempo de ensayo (Time of Test) que aparece como 15 minutos, sólo se modifica a 20 min cuando se analizan harinas (Alta proteína y ADP) y órdenes de trigo duro canadiense (CWRS), DNS, DNO y HRW.

En el apartado de evaluación (Evaluation) sólo se modifica a BRABENDER/ICC/BIPEA, cuando se va a realizar un ensayo de Bipea, en caso contrario, elegir el modo de AACC que debe ser para cualquier ensayo de rutina.

3.1.9.3 Extensografo de Brabender®

El extensograph-E mide propiedades de extensión de masa de trigo según el estándar **AACC 54-10** para la determinación de la calidad de la harina y para el control de tratamientos de la harina con aditivos, mide la energía, extensibilidad y resistencia a la extensibilidad, nos permite ver como se modifican sus características del gluten al adicionar enzima proteasa y emulsionantes.

Las propiedades de estiramiento de la masa, especialmente la resistencia al estiramiento y la ductibilidad caracterizan a la calidad de la harina, o bien a las propiedades de horneado y elaboración de la masa producida en base a ella, además de la calidad de la harina muestran el cómo diversos aditivos influyen sobre la estructura del gluten de la masa.

Desarrollo básico de la medición.

Básicamente el desarrollo de una medición es según sigue:

1. Amasado de la masa en el Farinograph®
2. Pesaje de las piezas de masa.
3. Homogeneizado y formado de la masa hasta convertirla en una muestra cilíndrica.
4. Sujeción de la muestra en el soporte de masa.
5. Reposo de la muestra en el gabinete de fermentación.
6. 1ra Medición de extensión de la muestra.
7. Reiteración de los pasos 3 + 4.
8. Nuevo reposo en el gabinete de fermentación.
9. 2da Medición de extensión de la muestra.
10. Reiteración de los pasos 3 + 4.
11. Nuevo reposo en el gabinete de fermentación.
12. 3ra Medición de extensión de la muestra.



Figura 20. Extensografo (Brabender ®, 2020)

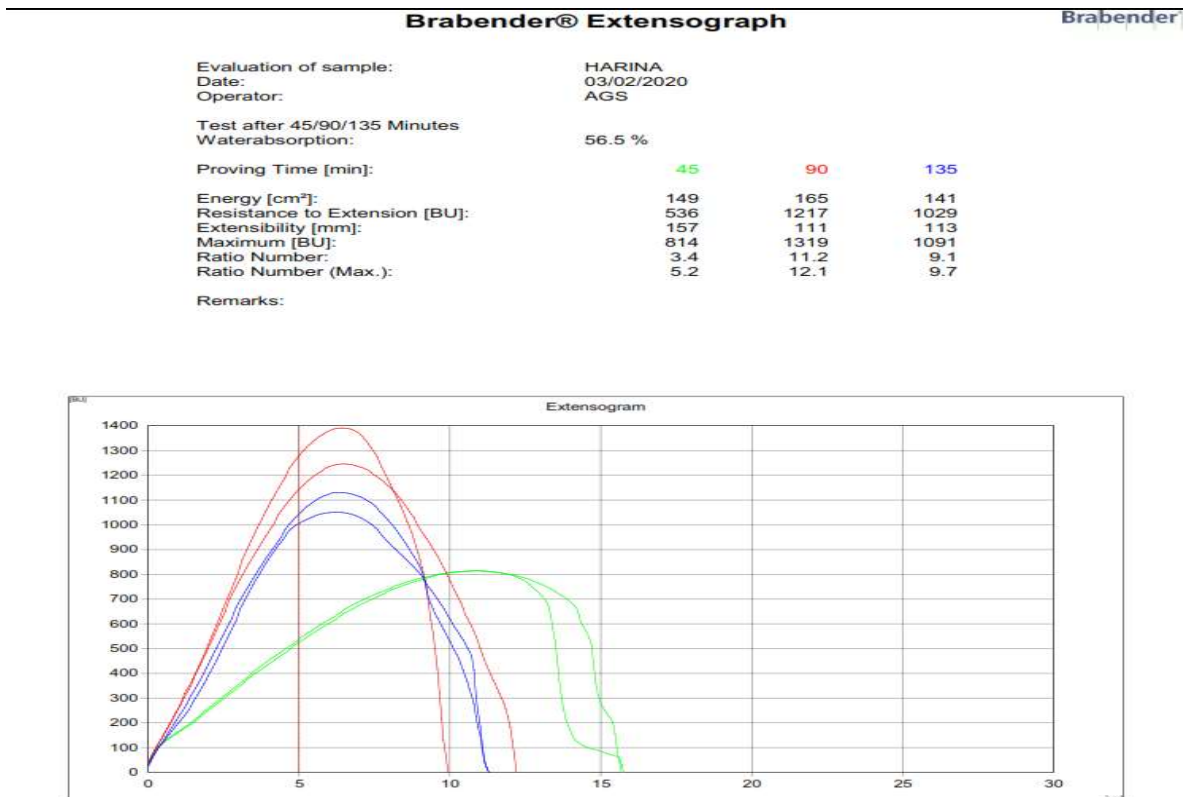


Figura 21. Gráfico de un extensografo (Elizondo,2020)

3.1.9.4 Viscoamilografo de Brabender®

Las propiedades del horneado de la harina dependen principalmente de la gelatinización del almidón y de la actividad enzimática (α -amilasa), midiendo dichas propiedades, nos da una referencia de cómo será la miga después del horneado en la panificación.

El viscoamilografo de Brabender es un viscosímetro de torsión, que proporciona un registro continuo en los cambios de viscosidad de una suspensión de harina durante incremento uniforme de temperatura (fija 1.5 °C/min) bajo agitación constante (Quality Evaluation).

Los gránulos de almidón se hinchan al alcanzar la temperatura de gelatinización y junto con el aumento de la concentración de solubles en el líquido circundante debido a las moléculas de almidón de amilosa que lixivian los gránulos hinchados, hacen que la viscosidad de la suspensión aumente (Quality Evaluation).

El almidón gelatinizado se vuelve altamente susceptible a la acción de las amilasas termoestables que son activadas por las altas temperaturas, hidrolizan parte del almidón total, reduciendo así su viscosidad.

Dado que hay poca variabilidad en la viscosidad del almidón de trigo gelatinizado en ausencia de amilasa, la altura de la curva de viscosidad es principalmente un reflejo de la actividad amilolítica en la harina que se está probando.



Figura 22. Visco-Amilografo (Brabender®, 2020)

BRABENDER MICRO VISCO- AMYLO- GRAPH

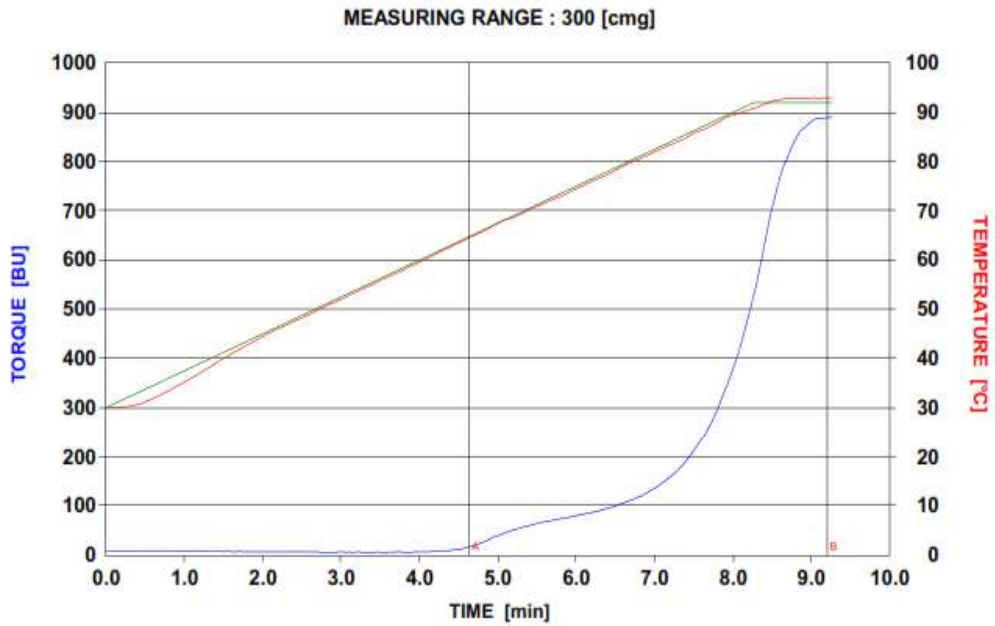
Version 4.5.0

Parameter

Operator	: JJHS	Date	: 07/01/2020
Sample	: HARINA DE TRIGO	Method	: AMYLOGRAFO
Moisture	: 14.43 [%]	Correction	: 14 [%]
Sample weight	: 15 [g]	Corr. to 14%	: 15.08 [g]
Water / Liquid	: 100 [ml]	Corr. to 14%	: 99.92 [ml]

Speed : 250 [1/min] Meas. range : 300 [cmg]

Segment	Slope [°C/min]	Ramp time HH:MM:SS	Temperature [°C]	Hold. time HH:MM:SS
0			30	
1	7.5	00:08:16	92	00:01:00



Evaluation

Point	Name	Time [HH:MM:SS]	Torque [BU]	Temperature [°C]
A	Beginning of gelatinization	00:04:38	17	64.5
B	Maximum viscosity	00:09:12	890	93.0

Figura 23. Gráfico de visco-amylografo de Brabender ® (Elizondo, 2020)

CAPITULO 4. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

Las proteínas son moléculas que se encuentran en todas las células vivas y se compone de una o más cadenas largas de aminoácidos cuya secuencia corresponde a la secuencia de ADN del gen que codifica.

El trigo es el único grano que tiene proteínas en el endospermo capaces de interactuar para formar una estructura plástica y suficientemente elástica para permitir que la masa suba sin romperse, se almacenan 4 tipos de proteínas, las globulinas y albuminas que son hidrosolubles, y la gliadina y glutenina que son insolubles, y juntas forman el gluten (Coenders,1996).

Las albuminas se extraen con agua, las globulinas con una solución salina, y las prolaminas con etanol acuoso al 70%, quedando las glutelinas en el residuo de la harina. (Astiasaran,2003)

La proporción entre prolaminas y glutelinas es 2:3 aproximadamente, ambas fracciones en su forma hidratada tienen efectos diferentes sobre las características reológicas de la masa: las prolaminas son responsables sobre todo de la viscosidad, mientras que las glutelinas lo son de la elasticidad de la masa panadera (Astiasarn,2003).

Algunas proteínas tienen carácter enzimático y desempeñan un papel importante en el procesamiento:

- Amilasas. Pueden ser α y β , estas dan la característica del esponjamiento de la masa por acción de las levaduras, por lo que se requiere que la actividad de ambas sea óptima.
- Proteinasa en el trigo son ácidas con un pH óptimo de 4-5 que se caracterizan por participar en el ablandamiento del gluten por hidrólisis de los enlaces peptídicos durante la fabricación del pan.
- Lipasas reduce el envejecimiento del pan.

Las proteínas que contiene la harina suelen ser entre un 8% a un 14%, son compuestos complejos de naturaleza coloidal que contienen nitrógeno, al contacto con el agua son responsables de la formación de gluten (ver tabla 10).

Tabla 12. Clasificación de las harinas para su utilización según su porcentaje de proteína (Calaveras, 2004).

Harina	Características
Harinas <8 %	Harinas con tendencia forrajera o galletera
Harinas con 8%	Son harinas panificables, pero con precedencia de trigos flojos
Harinas con 9%	Son harinas de mediana fuerza
Harinas >11%	Son harinas de gran fuerza utilizadas en repostería y bollería congelada, panes que en su formulación llevan leche, grasa, como el tipo pan de molde y croissant.

Debemos tener en cuenta no sólo la cantidad de proteína sino también las características generales y su naturaleza coloidal, la estrecha relación entre proteína y gluten que son los encargados de aguantar el gas carbónico producido por las levaduras, gracias a su formación de la red proteica, así como la capacidad de hinchamiento de las proteínas en presencia del agua (Calaveras,2004).

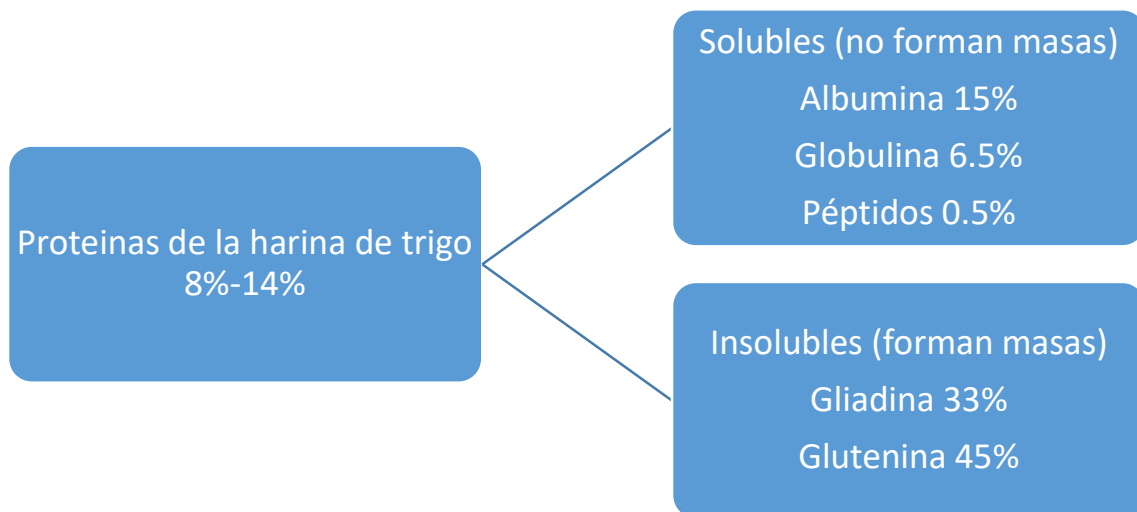


Figura 24. Clasificación de las proteínas de la harina (Calaveras, 2004).

Proteínas que no forman masas son aquellas proteínas solubles que no forman gluten, están en muy pequeñas cantidades, proviniendo principalmente de las capas externas del grano, se disuelven en agua, no tienen importancia en la panificación (Calaveras,2004).

Proteínas formadoras de masas son aquellas proteínas insolubles que al contacto con el agua forman red proteica y son dos:

Gliadina que es de bajo peso molecular, encargada de dar ligación a la masa, se encuentra en menor cantidad y baja elasticidad, pero da extensibilidad (Calaveras,2004).

Glutenina de alto peso molecular encargada de dar solidez al gluten y consistencia, está en mayor cantidad, es elástica, pero de baja extensibilidad (Calaveras,2004), esto se reporta en la figura 21.

El contenido proteico de los alimentos puede ser determinado por diversos métodos que se basen en la determinación del nitrógeno contenido (Nielsen, 2007).

El contenido en Nitrógeno, que se expresa como nitrógeno total o proteína se determina siempre por combustión líquida en la que se convierte el nitrógeno primero en sulfato de amonio y finalmente en amoníaco, el amoníaco formado se destila y se titula con una disolución ácida normalizada, este método se conoce como el método de Kjeldahl (Fisher, 1991).

El método que se desarrolló en el laboratorio de control de calidad de Fábrica de Harinas Elizondo es el método de micro Kjeldahl, mediante un equipo semiautomatizado Foss kjeltec™ 8400.

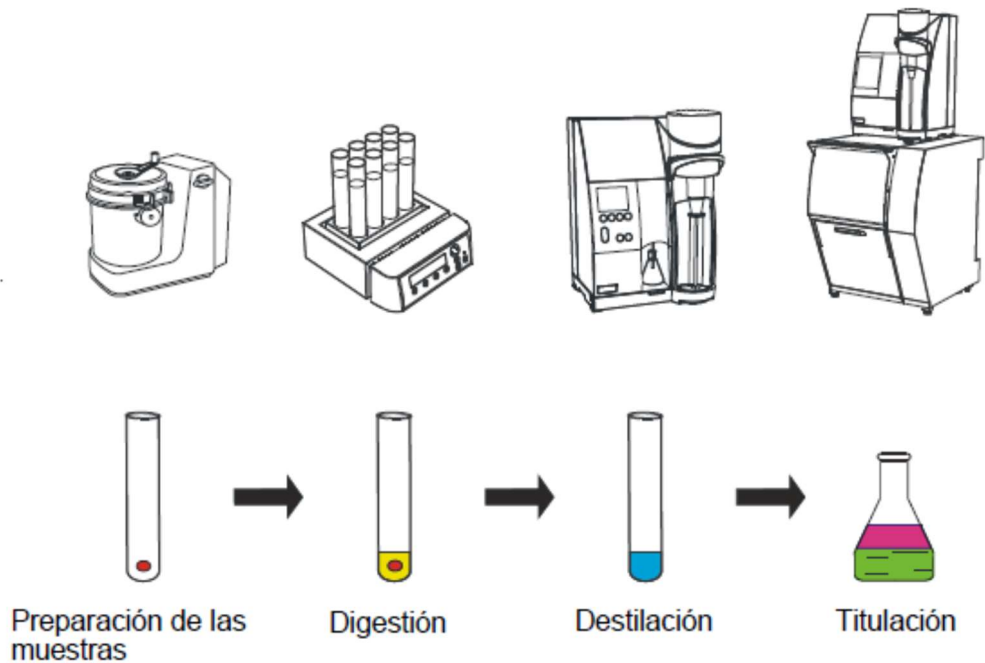


Figura 25. Diagrama de análisis de proteína microkjeltec mediante un equipo Foss kjeltec™ 8400. (Foss,2020)

A continuación, se describe el Método Micro-kjeltec que se trata de la combustión de nitrógeno, el nitrógeno orgánico es convertido en amonio en presencia de un catalizador, se alcaliniza y se desprende, el amonio se atrapa y se cuantifica mediante una titulación.

1. Material equipo y reactivos:

- Rack de tubos para digestión de 250 mL
- 8 tubos de 250 mL
- Espátula
- Tabletillas kjeltabs⁵
- HCL al 0,1 N⁶
- NaOH al 40%v/v.⁷
- NaOH al 10%⁶
- Solución de ácido bórico al 1% con verde de bromocresol y rojo de metilo.⁶

⁵ 3.5 g K₂SO₄ (Sulfato de Potasio)
0.4 g CuSO₄(Sulfato de Cobre) x 5H₂O

⁶ Acido clorhídrico 0.1N JT Baker

⁷ Véase Anexo 3. Preparación de soluciones

- Equipo analizador de proteínas kjeltec 8400.
- Agua destilada.
- H₂SO₄ conc.⁸
- Metanol o etanol puro
- Papel para pesaje libre de Nitrógeno (Weighing paper 3" x 3")⁹
- Pinzas para microbiología

2. Preparación de las muestras

Las muestras deben estar trituradas 0.7 – 1 mm (AOAC,2005).

3. Digestión

Conversión del Nitrógeno (proveniente de las proteínas, por ejemplo) en ion amonio mediante calentamiento (a una temperatura de 400 ° C aproximadamente) en bloque de digestión con adición previa de ácido sulfúrico y catalizador (sulfato de cobre), que desencadenan la conversión del nitrógeno de la muestra en amonio.

Se enciende el autodigestor y para que llegue a una temperatura de 420 °C antes de poder utilizarlo, llegando a esta temperatura, se prende el scrubber¹⁰, la campana y el extractor.

- i. El programa debe estar en 3100 Kj N cereales AACC
- ii. Ejecutar
- iii. Ver: para visualizar los pasos que está llevando el digestor: calentamiento (llegar a los 400 °C), digestión (colocar los tubos en la parrilla) y dejar transcurrir 60 minutos para que se lleve a cabo la

⁸ 98% mínimo marca JT Baker

⁹ Es recomendación del Proveedor para que no interfiera en la medición, por eso debe ser libre de cualquier residuo de Nitrógeno (Foss,2020)

¹⁰ Es una tecnología mediante la cual se limpia una emisión gaseosa contaminante, las moléculas de contaminante de aire son separadas del flujo gaseoso al entrar en contacto con un líquido, que en este caso es una combinación de agua y NaOH 10%, el flujo una vez lavado, está libre de contaminante y puede ser emitido a la atmosfera (condorchem,2020)

misma y enfriamiento (quitar los tubos de la parrilla sin retirarlos del extractor de gases.

- iv. Se coloca un blanco acido en la primera posición de los tubos.
- v. Se pesa una muestra patrón previamente certificada (Leche).
- vi. Se pesa 1.0000 g de muestra en un trozo de papel (Weighing paper 3" x 3) se registra la cantidad en bitácora con ± 0.0009 y se coloca la muestra en los tubos de 250 mL, se pesarán 6 muestras por corrida más un testigo (leche)¹¹.
- vii. Se colocan 2 tabletas de kjeltabs y 12 mL de ácido sulfúrico concentrado a los 8 tubos.
- viii. Se coloca el rack de extracción de vapores sobre los tubos.
- ix. Se coloca en la parrilla de calentamiento ya a 400°C durante 60 minutos.
- x. Transcurridos los 60 minutos se quita de la parrilla y se deja en la parte superior sin quitar el extractor de gases.

Las pastillas funcionan de catalizador y modifica las propiedades del H_2SO_4 concentrado, para que no se evapore ya que su temperatura de ebullición es entre 350 °C y 400 °C, quita de en medio la materia orgánica, Carbohidratos, grasas y fibra dietética la convierte en CO_2 (dióxido de carbono) y se carboniza. La sal (K_2SO_4) es el medio para llevar el cobre y el cobre es el encargado de realizar la reacción química (Foss,2020)

4. Destilación.

Separación por arrastre con vapor del amoniaco y posteriormente solubilización en una solución ácida de concentración conocida. En esta etapa se adiciona hidróxido de sodio al 40% (NaOH) a la disolución de amonio (NH_4) obtenida previamente, cambiando el pH, generándose amoniaco (NH_3) y vapor de agua, que arrastra al mismo. La solubilización posterior en la solución ácida permite la conversión de NH_3 a catión amonio, el cual se encuentra junto con el exceso de solución ácida añadido. El amonio (NH_4) puede recogerse sobre dos medios: ácido fuerte en exceso de concentración

¹¹ Material de referencia que se consigue en el CENAM (Centro Nacional de Metrología) y viene con un certificado de análisis, el resultado obtenido en el laboratorio debe estar en el rango que especifica el certificado.

conocida, o bien, ácido bórico en exceso medido. Los tubos se colocan en un compartimento y se le va a adicionar la solución receptora (ácido bórico al 1% con los indicadores) y el álcali al 40%.

- i. Se prende el recirculador – enfriador
- ii. Se prende el destilador

El programa se maneja por medio de touch (un toque suave con el dedo), para poder desplazarte dentro del programa hacia arriba y abajo se utiliza las teclas de menú.

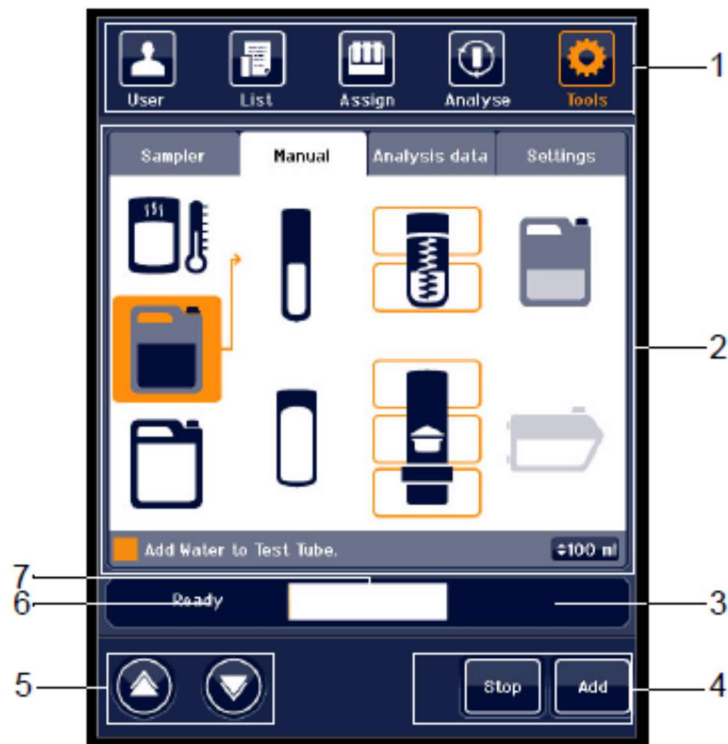


Figura 26. Visor de pantalla táctil del kjeltec 8400 (Foss,2020)

- | | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| a. Teclas del menú | 5. Teclas de navegación |
| b. Campos de información | 6. Campo de información del progreso |
| c. Campo de mensaje | 7. Barra de progreso/ minutos |
| d. Teclas de acción | |

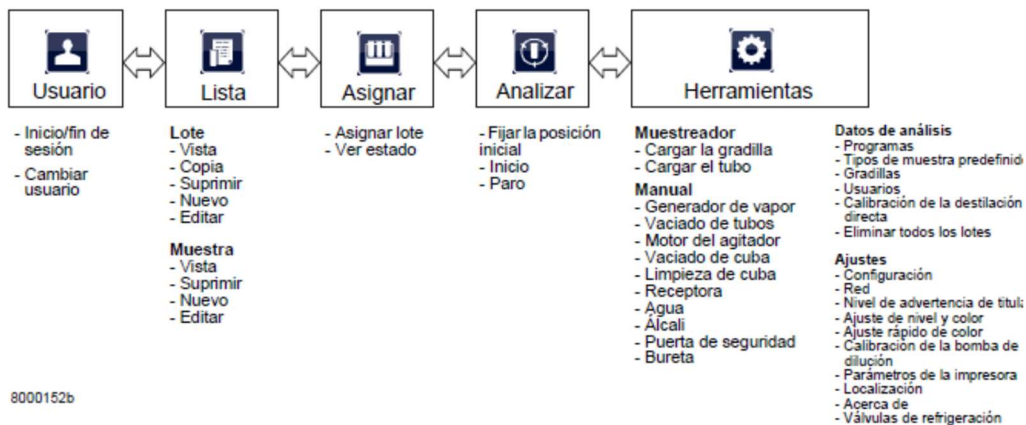


Figura 27. Menú del sistema de iconos de la pantalla (Foss, 2020)

Teclas de menú	Teclas de acción	Teclas de navegación
Usuario	Retorno	Re Pág
Lista	Guardar	Av Pág
Asignar	Suprimir	
Analizar	Nuevo lote	
Herramientas	Nueva muestra	
	Nuevo	
	Editar/Abrir	
	Impresora	
	Detalles	
	Inicio	
	Paro	

Iconos de estado	Iconos eventos
Lote preparado	Advertencia
Lote en curso	Error
Lote terminado	
Lote no editable	
Detalles	

Figura 28. Sistemas de menú (Foss,2020)































Iconos de muestreador	Iconos manuales	Iconos de analizadora data	Iconos de parametros
 Gradilla A/B/C	 Generador de vapor	 Programas	 Configuración
 Visión general de la gradilla	 Tubo de ensayo	 Tipos de muestra	 Red
	 Agitador	 Gradillas	 Nivel de advertencia de titulador
	 Vaciado/limpieza de cuba	 Usuarios	 Ajuste de nivel y color
	 Depósito de receptora	 Calibración por destilación directa	 Ajuste rápido de color
	 Depósito de agua	 Eliminar todos los lotes	 Calibración de la bomba de dilución
	 Depósito de alcali		 Parámetros de la impresora
	 Puerta de seguridad		 Localización
	 Vaciar la bureta al vaso de valoración		 Acerca de
	 EVaciar la bureta al tanque de valoración		 Válvulas de refrigeración
	 Llenar bureta		
	 Depósito de titulación		

Figura 29. Edición (Foss,2020)

- iii. Se calienta el equipo generando vapor por 15 min. Mínimo
Generación de vapor:
 - a) Menú principal USUARIO (no tiene clave de acceso)
 - b) Herramientas
 - c) Manual
 - d) Iniciar generación de vapor
 - e) Iniciar

Transcurridos los 15 minutos se detiene la generación de vapor con el icono para generador de vapor.

iv. Se programa el equipo para analisis de muestras

Se coloca en el icono de listas

Indicas "Crear"

Se coloca en el nuevo lote creado, el cual se modifica colocando los siguientes datos:

- a) Nombre del lote : Nombrar el lote segun convenga
- b) Tipo de analisis : Kejeldahl (no se modifica)
- c) Nombre del rack: 8 rack, 250 mL (siempre debe decir así)
- d) Programa

- Harinas: Para analizar Harinas, Trigos, subproductos
- AN300: Para calibración de equipo

v. Muestras

Nombre de la muestra: identificar la muestra según su lote (MFXX)

Cantidad de muestra: se coloca la cantidad de muestra que se pesó y registro al principio

Tipo de muestra predefinido: según el producto a analizar, como son:

- Blancos. Las 2 primeras muestras de cualquier material a analizar
- Leche. Para la muestra de referencia.
- Harinas: Para harinas (MF, MS, AQ, LE, SA, MK, SK, SC, SEMOLA)
- Trigos: Cualquier variedad de grano de trigo, trigo rasgado, hojueleado, blanco partido.
- Salvado. Acemita, Grano, Salvado (comestible y blanco de Kellogs), Harina Integral Gruesa, Harina Integral fina, Salvadillos (especial de Kelloggs, Taifelds, especial blanco de Kelloggs).

vi. Tipo de resultado

% de proteina o % de N (nitrogeno para bipea). Se repiten los pasos i al vi hasta obtener 6 muestras más por lote

vii. Se asigna el lote que se va a analizar.

5. Valoración (titulación)

Medición de la cantidad de ácido neutralizado por el amoníaco disuelto, lo que indica la cantidad de Nitrógeno presente en la muestra inicial. Según el medio de recogida en la destilación, el amonio se valora de dos formas:

Recogida sobre ácido fuerte en exceso medido: se emplea una base y el indicador rojo de metilo

Recogida sobre ácido bórico en exceso medido.

$$\% \text{ Proteína} = N \times F$$

Donde: Factor

$$\% = \frac{(V_M - V_B) \times N \times 14.007}{m} \times 100^{12}$$

m(mg)

Donde:

V_M = Volumen ácido gastado por muestra

V_B = Volumen ácido gastado por blanco

14.007 = peso molecular del nitrógeno

m = Peso de la muestra en mg

N = Normalidad del HCl

Producto	Factor
Trigo	5.83
Harina	5.70
Salvados	6.31
Leche	6.38

TABLA 13. FACTORES PARA LA OBTENCIÓN DE % DE PROTEÍNA A PARTIR DE NITRÓGENO (FOSS, 2020)

¹² Este cálculo es el que hace el equipo

Es la determinación cuantitativa de un compuesto en una muestra, por la adición controlada de un reactivo de concentración conocida (HCl 0.1N). En esta etapa del proceso, se va metiendo una por una cada tubo y se da comienzo

Las muestras se meten primero los 2 blancos por cada ensayo, y al realizar el proceso de destilación y titulación debe dar un valor de entre 0.01 – 0.15 mL (Foss,2020), y posteriormente se hace con orden en que se ingresaron las muestras, es necesario identificar correctamente cada muestra con el fin de no tener errores al ingresar cada tubo. Se van tomando los resultados como van apareciendo en el programa para corregir la humedad a 14% para Harinas y 12% subproductos.

6. Limpieza del equipo

- i. Se apaga el scrubber (limpiador de gases)
- ii. Se apaga la parrilla
- iii. Se apaga el extractor
- iv. Se quita el exhaust (succionador de vapores) y se le coloca su bandeja contra desechos.
- v. Se desecha agua de scrubber limpiadora en cada corrida
- vi. El hidróxido de sodio 10% se cambia cuando el indicador pierde el color

Al terminar de utilizar el equipo se deja limpio, se lavan los tubos de ensayo con solución extran neutro, se limpian paredes de la campana y se limpia la parrilla, de posibles derrames de ácido, la cámara de destilación se limpia con un paño húmedo y si es necesario con esponja y solución extran alcalina. Se genera vapor por lo menos 2 veces por 15 minutos cada una para retirar cualquier resto de nitrógeno en los cabezales.

7. Calibración

El equipo debe calibrarse cada que se cambia la solución receptora (ácido bórico y los indicadores) Ya preparadas las soluciones se va a hacer una recuperación de sulfatos (prueba de eficiencia) y esta debe estar en un rango de 99.5% a 100.5% este es un indicador que la solución está debidamente hecha.

- i. Se pesan 0.12 g de Sulfato de Amonio \pm 0.0009 previamente seco¹³ y se registran los datos, se mete directo al destilador.
- ii. Se ajusta el auto digestor a AN300 y recuperación, se lleva a cabo el análisis.
- iii. Según el recobro que se haya obtenido en cada muestra se hará un ajuste de color de la siguiente manera:
 - Menú herramientas
 - Ajustes
 - Ajuste nivel y color
 - Seguir las instrucciones de la guía de ajuste de color

Cuando dos o más muestras seguidas estén en el rango deseado sabemos que el equipo esta calibrado y listo para ser utilizado.

¹³ En una estufa a 102 °C durante 4 horas

CONCLUSIONES

El método Microkajeltec Foss semiautomatizado es un método primario que te ahorra mucho tiempo en comparación con el método tradicional, que analiza más muestras en un lapso menor y que gracias a sus estrictos controles se tienen resultados confiables y veraces.

Es un equipo y una técnica compleja que necesita ser operado por personal capacitado tanto para realizar la técnica, como para realizar las soluciones y validación del equipo, para poder tener resultados confiables, esto se logra gracias a la capacitación del personal y la minuciosa elaboración de las soluciones y controles de esta.

En el laboratorio de Fábrica de Harinas Elizondo ha contribuido a analizar de una manera más exacta, y con mayor rapidez un mayor número de muestras, ya que la empresa ha crecido a lo largo de estos años, contando ya con cuatro molinos, de los cuales llegan muestras diarias y el Foss nos ha permitido el análisis de harinas, de materia prima y subproducto , también nos sirve como referencia para la obtención de datos patrón, para calibrar el método infra rojo, esto para trigo (materia Prima) mediante analizadores NIR, equipos que se encuentran en las diferentes plantas y es una manera de saber cuánta proteína tiene el trigo a la hora de la recepción de materia prima, ya que en base a la proteína contenida es el costo y el destino del mismo.

La implementación del equipo no fue fácil, ya que se deben tener estrictos controles sobre el equipo desde la preparación de la solución, la calidad de agua que se debe usar, el mantenimiento así como la calidad de los insumos que se utilizan, el total conocimiento de la técnica y sobre todo la minuciosa labor de pesar las muestras, todo esto nos lleva a realizar una técnica limpia sin errores, también el checar con muestras patrón es importante para saber que nuestro equipo está trabajando en óptimas condiciones.

Y a pesar de que es un equipo costoso, que requiere de mantenimientos preventivos y limpiezas constantes, e insumos de calidad que se considerarían costosos, es un equipo que ha facilitado el trabajo en el Laboratorio de Control de Calidad debido a la optimización de resultados y ahorro en el tiempo de análisis, por lo que agiliza la liberación de los productos en tiempos más cortos.

RECOMENDACIONES

Personal.

- 1 Es necesario contar con personal altamente capacitado para poder utilizar el equipo, ya que se trabaja con sustancias que son altamente peligrosas y corrosivas, así como nocivas para la salud.
- 2 El personal debe conocer bien la técnica y manejar el pesaje de las muestras con cierta habilidad, así como conocer muy bien la preparación de las soluciones receptoras como el álcali, siguiendo minuciosamente las instrucciones para realizarlo, ya que de ello depende los resultados que arroje el equipo.
- 3 Deberá ser validado cada que la solución receptora es cambiada, y deberá tener mantenimientos preventivos y correctivos por el proveedor por lo menos anualmente debido al desgaste corrosivo que puede llevar, debido a los ácidos utilizados.
- 4 Tendrá limpiezas minuciosas por parte de los analistas cada que el equipo se utilice, tanto al iniciar la técnica como al finalizarla.

Infraestructura

- 1 Debe contar con instalaciones óptimas como extractor de aire, campana de extracción de gases, enfriador con recirculador de agua, equipo pertinente para el lavado de los gases tóxicos que genera (scrubber) ya que pueden ser nocivos para la salud,

Seguridad e higiene

- 1 Se debe utilizar equipo de seguridad como son mascara de gases, guantes de látex resistentes al ácido, bata, botas de seguridad, debe manejar los reactivos con mucho cuidado y debe tener un kit de seguridad en caso de tener derrames.
- 2 Los residuos deben ser retirados y apartados en garrafas, no se debe derramar nada en el drenaje municipal, ya que los residuos se manejarán como residuos tóxicos que se deberán entregar a una empresa dedicada al retiro de residuos peligrosos,

deberán estar bien etiquetadas y mientras se encuentren en la empresa deberán estar alejadas y resguardadas bajo estrictos controles de seguridad.

REFERENCIAS

- AACC International Method 08-03.01(1999) Ash – Rapid (2-hours, 600 °)
- Alvarado Juan de Dios, Aguilera (2001). Métodos para Medir Propiedades Físicas de los Alimentos. Zaragoza, España Ed. Acribia.
- AOAC Official Method 2001.11(2005) Protein (crude) in animal Feed, Forage (plant Tissue), Grain, and Oilseeds
- Astiazarán I., Martínez A. (2003). Alimentos, Composición y Propiedades. Madrid España: Ed. Mac Graw Hill.
- Aykroyd y Doughty Joyce (1970), El trigo en la Alimentación Humana, Roma colección FAO.
- Brabender disponible en <https://www.brabender.com>, septiembre,2020
- Calaveras Jesús (2004), Nuevo tratado de Panificación y Bollería, Madrid, España: Ed. Ediciones mundi-prensa.
- Centro Nacional de Metrología <https://www.cenam.mx> , Diciembre,2020
- Chopin, disponible en <https://www.chopin.com>, Marzo, 2020.
- Codex Alimentarius, normas para la harina de trigo CXS152-1985 <https://www.codexalimentarius.org>, Febrero, 2019
- Coenders A. (1996). Química Culinaria. Zaragoza España: Ed. Acribia.
- El crisol, disponible en <https://www.elcrisol.com.mx>, Septiembre,2020
- Fábrica de harinas Elizondo S.A. de C.V. Iván González. Disponible en <https://www.harinaselizondo.com>, Enero, 2020.
- Foss. <https://www.foss.dk>, enero, 2020.
- Foss analytical, (2008), Owner´s Guide Foss Kjelttec 8400 Analyser Unit , Denmark.
- Foss analytical, (2008), Owner´s Guide Kjelttec 8400 Analyser Unit Tecator Digestor Auto, Denmark.

Foss analytical, (2008), Owner´s Guide Kjeltec 8400 Analyzer Unit Tecator Scrubber, Denmark.

Gestion de calidad <https://www.gestion.org>, Septiembre 2020

Hansen Bertrand L., (1980), Teoria y practica del control de calidad 2da edición , Ed. Hispano Europeo

Hart Leslie, Harry Fisher (1991), Análisis Moderno de los Alimentos, Zaragoza España, Ed. Acribia

Konica minolta disponible en <https://www.konicaminolta.com>, septiembre, 2020

Scrubbers y lavadores de gases <https://www.condorchem.com> Noviembre,2020

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994 Bienes y servicios. Método para la cuanta de bacterias aerobias en placa.

Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994 Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994 Bienes y servicios. Método para la cuanta de mohos y levaduras en alimentos.

Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994 Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

Nielsen Suzanne (2007), Análisis de los alimentos Manual de Laboratorio, Zaragoza España, Ed. Acribia

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, <https://www.fao.org>, Febrero,2020

Perten Instruments, disponible en <https://www.agromg.com>, Septiembre;2020

Quaglia, (1996), Ciencia y Tecnología de la Panificación, Zaragoza, España, Editorial Acribia.

Slideshare <http://es.slideshare.net/refugioor/propiedades-reologicas-curso>), Enero, 2020

ANEXO 1. FACTOR DE CORRECCIÓN PARA CENIZAS AL 14%

HUMEDAD	FACTOR	HUMEDAD	FACTOR	HUMEDAD	FACTOR
9	0.94505	12	0.97727	15	1.01176
9.1	0.94609	12.1	0.97838	15.1	1.01296
9.2	0.94714	12.2	0.97950	15.2	1.01415
9.3	0.94818	12.3	0.98062	15.3	1.01535
9.4	0.94923	12.4	0.98174	15.4	1.01655
9.5	0.95028	12.5	0.98286	15.5	1.01775
9.6	0.95133	12.6	0.98398	15.6	1.01896
9.7	0.95238	12.7	0.98511	15.7	1.02017
9.8	0.93440	12.8	0.98624	15.8	1.02138
9.9	0.95450	12.9	0.98737	15.9	1.02259
10	0.95556	13	0.98851	16	1.02381
10.1	0.95662	13.1	0.98964	16.1	1.02503
10.2	0.95768	13.2	0.99078	16.2	1.02625
10.3	0.95875	13.3	0.99193	16.3	1.02748
10.4	0.95982	13.4	0.99307	16.4	1.02871
10.5	0.96089	13.5	0.99422	16.5	1.0294
10.6	0.96197	13.6	0.99537	16.6	1.03118
10.7	0.96305	13.7	0.99652	16.7	1.03241
10.8	0.96413	13.8	0.99768	16.8	1.03365
10.9	0.96521	13.9	0.99884	16.9	1.0349
11	0.96629	14	1	17	1.03614
11.1	0.96738	14.1	1.00116	17.1	1.03739
11.2	0.96847	14.2	1.00233	17.2	1.03865
11.3	0.96956	14.3	1.00350	17.3	1.0399
11.4	0.97065	14.4	1.00467	17.4	1.04116
11.5	0.97175	14.5	1.00585	17.5	1.04242
11.6	0.97285	14.6	1.00703	17.6	1.04369
11.7	0.97395	14.7	1.00821	17.7	1.04496
11.8	0.97506	14.8	1.00939	17.8	1.04623
11.9	0.97616	14.9	1.01058	17.9	1.0475

**ANEXO 2. CORRECCIÓN DE PESO DE LA MUESTRA AL 14% DE BASE
HÚMEDA, PARA FALLING NUMBER.**

Contenido de humedad (%)	Peso (g)	Contenido de humedad (%)	Peso (g)	Contenido de humedad (%)	Peso (g)
8.0	6.54	11.4	6.80	14.8	7.07
8.2	6.56	11.6	6.81	15.0	7.08
8.4	6.57	11.8	6.83	15.2	7.10
8.6	6.59	12.0	6.84	15.4	7.12
8.8	6.60	12.2	6.86	15.6	7.13
9.0	6.62	12.4	6.87	15.8	7.15
9.2	6.63	12.6	6.89	16.0	7.17
9.4	6.64	12.8	6.90	16.2	7.18
9.6	6.66	13.0	6.92	16.4	7.20
9.8	6.67	13.2	6.94	16.6	7.22
10.0	6.69	13.4	6.95	16.8	7.24
10.2	6.70	13.6	6.97	17.0	7.25
10.4	6.72	13.8	6.98	17.2	7.27
10.6	6.73	14.0	7.00	17.4	7.29
10.8	6.75	14.2	7.02	17.6	7.31
11.0	6.76	14.4	7.03	17.8	7.32
11.2	6.78	14.6	7.04		

ANEXO 3. PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO Y SOLUCIONES PARA DETERMINACION DE PROTEINA

1. Solución Salina al 2.5% (Alveo Lab)

En 1 L de agua destilada disolver 25 g de Cloruro de Sodio (NaCl)¹⁴

2. Solución salina al 2.0 % (Glutomatic)

En 1 L de agua destilada disolver 20 g de Cloruro de sodio (NaCl)¹³

3. Soluciones para microbiología

Agar. Su preparación es relativamente sencilla siguiendo las instrucciones de la etiqueta del frasco (forma y proporción de reconstitución, disolución, método de esterilización recomendado, propósito primario del medio, lista de ingrediente que constituyen la mezcla y pH después de la esterilización). Para la rehidratación de los medios debe utilizarse agua destilada con pH neutro, esterilizar a 120 °C por 15 min., antes de utilizarlos sumergirlos en baño maría a 44 °C hasta que se atemperen.

Agua peptonada. Pesar 1 g de peptona de carne y 8.5 g de cloruro de sodio y diluirlo en 1 L de agua destilada, ajustar el pH a 7 ± 2 con solución de hidróxido de sodio al 1N, distribuir en botellas de plástico de 250 mL llenando a 140 mL y en botellitas de 30mL llenando a 9.5 mL, esterilizar a 120 °C por 15 min.

Hidróxido de Sodio al 1.0 N. Pesar 40 g de hidróxido de sodio, disolver en 100 mL de agua destilada en un matraz aforado de 1000 mL, una vez disuelto llevar el aforo.

Solución de Acido tartárico 10% estéril. Pesar 10g de ácido tartárico y disolver en 1 L de agua destilada, esterilizar a 120 °C por 15 min.

4. Solución para proteína kjeltec

Solución receptora. En 5 L de agua destilada muy caliente (debe estar a punto de la ebullición) se disuelve 100 g de Ácido Bórico (H_3BO_3), debe estar en constante agitación,

¹⁴ Grado Reactivo

se deja enfriar hasta llegar a 60.5 °C y se afora a 9.830 L, se le agrega 70 mL de Rojo de metilo, y 100 mL de verde de bromocresol, se deja en agitación por un largo tiempo.

Se realiza la prueba del color en 25 mL de solución se agrega 100 mL de agua destilada y el color a obtener debe ser gris rata, uva rojiza.

Rojo de Metilo. Disolver 0.1 g. en 100 mL de etanol o metanol 95%.

Verde de Bromocresol. Disolver 0.1 g. en 100 mL de etanol o metanol 95%.

Azul de Bromotimol. Disolver 0.1 g. en 100 mL de etanol o metanol 95%

Álcali (Hidróxido de Sodio al 40%). Disolver en 10 L de agua 4 kg de perlas de hidróxido de sodio en agua destilada.

Hidróxido de Sodio al 10% (Scrubber). Disolver en 10 L de agua destilada 1 kg de perlas de hidróxido de sodio, agregar un chorro de azul de bromotimol para que quede una solución de color azul, la solución tendrá que desecharse cuando pierda la coloración.