



SEP
SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
PÚBLICA



Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

INGENIERÍA BIOQUÍMICA

“MONITOREO ESTADÍSTICO DE CRECIMIENTO BACTERIANO PARA PASTAS DE SÉMOLA EN UN PASTIFICIO”

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PRESENTA:

ALEJANDRA CANCINO ANTONIO

ASESOR INTERNO:

M.C. JOSÉ ALFREDO SANTIZ GÓMEZ

ASESOR EXTERNO:

IQ. CLAUDIA QUIROZ LÓPEZ

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

JUNIO, 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al GRUPO INDUSTRIAL LA ITALIANA por haberme brindado la oportunidad de realizar las prácticas profesionales dentro de sus instalaciones y en especial a la IQ. Claudia Quiroz López por todas las enseñanzas que me brindo a lo largo de estos meses en el ámbito laboral, profesional y personal.

Al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por haber sido mi casa de estudios y a todos mis profesores por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para formarme como profesionista y ser humano.

A mis padres, Oscar Cancino Galdámez y Elisa Antonio Ruiz por todo el apoyo que me dieron desde el momento en que decidí estudiar ingeniería bioquímica, sobre todo a mi mamá por hacerme compañía en las noches largas y tenerme toda la paciencia del mundo. A mi hermana, Abril por siempre darme ánimos, a mis tíos y abuelos por siempre cuidarme.

A mis amigos, en especial a Carlos Alberto Pinto Orozco, Dania Sinaí Alamias Flores y Oswaldo de Jesús Vázquez Hernández, por siempre estar ahí cada vez que lo necesite dándome su apoyo, paciencia, buenas vibras y cariño en todos los aspectos de la vida; y a todos mis demás compañeros, sin ustedes la universidad no habría sido lo mismo.

RESUMEN

Las pastas son uno de los platillos de mayor consumo en el mundo y aunque su invención no se atribuye a la cultura italiana, es el platillo más representativo de su gastronomía y constituyen la base de su alimentación. En México las pastas se consumen como la primera entrada en el menú.

La elaboración de la pasta seca a nivel industrial es sencilla y consta de tres ingredientes, el principal es la sémola de trigo duro. Las buenas prácticas de manufactura (BPM) y las buenas prácticas de higiene (BPH) son una medida de control que asegura la inocuidad del producto desde la recepción de la materia prima, proceso de elaboración hasta el empaquetado de las pastas.

En el presente proyecto se realizó el monitoreo del crecimiento microbiológico en cinco tipos de pasta de sémola. Dicho análisis se llevó a cabo durante los cinco primeros meses del año en curso, durante los cuales se determinó la carga microbiológica de bacterias mesofílicas aeróbicas, coliformes totales, coliformes fecales, hongos y levaduras.

El análisis se realizó en dos etapas: en la primera se descartó la existencia de coliformes totales, hongo y levaduras, mientras en la segunda etapa los valores de mesófilos aerobios analizados fueron menores a 50 UFC/g, valores muy por debajo de los límites establecidos por la empresa y los coliformes fecales fueron descartados al no obtenerse pruebas positivas. Por lo tanto, el sistema de calidad implementado por la empresa junto con las BPM Y BPH se lleva a cabo de manera eficiente, logrando como resultado pastas inocuas y de alta calidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO	2
3. PROBLEMAS A RESOLVER.....	4
4. OBJETIVOS.....	5
4.1. Objetivo general	5
4.2. Objetivos específicos.....	5
5. JUSTIFICACIÓN.....	6
6. MARCO TEORICO	7
6.1. Pastas alimenticias.....	7
6.2. Origen.....	7
6.3. Clasificación.....	7
6.4. Trigo.....	9
6.4.1. Clasificación	11
6.4.2. Trigo Durum.....	13
6.5. Materia prima.....	15
6.5.1. Sémola	15
6.5.2. Harina de trigo	15
6.5.3. Agua.....	16
6.6. El gluten en la industria de las pastas	16
6.7. Proceso de elaboración de la pasta.....	16
6.7.1. Mezclado y amasado	17
6.7.2. Laminado o Extrucción	17
6.7.3. Desecación	18
6.7.4. Almacenamiento y Envasado	20
6.8. BPM y BPH.....	20
6.8.1. Mantenimiento de áreas, equipo e instalaciones	21
6.8.2. Operación con personal calificado	21
6.8.3. Control y manejo de residuos, vertimientos y emisiones.....	23

6.8.4.	Identificación y control de riesgos y/o contaminación.....	24
6.8.5.	Control y seguimiento a procesos de distribución.....	24
6.8.6.	Gestión documental y registros.....	24
6.9.	Análisis microbiológico.....	24
6.9.1.	Microorganismos en los alimentos.....	25
6.9.2.	Criterios de calidad	25
6.9.3.	Medios de cultivo utilizados	26
6.9.4.	Cuenta en placa.....	27
7.	PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	29
7.1.	Materiales	29
7.1.1	Materia prima.....	29
7.2.	Métodos	29
7.2.1.	Preparación y dilución de la muestra para su análisis microbiológico	29
7.2.2.	Toma de muestra de producto terminado.....	29
7.2.3.	Determinación de bacterias aerobias mesófilas	30
7.2.4.	Determinación de coliformes totales en placa.....	30
7.2.5.	Determinación de hongos y levaduras	31
7.2.6.	Determinación de coliformes totales y fecales por la técnica del número más probable.....	31
8.	RESULTADOS	32
9.	CONCLUSIONES	36
10.	RECOMENDACIONES.....	37
11.	EXPERIENCIA PERSONAL PROFESIONAL ADQUIRIDA	38
12.	COMPETENCIAS DESARROLLADAS	39
13.	FUENTES DE INFORMACIÓN	40
	ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del trigo en México. Fuente: Serna, 2001.	11
Tabla 2. Requisitos microbiológicos para pastas alimentarias secas.....	26
Tabla 3. Requisitos para las pastas alimenticias secas.....	26
Tabla 4. Requisitos sensoriales para pastas alimenticias secas.....	26
Tabla 5. Límites máximos permisibles por la NOM	32
Tabla 6. Número más probable (NMP/100 mL)	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Criterios de clasificación de la pasta.....	8
Figura 2. Clasificación de las pastas de acuerdo a su forma.....	9
Figura 3. Estructura del grano de trigo	10
Figura 4. Efectos de una mezcla no homogénea.....	17
Figura 5. Forma correcta de lavarse las manos.....	22
Figura 6. Vestimenta adecuada	23
Figura 7. Cuenta en placa de bacterias.....	28
Figura 8. Procedimiento para la toma de muestra en producto terminado de pastas.	30
Figura 9. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo spaghetti.....	33
Figura 10. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo estrella.....	34
Figura 11. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo moño mediano	34
Figura 12. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo codo rayado	35
Figura 13. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo cabello de ángel	35

1. INTRODUCCIÓN

Las pastas son platillos consumidos en la mayor parte del mundo, siendo las más representativas de la gastronomía italiana. Ahorrándonos tiempo y dinero por la facilidad y versatilidad a la hora de cocinar, además de una larga vida de anaquel, convirtiéndolas en las preferidas de los consumidores.

La sémola de trigo duro es la materia prima de las pastas y uno de sus tres ingredientes, además de la harina de trigo y el agua. El proceso de elaboración a nivel industrial es sencillo, siendo la desecación la etapa más importante, ya que, de no retirarse el contenido de humedad necesario, los microorganismos podrían proliferar. Es por ello que durante el proceso productivo las BPM y las BPH adquieren mucha importancia, ya que existen puntos críticos que podrían contaminar al producto, como las materias primas, equipos y personal. Un ejemplo de esto son los operadores que, al entrar en mayor contacto con la línea de producción, deben tener especial cuidado en su higiene personal además de cumplir con el uniforme adecuado. El descuido de las debidas medidas higiénicas podría provocar enfermedades en el consumidor.

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA), son uno de los problemas de salud pública que se presentan con más frecuencia en la vida cotidiana de la población. Los peligros causales de las ETA pueden provenir de las diferentes etapas que existen a lo largo de la cadena alimentaria, e independientemente del origen de la contaminación, una vez que este alimento llega al consumidor puede causar un agravio a la salud pública y un severo daño a la economía y reputación de las empresas.

Durante este proyecto se realizó un monitoreo a lo largo de cinco meses del crecimiento bacteriano de mesofilicos aerobios, coliformes totales, coliformes fecales y hongos y levaduras en producto terminado de pastas.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO

GRUPO INDUSTRIAL LA ITALIANA “*Una empresa de tradición con la mirada puesta en el futuro*” comenzó con una pequeña fábrica fundada en la ciudad de Puebla, México, en el año de 1920, por una familia de inmigrantes italianos que ofrecían en cada uno de sus productos los secretos de la tradición europea para la elaboración de pastas.

Actualmente cuenta con nueve plantas productivas instaladas en Puebla y Guanajuato: una planta de galletas, un molino de arroz, un molino de maíz y cuatro molinos de harina, tres de ellos en Puebla y uno en Salamanca, así como dos plantas de pastas en las cuales se produce y maquilan presentaciones de 160 g, 180 g, 200 g, 500 g, 1 kg, 2.8 kg, 3 kg, 5 kg y 3.3 lb. La planta ubicada en Puebla cuenta con nueve líneas y veinte envasadoras, tres de ellas manuales y la otra se localiza en Salamanca.

Gracias al éxito de “LA ITALIANA, FABRICA DE PASTAS” se logra la fundación de otras compañías que actualmente forman parte del grupo: MOLINO HARINERO SAN BLAS®, GALLETAS GISA®, ITALGRANI® y TRANSPORTES ALIANO. Utilizando siempre tecnología de punta en los procesos industriales que aseguran la calidad y preferencia de los consumidores a nivel nacional e internacional.

GRUPO INDUSTRIAL LA ITALIANA distribuye sus productos a lo largo y ancho del país, exportando también a mercados internacionales; generando más de 2,000 empleos permanentes.

Al ser una empresa de origen familiar su misión es elaborar productos de excelente calidad, manteniendo la tradición, prestigio e innovación en sus productos y procesos.

Su visión es transmitir la pasión con la que hacen sus productos a todos sus consumidores para que puedan disfrutar de deliciosos platillos, mediante su presencia en un mercado globalizado y la preferencia de los mismos hacia la marca, cuidando siempre la excelencia en el trato hacia el cliente, empleados y proveedores.

La mayor parte del trabajo durante el periodo de residencia profesional fue práctica y el área de trabajo fue el Laboratorio de Microbiología del departamento de Control de Calidad. En el cual se efectuaban análisis microbiológicos periódicos y sistemáticos a la materia prima, producto terminado, controles ambientales y muestras de agua

provenientes de las nueve plantas que conforman el GRUPO INDUSTRIAL LA ITALPASTA. La recepción de las muestras de producto terminado de pastas era en promedio de 1-3 veces por semana. Dicho laboratorio se encuentra frente al laboratorio de fisicoquímica, tiene un área aproximada de 30 m²; cuenta con un área de siembra en la cual se encuentran dos estufas y dos mesas, una de ellas con balanza analítica en la cual se pesan las muestras, medios de cultivo y reactivos, la otra mesa se utiliza para inocular y verter medio; un área común donde se encuentra un lavabo, la computadora, ollas de material sucio y una autoclave; un cuarto de reactivos con un refrigerador y dos casilleros grandes, uno para material de vidrio y otro para el almacenamiento de reactivos, así como de un sanitario.

Cuando los análisis a efectuar requerían el muestreo de las materias primas, las bodegas de Santa Anita, Anexa y Los Arcos de GRUPO INDUSTRIAL LA ITALPASTA, también formaron parte del área de trabajo.

3. PROBLEMAS A RESOLVER

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) se producen por la ingestión de alimentos y/o bebidas contaminados con microorganismos patógenos que afectan la salud del consumidor en forma individual o colectiva, siendo la diarrea y el vómito los síntomas más comunes. Estas constituyen un importante problema de salud pública debido al incremento en su ocurrencia, surgimiento de nuevas formas de transmisión, aparición de grupos poblacionales vulnerables, el aumento de la resistencia de los patógenos a los compuestos antimicrobianos y el impacto socioeconómico que ocasionan (Rosas y Acosta, 2001).

La incidencia de estas enfermedades es un indicador directo de la calidad sanitaria de los alimentos, como las pastas. Se ha demostrado que la contaminación de éstos puede ocurrir durante su procesamiento o por el empleo de materia prima contaminada. El control de los microorganismos causantes de estas depende en cierta forma del método analítico que se utiliza para su detección. Se requiere obtener análisis de las materias primas empleadas en su elaboración e, incluso, de las manos de las personas involucradas en la manipulación de las pastas secas.

Debido a lo antes mencionado, es necesario realizar monitoreos microbiológicos periódicos que sirvan como una referencia en cuanto al crecimiento bacteriano en las pastas secas que permita localizar los puntos críticos de control a lo largo del proceso de elaboración, así como de una bitácora que evidencie el cumplimiento de las BPM y BPH y en caso de encontrarse pastas con una carga microbiana mayor a los límites permisibles la identificación del lote sea más rápida, asegurando pastas inocuas y de alta calidad.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Monitorear estadísticamente el crecimiento bacteriano en pastas de sémola de trigo para asegurar el cumplimiento de las BPM y BPH.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento microbiológico en cinco tipos de pasta de sémola de trigo.
- Determinar mediante cuenta en placa la presencia de mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras, además determinar la presencia de coliformes fecales por el NMP.
- Determinar el cumplimiento adecuado de las BPM y BPH.

5. JUSTIFICACIÓN

La importancia de los microorganismos en los alimentos tiene dos aristas. En el aspecto positivo los microorganismos alteran los constituyentes de los alimentos proporcionando compuestos que confieren sabores característicos. Por otro lado, y la razón principal de su estudio, se debe a las acciones que los vuelven responsables de su deterioro disminuyendo la vida de anaquel y generando problemas en la salud de los consumidores.

Desde el punto de vista sanitario los alimentos pueden ser vehículos de infecciones o intoxicaciones graves. Causados por la contaminación de estos, debido a la falta de medidas higiénicas en el proceso de elaboración (Castillo y Andino, 2010). Algunas de ellas pueden tener origen en el equipo que entra en contacto con los alimentos, los materiales utilizados para envolverlos y en el personal. Los fabricantes procuran limpiar e “higienizar” el equipo con el fin de reducir este tipo de contaminación y emplear materiales que la reducirán al mínimo. El personal que trabaja en las plantas de industrias que fabrican alimentos pueden contaminarlos durante su manipulación y tratamiento. Frazier y Westhoff (1996) señalan que los seres humanos eliminan de 10^3 a 10^4 microorganismos vivos por minuto. El número y tipo de los microorganismos eliminados guardan una íntima relación con el ambiente donde trabajan las personas que los eliminan.

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) y buenas prácticas de higiene (BPH) son procedimientos que se aplican en el procesamiento de alimentos. Los beneficios de la implementación, mantenimiento y mejora de las prácticas y proceso de las BPM y BPH permiten lograr productos alimenticios inocuos y con la calidad deseada de manera regular y de esta manera, ganar y mantener la confianza de los consumidores.

6. MARCO TEORICO

6.1. Pastas alimenticias

Las pastas alimenticias se obtienen a través de la desecación de una masa no fermentada elaborada con sémola o semolina, harina de trigo o mezcla de ambas y agua. Son alimentos ricos en carbohidratos y proteínas, bajas en grasa (Tabera, 2006).

6.2. Origen

El origen de la pasta es bastante controversial, no se podría atribuir su invención a una sola nacionalidad, aunque sea el platillo más representativo de la gastronomía italiana. En la antigüedad los griegos y egipcios consumían alimentos parecidos a la pasta, en china elaboraban fideos a partir de harina de soja y en estudios más recientes se demostró que los romanos fueron los primeros en inventar máquinas para hacer pasta y lasaña.

Los árabes contribuyeron de manera importante al idear una manera más rápida para deshidratar la pasta al hacerle cavidades o perforaciones, haciéndolas más fáciles de conservar y llevar consigo en las travesías marítimas (Calán, 2013).

El primer reporte de la elaboración de la pasta de manera industrial se tuvo en Tabia, una ciudad a 30 km de Palermo, Sicilia donde se elaboraba un alimento a partir de sémola moldeado en filamentos que se exportaba a muchas ciudades musulmanas y cristianas, gracias a su larga vida útil (Mora, 2012).

La pasta es un alimento bastante conocido en el mundo, sin embargo, no fue hasta 1789 que los ingleses y franceses introdujeron la pasta en América del Norte. Algunas referencias históricas señalan que fue Thomas Jefferson con ayuda de una maquina francesa, fabrico los primeros macarrones en EUA (Brockway, 2004).

6.3. Clasificación

Las pastas alimenticias se pueden clasificar de acuerdo a la Figura 1 por su humedad, formulación, forma y presentación, siendo la humedad el criterio más común.

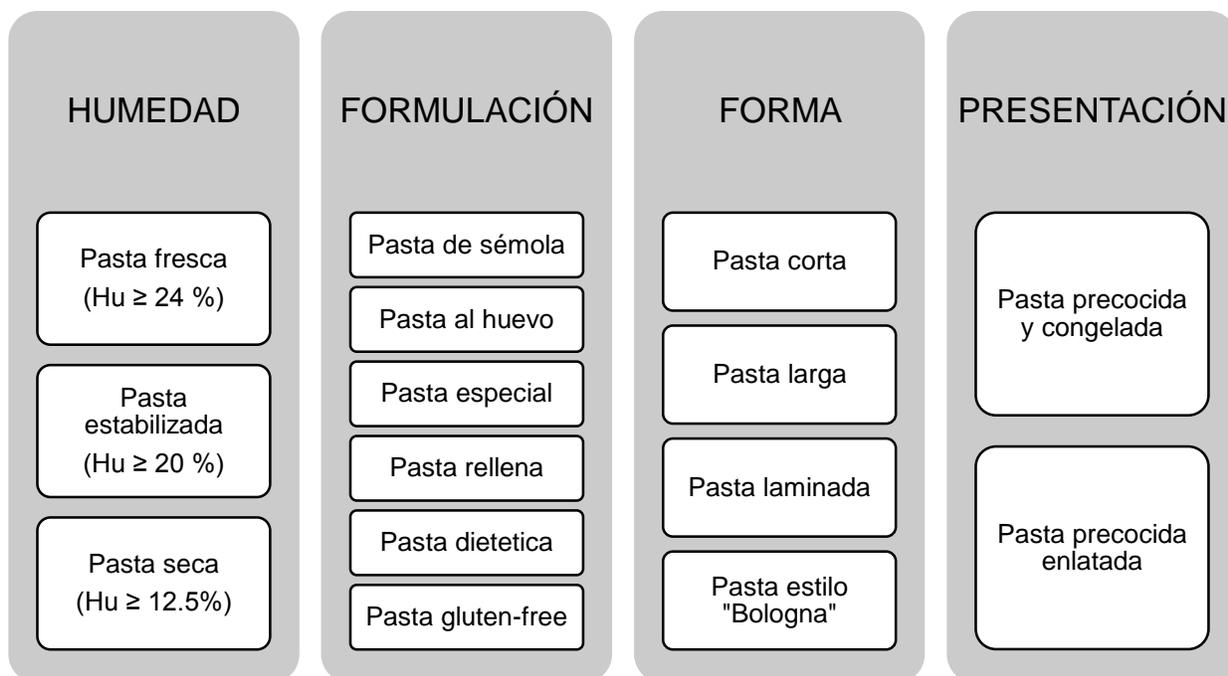


Figura 1. Criterios de clasificación de la pasta.

La NTE INEN (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN)1375: 2000 hace una clasificación más detallada de las pastas alimenticias con base en criterios similares:

- Contenido de humedad: las pastas sometidas a un proceso de desecación poseen una humedad máxima del 14% y se les denomina pastas secas, por otro lado, las pastas frescas poseen una humedad del 28%.
- Clase: pastas simples, sin la adición de ningún otro ingrediente; pastas compuestas, con la adición de huevos, verduras secas o en conserva, jugos y extractos; pastas rellenas de productos vegetales o animales y pastas especiales con mezclas de derivados de trigo y/u otras farináceas.
- Composición: pastas con huevos deshidratados, frescos o congelados; pastas con vegetales como zanahoria, remolacha, espinaca, tomates o pimientos frescos, deshidratados, en conserva o congelados; pastas elaboradas con mezcla de sémola de trigo duro o semolina y pastas elaboradas con harina de trigo enriquecida.

- Forma: normalmente la pasta se clasifica en tres formas básicas: largas, cortas y fantasía, cada una con subclases, sin embargo, en este informe la clasificación se realizará en base a cinco formas como se aprecia en la Figura 2.



Figura 2. Clasificación de las pastas de acuerdo a su forma.

6.4. Trigo

El trigo es uno de los principales cultivos en todo el mundo. En México es el segundo cereal más cultivado después del maíz. Su importancia se debe a que con sus productos de molienda se elabora una variedad de alimentos que forman parte de la dieta de la población.

La estructura física del grano está constituida por tres partes principales como se muestra en la Figura 3 (Zarco *et al.*, 1999; Rodríguez, 2003):

- Endospermo: constituye aproximadamente el 82.5% del peso del grano y de ahí proviene en su mayoría la harina o sémola. Contiene la mayor parte de proteína de todo el grano además de carbohidratos, hierro y vitaminas del grupo B como la riboflavina, niacina y tiamina

- Salvado: representa el 15.5% del peso del grano. En las harinas integrales el salvado está incluido, aunque también se puede obtener de forma separada. En su mayoría contiene materia celulosa no digerible denominada fibra dietética, vitaminas del grupo B, una pequeña porción de proteína y trazas de minerales.
- Germen: forma alrededor del 2% del peso del grano. El germen es el embrión o sección de germinación de la semilla, generalmente se separa debido a su contenido graso, el cual limita la conservación de la harina. Contiene vitaminas del grupo B antes mencionadas, cantidades mínimas de proteína y trazas de minerales.

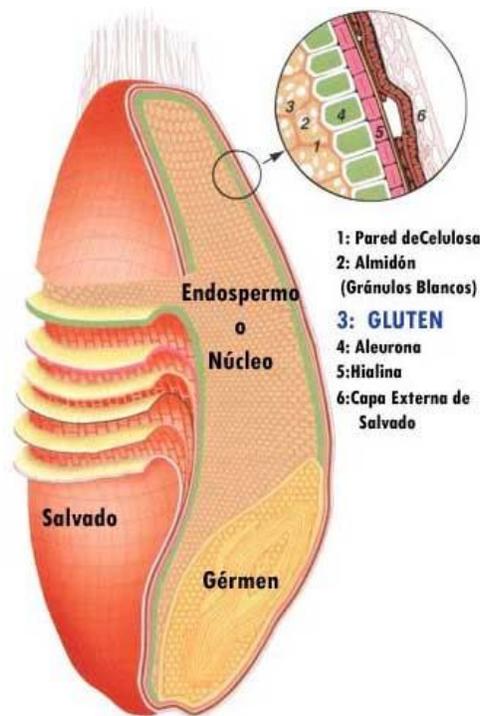


Figura 3. Estructura del grano de trigo

La cadena productiva del trigo comienza con la producción agrícola del cereal seguida del proceso de molturación, la cual consta de tres pasos fundamentales: el primero es la trituration del trigo para fragmentar el grano, seguido del tamizado y finalmente la purificación de partículas provenientes del salvado o pericarpio. De esta manera, la molturación convierte al trigo en harina, la cual sirve como materia prima para la elaboración de productos de panadería y repostería, además de la elaboración de pastas

alimenticias con base a la sémola o mezcla de esta con diferentes porciones de harina (Mora, 2012).

El trigo es el cereal predilecto para la elaboración de pasta, debido a la capacidad de sus proteínas de interactuar entre ellas y con otras sustancias como los lípidos para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas (gluten), que contribuyen al desarrollo de la masa y previene de disgregación de la pasta durante el proceso de cocción en agua caliente (Feillet, 1984).

6.4.1. Clasificación

En México la clasificación del trigo para su comercialización se realiza con base en la funcionalidad del gluten, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del trigo en México. Fuente: Serna, 2001.

Grupo	Denominación	Características del gluten
I	Fuerte	Gluten fuerte y elástico, apto para la industria mecanizada de panificación y mejorador de trigos suaves.
II	Medio fuerte	Gluten medio fuerte y elástico, apto para la industria artesanal o semimecanizada de panificación, es mejorador de trigos suaves.
III	Suave	Gluten débil o suave pero extensible apto para la industria galletera y la elaboración de tortilla, buñuelos, etc.
IV	Tenaz	Gluten corto o poco extensible pero tenaz, apto para la industria pastelera, galletera y elaboración de donas.
V	Cristalino	Gluten corto y tenaz, para la industria de las pastas.

Aunque también existen otros criterios para la clasificación del trigo, los cuales son:

1. Clasificación de acuerdo a la dureza del endospermo (Garza, 2013).
 - Trigo duro: durante la molienda la fractura del grano tiende a producirse siguiendo las líneas que limitan las células, motivo por el cual éstas se separan

con más limpieza y tienden a permanecer intactas, este fenómeno se traduce en la existencia de áreas con resistencia y debilidad mecánica en el trigo duro. Es el trigo utilizado para extraer la sémola/semolina necesaria para la elaboración de pasta. Existen varios tipos de Trigo Durum, los más utilizados a nivel mundial son los provenientes de Canadá y Estados Unidos.

- Trigo blando: en la molienda de este tipo de trigo las células del endospermo se fragmentan al azar, traduciéndose en una debilidad más uniforme, sin embargo, este tipo de desprendimiento produce que mientras algunas células se desprenden otras queden unidas al salvado. Este tipo de trigo se utiliza en la elaboración de pan y galletas.

2. Clasificación según el origen del trigo (Rodríguez, 2003)

- Trigo de Canadá
 - CWRS Wheat (Canada Western Red Spring Wheat - Trigo Rojo de Primavera del Oeste de Canadá): conocido por sus excelentes cualidades: baja pérdida de proteína durante la molienda, alto contenido de gluten, alta absorción de agua y alto contenido de proteína de todos los trigos. Existen tres grados diferentes para este trigo: CWRS No. 1, CWRS No. 2 y CWRS No. 3, los cuales se diferencian entre sí por el contenido de granos vítreos y de impurezas.
 - CWAD Wheat (Canada Western Amber Durum Wheat - Trigo Ámbar Durum del Oeste de Canadá): se caracteriza por poseer un alto contenido de granos vítreos los cuales permiten obtener sémola de excelente calidad, la cual posee una alta cantidad de pigmentos de color amarillo que aportan un amarillo brillante a la sémola y un gluten fuerte y elástico que garantiza una buena cocción. Al igual que es CWRS se subclasifica en tres grados: 1, 2 y .3, que difieren entre sí en el contenido de granos vítreos e impurezas.
- Trigo de Estados Unidos
 - HRS Wheat (Hard Red Spring Wheat - Trigo Rojo Duro de Primavera): crece en la región centro-norte del país, posee un alto contenido proteico y

permite obtener harinas con propiedades adecuadas para panificación. Presenta las siguientes subclases:

- DNS: Dark Northern Spring >75% granos vítreos.
 - NS: Northern Spring >25% y < 75% de granos vítreos.
 - RS: Red Spring <25% de granos vítreos
- HAD Wheat (Hard Amber Durum - Trigo Durum): crece en las zonas irrigadas del suroeste durante la primavera. Es el más fuerte de las clases producidas en este país y su contenido proteico es moderado. Además de ser el ingrediente principal de las pastas su precio también tiende a ser elevado debido a que su producción es menor en comparación con otros tipos de trigo y sus cualidades son más sensibles a las condiciones de producción. Presenta las siguientes subclases:
- HAD: Hard Amber Durum >75% de granos vítreos
 - AD: Amber Durum >60 y <75% de granos vítreos
 - D: Durum < 60% granos vítreos.
- HRW Wheat (Hard Red Winter Wheat- Trigo Rojo Duro de Invierno): se produce en las grandes llanuras de USA. Es el trigo de cosecha más larga, representa cerca del 50% del total de los volúmenes de producción y exportación. Su contenido proteico es intermedio, apropiado para la fabricación de pastas y productos de panificación. No tiene subclases.

6.4.2. Trigo Durum

El principal uso del trigo duro es la elaboración de pastas alimenticias. Los atributos de calidad de estas dependen de dos factores: el primero son los procesos de transformación que incluyen equipos, procedimientos de molienda del grano y fabricación de pastas y el segundo son los factores de la calidad del grano.

6.4.2.1. Características del grano

La molienda de los granos de trigo duro tiene como objetivo la obtención de sémola, materia prima para la elaboración de las pastas, que se diferencia de la harina por un tamaño de partícula mayor (0.2 - 0.4 mm). La cantidad y calidad de la sémola extraída

son los aspectos más importantes de la molienda, sobre estos factores influyen los siguientes parámetros del grano (Zarco *et al.*, 1999).

- El peso hectolitrico representa el peso del grano por unidad de volumen (Kg/Hl). Valores por debajo del mínimo de 70 Kg/Hl disminuyen el rendimiento de extracción (Serna, 2001) y valores superiores a 82 Kg/Hl se consideran óptimos para un rendimiento mayor al 70% en la extracción de la sémola. Sin embargo, factores como el grado de compactación, humedad, tamaño y forma del grano pueden afectarlo.
- El peso de mil granos se considera un factor que se relaciona con el peso hectolitrico, aunque no siempre a mayor peso del grano corresponde un mayor peso hectolitrico.
- Un indicador de la calidad de la molienda es el contenido de cenizas, el cual se relaciona con las dos características antes mencionadas, de tal forma que, a mayor peso hectolitrico y/o tamaño del grano, menor contenido de cenizas. Un alto contenido de cenizas en la sémola puede representar la aparición de manchas u oscurecimiento en la pasta fabricada.
- Pérez (2016) menciona que la vitrosidad del grano es otro parámetro de mucha importancia en el trigo duro, una mayor presencia de granos no vítreos produce una menor cantidad de sémola y mayor cantidad de harina, la cual para el trigo duro se considera un subproducto.

La falta de vitrosidad del grano, se observa por la aparición de manchas blancas y de apariencia almidonosa en el exterior o interior del grano visibles a través de cortes transversales. Las cuales están asociadas a la falta de nitrógeno durante el cultivo. Debido a que este es un parámetro que se cuantifica visualmente, puede cambiar según la percepción de quien lo realiza.

- Desde el punto de vista sanitario Sissons (2004) señala que el grano se puede ver afectado por granos inmaduros o dañados y con efectos negativos sobre éste, rendimiento, uniformidad del color de la sémola y por ende en la pasta como producto terminado.

Infecciones causadas por bacterias/hongos como la punta negra del grano se traducen en la aparición de manchas en la sémola. *Fusarium*, reduce el

rendimiento de la sémola debido al encogimiento del grano y produce una pasta más roja y débil. Este tipo de infecciones son de interés sanitario, ya que se asocian con la aparición de micotoxinas como deoxinivalenol (vomitoxina). Otras infecciones fúngicas pueden ser por ergot (*Claviceps purpurea*), *Alternaria alternata* y *Drechslera tritici-repentis* que produce manchas oscuras en la sémola.

6.5. Materia prima

La pasta seca se elabora a partir de tres ingredientes, sémola de trigo duro, harina de trigo y agua. Siendo la primera la más importante de todos.

6.5.1. Sémola

La NMX-F-023-S-1980, define a la sémola como el producto de la molienda del albumen (endospermo y perispermo) del grano de trigo duro (*Triticum vulgare*, L) a través de los primeros cilindros de molturación. De acuerdo al tamaño de partícula se les denomina: sémola gruesa, sémola fina, semolina o semolín.

Existen dos requerimientos importantes para la sémola destinada a la elaboración de pasta. El primero es un tamaño de partícula más homogéneo (200-400 μm), el cual asegura una hidratación más uniforme, evitando la aparición de manchas blancas y la necesidad de realizar un amasado más intenso que podría dañar la calidad culinaria del producto final (Chávez *et al*, 2015). El segundo es una humedad del 11-13% (Serna, 2001), ya que de ser menor se podría observar una mala absorción del agua durante la elaboración de la pasta, en caso contrario ocasionaría problemas durante el almacenamiento y vida de anaquel de la sémola.

6.5.2. Harina de trigo

Es posible utilizar la harina de trigo en la elaboración de pastas, ya sea en combinación con la sémola o sustituyéndola. Sin embargo, la pasta puede presentar menor resistencia al exceso de cocción y carencia del color amarillo característico que proporciona la sémola (Acosta, 2007).

6.5.3. Agua

El agua empleada para la elaboración de pasta debe ser potable, incolora, inodora, insípida y de baja dureza, ya que el exceso de sales podría conferir una coloración oscura, fragilidad y sabor desagradable a la pasta.

Durante la elaboración de la masa el agua se añade en porciones de 18-25% con respecto al peso de materia seca. La masa recién formada contiene una humedad de 30-32% y después del proceso de desecación el producto terminado contiene una humedad final de 12.5% (Escamilla, 2001).

6.6. El gluten en la industria de las pastas

El gluten es el material vítreo presente entre los gránulos de almidón. La adición moderada de agua lo transforma en un material gomoso y elástico con la capacidad de establecer puentes intermoleculares que lo convierten en una matriz continua que encapsula al almidón de la pasta, manteniendo así la forma de la pasta durante su elaboración y mientras un correcto calentamiento durante la cocción propicia la formación de enlaces proteína-proteína que proporcionan estabilidad y una textura visualmente atractiva a la pasta (Acosta, 2007).

Existen sémolas con alto contenido proteico (12%), es decir, con mínimas cantidades de partículas almidonosas, lo cual propicia una hidratación uniforme durante el mezclado produciendo pastas fuertes y elásticas. Por otro lado, también hay sémolas pobres en proteína (9-10%) que ocasionan hidratación lenta, incremento en la absorción de agua o mayor tiempo de mezclado, esto conduce a dificultades sobre todo en el secado de pastas largas las cuales se vuelven frágiles y con características de cocción pobres. Y finalmente sémolas con niveles de proteína muy altos (mayores al 18%) las cuales pueden sufrir dificultades durante el proceso, ya que la masa se estira demasiado durante la extrucción, produciendo pastas con superficie y color pobre (Acosta, 2001).

6.7. Proceso de elaboración de la pasta

Actualmente las pastas se elaboran con semolina de trigo duro con un tamaño óptimo de partícula de 150 μm y la cantidad de agua necesaria para que la masa posea una humedad final del 28-30% (p/p).

6.7.1. Mezclado y amasado

En el mezclado de materias primas, el agua debe distribuirse de manera homogénea a toda la sémola por lo cual se recomienda que la materia prima pase a través de árboles rotativos de alta velocidad que formen un velo de gránulos de sémola/harina sobre el cual se nebulizará el líquido. Este tipo de mezclado dura pocos segundos y no tiene efectos negativos de tipo mecánico/térmico sobre la masa. Algunos fabricantes realizan esta operación al vacío, con la finalidad de evitar la distribución del aire en forma de burbujas que produzca una pasta con apariencia blanquecina debido a la oxidación de los pigmentos, débil y quebradiza como se observa en la Figura 4 (Brockway, 2004).



Figura 4. Efectos de una mezcla no homogénea

Por otro lado, el objetivo del amasado es la formación del gluten con un 30% de humedad y sin alcanzar la gelatinización (Acosta, 2007). Este tipo de gluten no es extensible o elástico, debido a esto la masa resultante necesita más trabajo para su preparación y se denomina como masa corta.

6.7.2. Laminado o Extrucción

El objetivo principal de esta operación es dar forma concreta y definida a la masa. La cual puede ser de dos formas (Brockway, 2004).

- Laminado: la masa se lamina haciéndola pasar entre un par de rodillos lisos que giran en sentido contrario. Para evitarse el desgarro de la pieza los rodillos tienen 7 diferentes niveles de abertura que deben abrirse o cerrarse, dependiendo del tamaño o volumen de la pieza

- Extrucción: la masa por acción del tornillo giratorio se comprime al mismo tiempo en que pasa por las hendiduras o a través de los orificios de una matriz revestida de teflón y se corta mediante una cuchilla giratoria que se coloca en la superficie externa de la matriz. A medida que se incrementa el giro de la cuchilla se obtienen trozos de piezas más pequeñas de pasta. Esta cuchilla debe operar a velocidad y flujo uniforme para mantener el tamaño, forma y calidad de la pasta.

Para realizar al máximo esta fase, existen dos reglas básicas (Brockway, 2004):

1. No sobrecalentar el producto: la masa de la pasta es muy abrasiva y la energía mecánica desarrollada durante la compresión se convierte en energía térmica. La masa junto con la maquinaria se calienta pronto si los tornillos o el cuerpo del extractor no se mantienen a una temperatura de 45°C aproximadamente, provocando la desnaturalización irreversible de la proteína y dando como resultado una pasta con deficientes características de cocción.
2. La velocidad de extrucción se realizará a velocidades de giro intermedias (25 rpm).

Los moldes que se utilizan para las diferentes formas se fabrican de diversos materiales, por ejemplo, bronce o acero inoxidable, con o sin cubierta de teflón. Los moldes hechos de bronce se desgastan rápidamente obteniendo productos deformes, estos moldes se deben limpiarse perfectamente o congelarse sino se encuentran en uso, ya que las bacterias al usar la masa como sustrato, podrían producir ácidos que dañarían el molde. Los moldes de bronce cubiertos de teflón, ofrecen la ventaja de extender la vida del mismo y mejoran la calidad del producto en lo que respecta a la uniformidad superficial del producto y apariencia. Por otro lado, los moldes de acero inoxidable, producen pastas más lisas y de color amarillo, además de que son fáciles de limpiar y conservar (Escamilla, 2001).

6.7.3. Desecación

La desecación tiene como finalidad producir una pasta fuerte y estable, removiendo la humedad de la superficie a través de una corriente de aire caliente, creando un gradiente de humedad dentro de la pasta. La pasta comercial se deseca hasta una humedad final del 10-12% (p/p). Es importante desecar la pasta la manera cuidadosa ya que si se realiza demasiado rápido podría cuartearse, agrietarse o quebrarse, por otro lado, si se

deseca demasiado lento podría conducir al desarrollo de hongos, agrietamiento o decoloración (Sissons, 2004).

Desde el punto de vista microbiológico, el calor que se aplica en todo tratamiento de desecación reduce el número total de microorganismos, aunque su eficacia depende de las especies, el número inicial de microorganismos existentes y el proceso de desecación que se emplee. Normalmente se destruyen las levaduras, la mayoría de bacterias y también las células vegetativas de algunas especies de bacterias termoresistentes. Sin embargo, las condiciones inadecuadas durante la desecación pueden incluso permitir la multiplicación de los microorganismos.

Este proceso puede realizarse a bajas o altas temperaturas, la velocidad del proceso depende de la humedad relativa de la pasta y su ambiente, así como de su tamaño (Brockway, 2004).

- Desecación de la pasta corta: se realiza de forma rápida sobre superficies vibratorias, reduciendo la humedad de éstas hasta un 20-25% mediante corrientes de aire seco que se hacen pasar entre el producto mientras progresa en el vibrador, creando una película exterior dura que mantiene íntegra la forma de la pasta pero que la hace aún flexible.
 1. Las pastas permanecen de unas 3-3.5 h. En el primer desecador, ajustado a unos 60 o 66 °C y un 75% de humedad relativa, reduciendo la humedad hasta el 17-18% p/p.
 2. A continuación, la pasta se transporta al segundo desecador que se ajusta a 43°C y 70% de humedad relativa y en donde la humedad se reduce hasta el 10-12% p/p.
- Desecación de la pasta larga: La pasta se introduce primero en un predesecador (65-66°C a 65% de humedad relativa) donde se humedad es reducida rápidamente hasta un 25% p/p, creando una “película” externa más dura que mantiene la integridad de la pasta, pero permanece aún flexible. Con el 25% de humedad hay suficiente agua libre disponible para permitir el crecimiento de los microorganismos.

La humedad en la pasta de largas dimensiones se elimina en tres etapas de desecación:

1. La primera es equilibrar la pasta a 55°C y 95% de humedad relativa durante 1.5-2 h.
2. Después la pasta se mantiene a 55°C, pero a 85% de humedad relativa, durante 4-6h. En esta segunda etapa la pasta pierde alrededor del 18% p/p de humedad.
3. Finalmente se elimina la humedad remanente mediante exposición a unos 43°C y 70% de humedad relativa durante 8-13 h.

Finalmente, las pastas se enfrían a temperatura ambiente antes de proceder a su envasado (Brockway, 2004).

6.7.4. Almacenamiento y Envasado

Los italianos aseguran que las mejores pastas son aquellas que mantienen su forma durante el envasado y transporte. Es por ello que los controles de calidad rechazan rápidamente la pasta rota en pedazos a pesar de que la calidad nutritiva siga siendo excelente. La pasta desecada que no pasa el control de calidad puede picarse y reintegrarse a la amasadora, aunque la incorporación de espaguetis triturados aumenta la pegajosidad del producto final (Brockway, 2004).

6.8. BPM y BPH

A lo largo de la cadena productiva los alimentos son sometidos a diferentes procesos que pueden contaminarlos, es por ello que para prevenir la contaminación es importante cumplir con buenas prácticas de manufactura (BPM) y buenas prácticas de higiene (BPH).

La adecuada aplicación de los principios de las BPM permite obtener productos sanos, de óptima calidad e inocuos, trabajadores cumpliendo normas de higiene y seguridad, mejorar la productividad y generar acceso a nuevos mercados diferenciados (OPS, 2016).

6.8.1. Mantenimiento de áreas, equipo e instalaciones

La planta debe estar ubicada lejos de focos de contaminación que comprometan la salubridad, inocuidad de productos y minimizando riesgos a la salud y bienestar de las personas. Las vías de acceso deben estar libres y los alrededores limpios.

Su diseño y construcción no debe comprometer la inocuidad en el almacenamiento de las materias primas por agentes físicos, químicos o biológicos. Además de contar con una buena distribución de los espacios, evitando así la contaminación cruzada.

Para la limpieza y desinfección de las instalaciones es importante aplicar los POES (Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento) que ayude a identificar las zonas de mayor contaminación y el registro de su sanitización.

6.8.2. Operación con personal calificado

Es importante que los operarios cuenten con buen estado de salud y con una educación sanitaria en cuanto a prácticas higiénicas y de inocuidad. Las personas que manipulan alimentos son una de las principales fuentes de contaminación. La piel, manos, nariz, boca, oídos y cabello son partes del cuerpo a las que se les debe prestar especial atención. También se debe tenerse especial cuidado con los cortes o heridas, el tipo de ropa que se utiliza durante el trabajo, objetos personales y hábitos higiénicos en general.

- Optimo estado de salud: sin enfermedades respiratorias, de estómago, heridas o infecciones.
- Higiene personal: antes de manipular los alimentos debe realizar un correcto lavado de manos con los pasos que muestra la Figura 5, abundante agua potable y jabón. Realizar esta operación después de ir al baño. Ducharse antes de ir a trabajar, ya que la ducha diaria, con abundante agua y jabón, debe formar parte de la rutina del operador. Y mantener las uñas cortas y limpias, cara afeitada, cabello lavado y recogido con gorro o pañuelo.



Figura 5. Forma correcta de lavarse las manos

- **Vestimenta:** la ropa puede ser una fuente de contaminación de alimentos ya que contiene microorganismos y tierra que proviene de nuestras actividades diarias. La vestimenta adecuada se observa en la Figura 6.



Figura 6. Vestimenta adecuada

- Joyas y objetos personales: las joyas y objetos personales, como anillos, pendientes, relojes, broches, son lugares perfectos para la acumulación de suciedad y además pueden perderse y caer sobre los alimentos por lo que deben evitarse durante la manipulación de los mismos.
- Cortes y heridas: los cortes y heridas en la piel son medios ideales para el desarrollo de bacterias. Por este motivo, se deben cubrir con vendajes, gasas, esparadrapo o tiritas, pero éstos a su vez deben protegerse perfectamente con un apósito impermeable (guantes, dediles, etc.), que se mantendrá siempre limpio.

6.8.3. Control y manejo de residuos, vertimientos y emisiones

La planta debe contar con la disposición de aguas residuales, remoción periódica de los residuos sólidos, clasificación o sistemas de recolección y tratamiento de estos según lo establecido en las normas.

- Residuos orgánicos a los de naturaleza biodegradable (restos de comida, frutas y hortalizas).
- Residuos inorgánicos a aquellos residuos de origen industrial (cartón, plástico, vidrio, etc.).

- Residuos peligrosos a todos los de carácter biológico o no, pero que requiera ser tratado de forma especial (material infeccioso o sustancias químicas).

6.8.4. Identificación y control de riesgos y/o contaminación

Existen diversos riesgos y contaminantes que pueden afectar la inocuidad del producto terminado.

- Contaminación física, la cual corresponde a elementos extraños que pueden ser agregados de manera accidental en algún punto de la línea de producción.
- Contaminación química por infiltración de sustancias tóxicas o por mal uso de agentes de limpieza.
- Contaminación biológica por microorganismos como bacterias, hongos y levaduras que pueden afectar sustancialmente al producto al utilizarlo como sustrato para su proliferación y comenzar los procesos de degradación.

6.8.5. Control y seguimiento a procesos de distribución

El transporte de los productos debe realizarse en condiciones que excluyan la contaminación y/o la proliferación de microorganismos y plagas, para así prevenir la alteración del alimento o los daños en el empaque.

6.8.6. Gestión documental y registros

La gestión documental tiene el objetivo de definir los procedimientos y los controles empleados de:

- Limpieza y desinfección
- Control de residuos sólidos
- Control de plagas.

Además, permite un fácil y rápido rastreo de productos ante la investigación de productos defectuosos. El sistema de documentación deberá permitir diferenciar números de lotes, siguiendo la historia de los alimentos desde la utilización de insumos hasta el producto terminado, incluyendo el transporte y la distribución.

6.9. Análisis microbiológico

La microbiología es el estudio de los organismos microscópicos y sus actividades. Su estudio es de gran relevancia para el sector industrial, desde el punto de vista alimentario,

los microorganismos pueden actuar de manera positiva sobre los alimentos o de forma negativa, acelerando procesos de transformación y deterioro de estos.

El análisis microbiológico en alimentos no es de carácter preventivo, sino más bien una inspección que nos permite conocer la carga microbiana existente en el alimento. Y aunque en sí no mejoran la calidad en el instante, nos sirven como referencia para encontrar los puntos críticos que requieren mayor atención en el proceso productivo del alimento por parte de la planta.

6.9.1. Microorganismos en los alimentos

Desde el punto de vista sanitario los alimentos pueden ser vehículos de infecciones debido a la ingesta de microorganismos patógenos o de intoxicaciones causadas por las toxinas producidas por los mismos microorganismos, es por ello que constantemente se desarrollan e innovan técnicas de control y análisis microbiano. Aunque muchas veces la causa de la contaminación de los alimentos se debe a la falta de medidas higiénicas durante la línea de producción, lo cual facilita la presencia y desarrollo de microorganismos haciendo uso del alimento como sustrato, transformándolo en un producto inaceptable para la salud de los humanos (Castillo y Andino, 2010).

6.9.2. Criterios de calidad

Desde el punto de vista microbiológico, la clave para la seguridad en la pasta seca es el contenido de humedad. Puesto que si esta no se encuentra por debajo del 14% el producto será susceptible a la alteración microbiana. Aunque el riesgo de contaminación es bajo debido a la desecación al que se somete la pasta. Si está se conserva seca, sin cambios bruscos de temperatura y sin el aumento de humedad, se impide el crecimiento de los microorganismos.

Los requisitos microbiológicos que debe cumplir la pasta de acuerdo a la norma NMX-F-023-S-1980 para pastas de trigo y sus variedades se muestran en la Tabla 2, así como los criterios fisicoquímicos en la Tabla 3 y las especificaciones sensoriales que se observan en la Tabla 4.

La NMX-F-023-S-1980, clasifica en tres tipos a la pasta con un sólo grado de calidad:

- **Tipo I** Pasta amarilla o blanca de harina de trigo y/o semolina para sopa.

- **Tipo II** Pasta de harina de trigo y/o semolina con huevo para sopa.
- **Tipo III** Pasta de harina de trigo y/o semolina con vegetales (indicando cuáles) para sopa.

Tabla 2. Requisitos microbiológicos para pastas alimentarias secas.

Cuenta de hongos máximo	100 UFC/g
Cuenta de levaduras máximo	20 UFC/g
Cuenta de coliformes fecales en 1 g	Negativa
<i>Salmonella</i> en 25 g	
<i>Staphylococcus aureus</i> en 25 g	

Fuente: NMX-F-023-S-1980

Tabla 3. Requisitos para las pastas alimenticias secas.

ESPECIFICACIONES (EN BASE SECA)	TIPO I		TIPO II		TIPO III
	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	
Cenizas, %	-	0.7	-	1.2	Las especificaciones para el Tipo III, deben estar de acuerdo con la fórmula de composición aprobada por la Secretaría de Salubridad y Asistencia
Proteínas (N x 5.76)% (en pastas con harina de trigo)	8.0		9.5		
Proteínas (N x 5.76),% (en pastas con semolina)	9.5		11		
Pentóxido de fósforo en mg/100 g	-		200		
Humedad %	-	14	-	14	
Extracto etéreo %	0.25		2.8		
Colesterol en mg%	-		7.5		

Fuente: NMX-F-023-S-1980

Tabla 4. Requisitos sensoriales para pastas alimenticias secas.

Color	Debe ser el característico del producto según su composición
Olor	No debe tener olor extraño
Consistencia	La pasta debe ser de consistencia dura
Aspecto	La pasta no debe presentar agrietamientos y/o estrellamientos en el momento de su envasado

Fuente: NMX-F-023-S-1980

6.9.3. Medios de cultivo utilizados

- Agar Método Estándar

El Agar Método Estándar es un medio no selectivo, de color claro y transparente, diseñado para la cuantificación de la carga microbiana de mesófilos aerobios en

alimentos por el método de vertido en placa. En este grupo de bacterias se encuentran la mayoría de las bacterias patógenas para los humanos (Neogen , 2016).

- Agar Bilis y Rojo Violeta

El Agar Bilis Rojo Violeta es utilizado en el recuento de coliformes en productos alimenticios, este tipo de bacterias incluye a los bacilos aerobios y anaerobios facultativos. Los coliformes fermentan la lactosa y producen gas después de 48 horas de incubación, acidifican el medio provocando una coloración roja en las colonias y la precipitación de las sales biliares (Neogen , 2016).

- Agar Papa Dextrosa

El Agar Papa Dextrosa es un medio no selectivo, empleado para el aislamiento de hongos fitopatógenos y levaduras, al ser un medio no selectivo existe la posibilidad que existe crecimiento bacteriano, es por ello que para hacerlo selectivo se necesita agregar sustancias inhibidoras como el ácido tartárico o antibióticos (Gil, 2017) .

6.9.4. Cuenta en placa

Cuando se requiere investigar el contenido de microorganismos viables en un alimento, la técnica comúnmente utilizada es la cuenta en placa (Figura 7). Aunque la técnica por sí sola no puede detectar a todos los microorganismos presentes, el medio de cultivo utilizado, condiciones de incubación y la presencia o ausencia de oxígeno nos permite tener un cultivo o seleccionar grupos de bacterias cuya presencia es importante en diferentes alimentos; por ejemplo, los mesófilos aerobios son un indicador general de la población que pueden estar presente en una muestra y, por lo tanto, de la higiene con que ha sido manejado el producto. Este grupo en particular, se determina en la mayor parte de los alimentos, pero para algunos productos, también es importante determinar la presencia de bacterias termofílicas, psicrófilas y/o psicrotrofas para predecir la estabilidad del producto bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

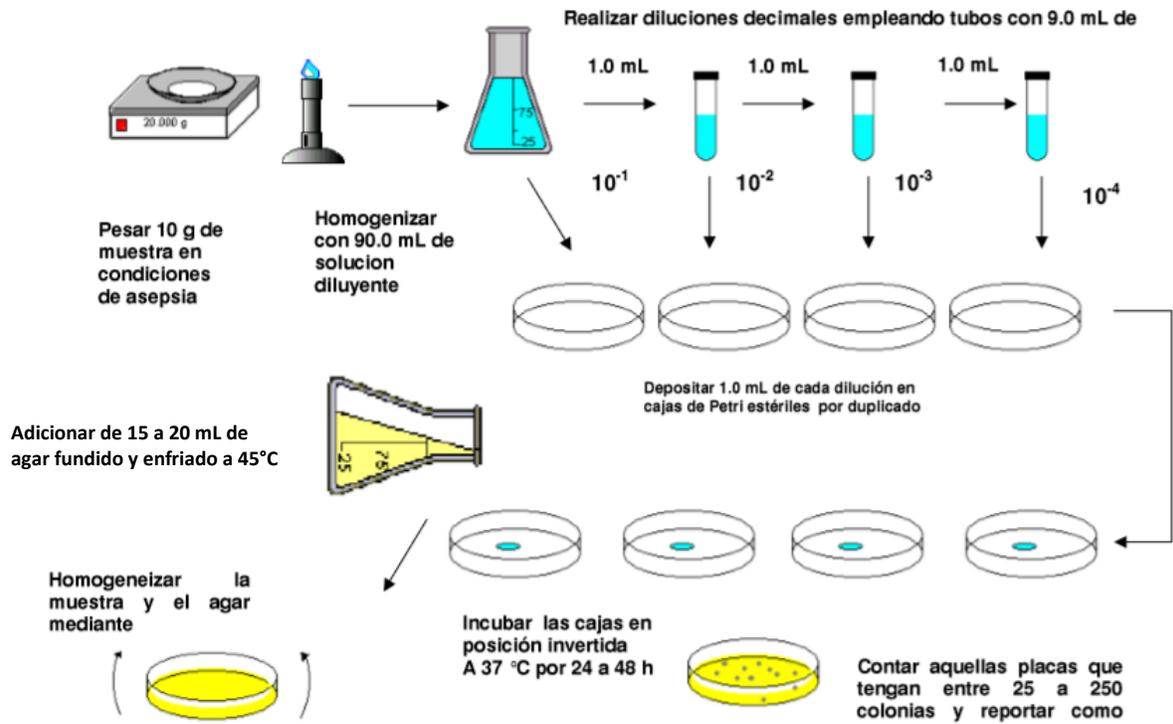


Figura 7. Cuenta en placa de bacterias

7. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

El trabajo experimental consistió en análisis microbiológicos a pastas para determinar la carga microbiana de mesofilicos aerobios, coliformes totales, coliformes fecales y hongos y levaduras con base a las normas mexicanas: NMX-F-023-S-1980, NOM-113-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994. También se realizaron pruebas microbiológicas en materia prima, personal operativo, controles ambientales y análisis fisicoquímicos como pH, presencia de iones Cl y Fe, alcalinidad y dureza en agua de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 como parte de un análisis más completo que permita verificar el cumplimiento de las BPM y BPH

7.1. Materiales

7.1.1 Materia prima

Se analizaron cuatro diferentes tipos de pastas de sémola de trigo duro, las cuales fueron: spaghetti, fideo cambray, estrella y codo rayado. El monitoreo microbiológico en dichas pastas, se realizó durante los cinco primeros meses del año dos mil diecinueve en GRUPO INDUSTRIAL LA ITALIANA, Puebla, Puebla.

7.2. Métodos

7.2.1. Preparación y dilución de la muestra para su análisis microbiológico

La NOM-110-SSA1-1994 establece al agua peptonada como el diluyente a emplearse para realizar la dilución primaria de la muestra para obtener una distribución lo más uniforme posible de los microorganismos presentes en la porción de muestra.

Por cada litro de agua a pH 7, se deben disolver 1 g de peptona y 8.5 g de cloruro de sodio. Posteriormente se vertió 90 mL de la solución en frascos de vidrio de 100 mL de capacidad para ser esterilizados en autoclave a 121 ± 1 °C durante 15 minutos. Finalmente se almacenaron en obscuridad a una temperatura entre 0-5°C por un periodo de 30 días.

7.2.2. Toma de muestra de producto terminado

Para la toma de muestra se utilizaron guantes estériles desechables, cofia y cubre boca. Se seleccionaron pastas con diferentes lotes y presentaciones. Con una navaja previamente flameada, se realizó una abertura en la parte superior de la bolsa, se tomó

10 g de muestra y se vertieron en un frasco con 90 mL de solución de peptona estéril, procedimiento que se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Procedimiento para la toma de muestra en producto terminado de pastas.

7.2.3. Determinación de bacterias aerobias mesófilas

El medio se preparó según las instrucciones del fabricante y de acuerdo al número de muestras analizadas. Las placas se rotularon de acuerdo al número de muestra, tipo y fecha. En condiciones de asepsia y esterilidad, se utilizó una micropipeta para tomar una alícuota de 1 mL de la disolución primaria y verterla en la caja Petri desechable estéril a la cual se agregó 7 mL de agar método estándar fundido a 45°C. Con movimientos suaves de izquierda a derecha y de arriba abajo se homogenizó la muestra con el medio, se dejó gelificar y se colocó la placa de manera invertida en estufa de cultivo durante 48 horas a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$. Transcurrido el tiempo de incubación y haciendo uso de un cuenta colonias, se registraron en la bitácora el número de UFC/g obtenido en cada placa.

7.2.4. Determinación de coliformes totales en placa

El medio se preparó según las instrucciones del fabricante y de acuerdo al número de muestras a analizar. Las placas se rotularon de acuerdo al número de muestra, tipo y fecha. En condiciones de asepsia y esterilidad, se tomó una alícuota de 1 mL de la disolución primaria y verterla en la caja Petri desechable estéril a la cual se agregó una primera capa de medio, se dejó gelificar para después completar los 7 mL que debe contener cada placa. Posteriormente se dejó gelificar por completo para incubar durante

48 horas a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$. Transcurrido el periodo de incubación las cajas fueron leídas en él cuenta colonias para finalmente registrarse en la bitácora el número de UFC existentes.

7.2.5. Determinación de hongos y levaduras

El medio de cultivo se preparó de acuerdo a las indicaciones del fabricante y al número de muestras a procesar. Las placas se rotularon con número, tipo de muestra y fecha. En condiciones de esterilidad y asepsia, se utilizó una micropipeta para tomar 1 mL de alícuota y verterla en la caja Petri estéril desechable. El medio de cultivo se acidificó agregando ácido tartárico (1.4 g de ácido por cada 100 mL de medio preparado) necesario para el volumen de medio preparado. Se vertió 7 mL en cada caja para después homogenizar de manera suave con la muestra. Se dejó gelificar y se colocó de manera invertida en estufa de cultivo durante 3-5 días a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$. Transcurrida la incubación se realizó el conteo de las UFC y se registró en la bitácora.

7.2.6. Determinación de coliformes totales y fecales por la técnica del número más probable

Se prepararon tubos con 9 mL de caldo lauril sulfato de sodio, según las instrucciones del fabricante. Se inoculó 1 mL de la disolución primaria. Dichos tubos fueron incubados por 48 horas a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$. Considerando como positivo el crecimiento bacteriano con la producción de gas en la campana de Durham. En dicha situación por cada tubo positivo se resembró en tubos con caldo verde brillante al 2% y caldo *E. Coli* el periodo de incubación fue de 24-48 horas a 45°C . Si nuevamente el resultado era positivo, el tubo era seleccionado para obtener el resultado correspondiente (Tabla 6, ver anexos), que corresponde al número más probable de coliformes. Por otro lado, si el tubo de *E. Coli* resultaba positivo, se resembró en Agar Mac Conkey durante 24 horas de incubación a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$. Se seleccionaron las colonias con la morfología propia de los coliformes para realizar un cultivo puro utilizando el mismo medio de cultivo y con pruebas bioquímicas la presencia de *E. Coli*.

8. RESULTADOS

En la primera etapa se realizaron pruebas en medio bilis y rojo violeta para descartar la existencia de coliformes totales los cuales conforman un grupo constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal poseen la capacidad para multiplicarse fuera del intestino y se utilizan como indicadores de contaminación fecal en agua, cuando los coliformes llegan a los alimentos, adquieren un significado distinto al que recibe en el agua. En productos alimenticios que han recibido un tratamiento térmico como la desecación en el caso de las pastas, se utilizan como indicadores de malas prácticas sanitarias.

De igual manera se empleó el medio papa dextrosa para descartar la presencia de hongos y levaduras. Humedades inferiores al 13% suelen presentar un crecimiento y proliferación fúngica bajos y a medida que la humedad aumenta, el crecimiento se acelera, pudiendo ser de forma exagerada para valores de humedad mayores al 16% caso contrario de las pastas.

En la segunda etapa se realizó el recuento de mesófilos aerobios en medio método estándar y de coliformes fecales en tubos con caldo lauril, que permitió estimar la microflora total, la cual reflejó la calidad sanitaria de los productos analizados, sirviendo como un indicador de las condiciones higiénicas de la materia prima y manipulación por el personal involucrado durante el proceso.

En la Tabla 5 se muestran los parámetros microbiológicos establecidos por la planta.

Tabla 5. Límites máximos permisibles por la NOM

ESPECIFICACIONES	LÍMITE MÁXIMO
	NMX-F-023-NORMEX-2002
Cuenta total de mesofilicos aerobios	1000 UFC/g*
Coliformes totales	<10 UFC/g
Coliformes fecales	<3 NMP/g
Hongo	100 UFC/g
Levaduras	20 UFC/g

*Parámetro interno

Por políticas de privacidad de la empresa, no es posible mostrar los valores numéricos de las UFC/g para cada tipo de pasta, obtenidos durante el monitoreo de microorganismos mesófilos aerobios y en la determinación de coliformes mediante la técnica del número más probable (NMP), algunos tubos presentaron resultados falso positivo, en dicha situación por cada tubo positivo se inoculo en tubos con caldo verde brillante al 2% y caldo *E. Coli* para confirmar la presencia de coliformes totales, los cuales resultaron negativos.

En la Figura 9 se observa el comportamiento del crecimiento microbiológico en 121 muestras de spaguetti. En la figura se pueden observar nueve puntos que se encuentran por encima del promedio de crecimiento (50 UFC/g), estos valores pueden atribuirse al proceso de envasado, ya que el spaguetti es una de las pastas largas que se envasa de manera manual. Uno de estos puntos supera el límite máximo permisible establecido por la empresa, este valor se atribuye a un error técnico del analista. Sin embargo, al ser solo un punto es posible despreciar este valor.

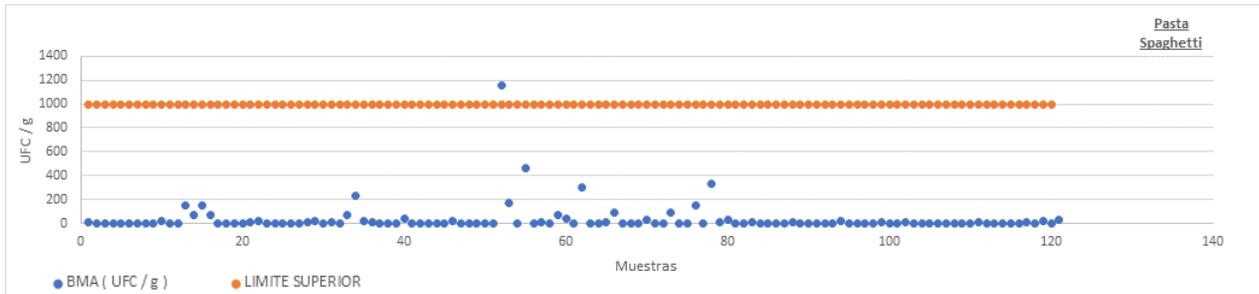


Figura 9. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo spaghetti

A continuación, se muestra el comportamiento del crecimiento microbiológico en pastas cortas. En la Figura 10, se analizaron 130 muestras de pasta menuda en forma de estrella, donde el promedio de crecimiento es menor a 30 UFC/g. Como se puede observar en la figura existen algunos puntos que se encuentran entre los 150 - 400 UFC/g. Aunque estos valores superan el promedio de UFC/g se encuentran dentro del parámetro aceptable.

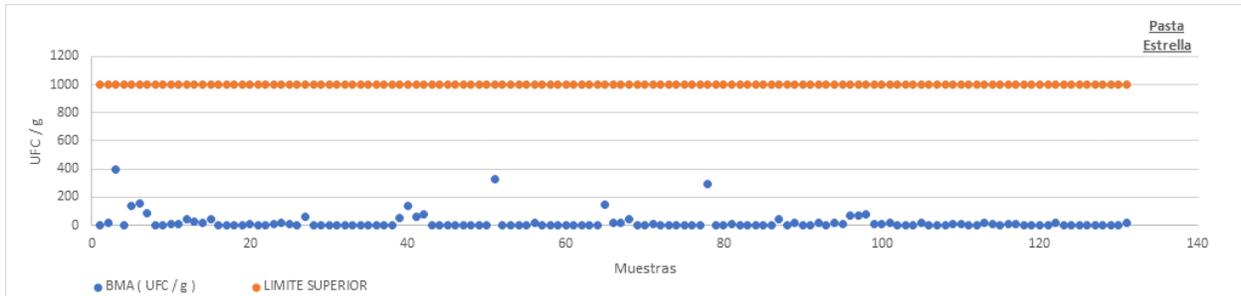


Figura 10. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo estrella

En la Figura 11, se analizaron poco menos de 120 muestras de pasta en forma de moño mediano, en dicha imagen muestra dos puntos que se encuentran entre los 600 – 800 UFC/g, siendo estos los datos de mayor presencia microbiológica.

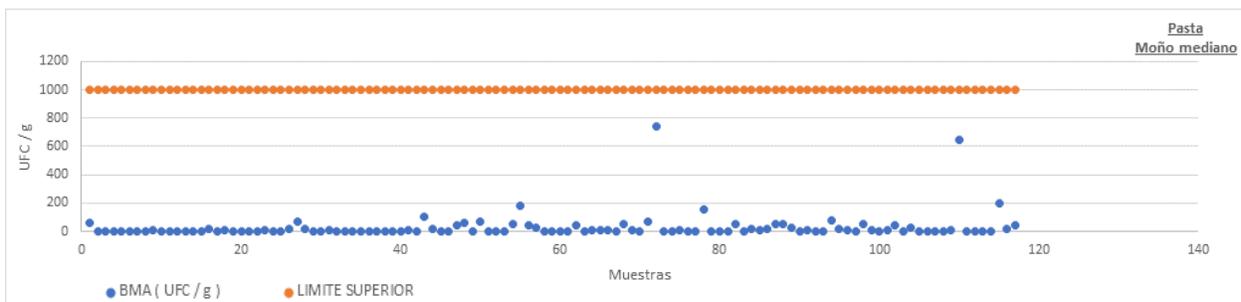


Figura 11. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo moño mediano

La Figura 12, hace referencia a 195 muestras de codo rayado donde los valores más altos de crecimiento microbiológico se encuentran entre los 200 – 400 UFC/g.

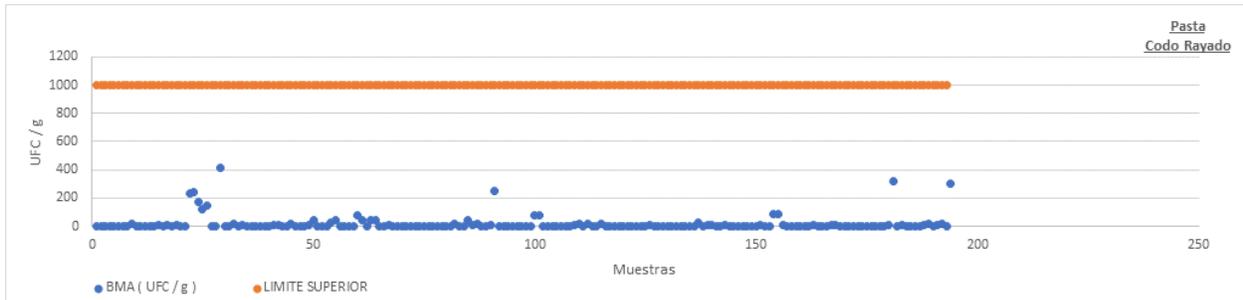


Figura 12. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo codo rayado

Finalmente, la pasta en forma de cabello de ángel fue la de mayor número de muestras analizadas (Figura 13), donde se observa una mayor diferencia en el rango de crecimiento microbiológico que va desde las 7 – 765 UFC/g.

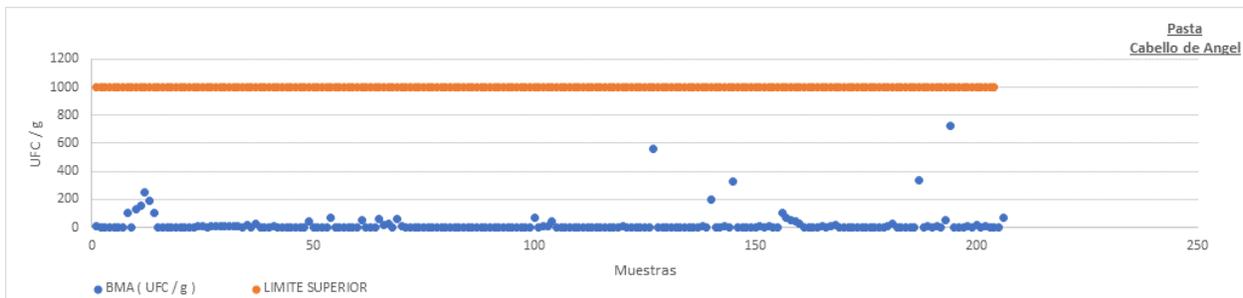


Figura 13. Monitoreo de UFC/g en pasta tipo cabello de ángel

9. CONCLUSIONES

Se realizó el monitoreo estadístico descriptivo del crecimiento microbiológico en diferentes pastas como una referencia que permitiera asegurar el cumplimiento adecuado de las BPM y BPH.

Se evaluaron cinco formas de pastas de sémola de trigo a lo largo de veintiún semanas, los datos obtenidos sirvieron como un antecedente en la elaboración de una bitácora en las cuales el promedio de colonias fue de 30-50 UFC/g, aunque existieron valores por encima del promedio, la mayoría se encontraban dentro del parámetro establecido por la empresa.

Mediante los ensayos de cuenta en placa se descartó la presencia de coliformes totales, hongos y levaduras y coliformes fecales por el método del NMP. Confirmándose únicamente la presencia de mesófilos aerobios en una pasta larga (spaguetti) y cuatro cortas (estrella, codo rayado, moño mediano y cabello de ángel).

La presencia de mesófilos aerobios por debajo de las 50 UFC/g significa que las BPM, BPH y demás procedimientos o factores que repercuten sobre la inocuidad y calidad del producto terminado se realizan de manera adecuada desde la recepción de la materia prima, condiciones ambientales y durante la producción de las pastas de sémola dando como resultado un producto libre de hongos, levaduras y coliformes fecales y totales.

Por lo tanto, los procedimientos establecidos por GRUPO INDUSTRIAL LA ITALIANA aseguran que el proceso de elaboración de las pastas es regido bajo un estricto control de calidad que asegura el consumo de un producto de alta calidad e inocuo para los consumidores.

10. RECOMENDACIONES

Para asegurar que el control de calidad de la planta asegure productos terminados de calidad se recomienda seguir los siguientes puntos:

- Realizar auditorías internas frecuentes.
- Realizar frotis a las superficies como mínimo una vez al mes.
- Realizar raspado de manos a los operarios una vez a la semana.
- Asegurar el correcto cumplimiento de las BPM y BPH de acuerdo a lo establecido en los manuales.
- Dar seguimiento a la bitácora de muestras trabajadas en el laboratorio de microbiología.
- Contar con un sistema de organización para los análisis a realizar para cada una de las muestras en el laboratorio.

11. EXPERIENCIA PERSONAL PROFESIONAL ADQUIRIDA

La realización del proyecto me generó una visión más completa en cuanto a los factores que intervienen en la elaboración de alimentos a una escala industrial, ya que actividades como la recepción de materia prima con certificados de calidad, su correcto almacenamiento, higiene del personal operativo y la buena ejecución de los protocolos operacionales involucrados en cada una de las etapas de producción pueden hacer la diferencia entre un alimento de calidad y uno perecedero.

Finalmente, considero que los análisis microbiológicos deben ser fundamentales para el aseguramiento de la calidad e inocuidad de los alimentos, ya que, en un mundo tan globalizado, los microorganismos se adaptan haciéndose cada vez más resistentes a las condiciones de vida que nosotros generamos, repercutiendo en nuestra salud y económica.

12. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Este proyecto, represento un reto que permitió el desarrollo de ciertas competencias como lo fueron:

- Toma de decisiones
- Organización
- Trabajo en equipo
- Desenvolvimiento
- Comunicación interpersonal
- Responsabilidad
- Agilidad en técnicas de análisis microbiológico desde la materia prima, personal involucrado y producto terminado

Dichas competencias permitieron un mayor control de la información y la debida ejecución de los análisis microbiológicos realizados en el laboratorio para las diferentes pastas analizadas asegurándonos de que las BPM y BPH se están llevando a cabo de manera eficiente.

La residencia profesional también me dio la oportunidad de aplicar competencias técnicas y científicas adquiridas a lo largo de la carrera en los laboratorios y las distintas materias que conforman la retícula de ingeniería bioquímica. No obstante, el trabajo que se realiza en un laboratorio de microbiología en una industria es muy diferente y pone a prueba la destreza que se debe desarrollar para el correcto procesamiento, análisis e interpretación de los resultados obtenidos a partir de un volumen mayor de muestras.

13. FUENTES DE INFORMACIÓN

Acosta, K. (2007). Elaboración de una pasta alimentaria a partir de sémolas de diferentes variedades de cebada. Tesis de Licenciatura de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Brockway, B.E. (2004). Pasta En Dendy, D.A, & Dobraszczyk, B.J. (1° Ed.) Cereales y productos derivados (pp. 311-322) Reino Unido: Acribia.

Calán, G.E. (2013). Desarrollo de una pasta alimenticia con mezcla de harina de trigo y harina de arroz. Guatemala. Tesis de Licenciatura de Universidad Galileo, C.A. Facultad de ciencias de la salud.

Chávez, G., Camacho, M., Figueroa, P., Fuentes, G., Félix, J., & Villa, B. (2015). Bayoreca Oro C 2013: nueva variedad de trigo duro para su cultivo en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6. 2, 421-425.

Castillo, Y. & Andino, F. R. (2010). Microbiología de los alimentos: un enfoque para la inocuidad alimentaria. Universidad Nacional de Ingeniería – Norte. Recuperado el 11 de mayo del 2019 de: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/documento-microbiologia.pdf>

Escamilla, E.A. (2001). Métodos para evaluar la calidad de los trigos cristalinos, (*Triticum durum*) semolinas y pastas alimenticias. Tesis de Licenciatura de la Universidad Autónoma de México.

Feillet. P. (1984). Present knowledge on biochemical basis of pasta cooking quality. Consequence for wheat breeders. In: *Science Alimentation*, 551-566.

Frazier, W.C. & Westhoff, D.C. (1996). (4° Ed.) Microbiología de los alimentos. Zaragoza, España: Acribia.

Garza, A.G. (2013). Ilustrados. Recuperado el 25 de abril del 2019 de <http://www.ilustrados.com/tema/1269/Trigo.html>

Logihfrutic. (2017). Buenas prácticas de manufactura (BPM). Toluca. Obtenido de: <http://logihfrutic.unibague.edu.co/buenas-practicas/manufactura>

Mora, A.C. (2012). Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua. Medellín, Colombia. Tesis de la Universidad de Colombia.

NMX-F-023-S-1980 Pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Salud.

NOM-111-SSA1-1994 Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Salud

NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Métodos para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Salud.

NOM-127-SSA1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Salud.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2000). Pastas alimenticias a fideos. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana. Primera Revisión. Quito, Ecuador. Recuperado el 25 de abril del 2019 de: <http://ia801601.us.archive.org/26/items/ec.n.te.1375.2000/ec.n.te.1375.2000.pdf>.

Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2016). Manual para manipuladores de alimentos. Recuperado el 28 de abril del 2019 de: <http://www.fao.org/3/a-i5896s.pdf>

Pérez, A. (2016). Berrendeo en trigo duro. Grupo b. Recuperado el 28 de abril del 2019 de <http://borauhermanos.com/berrendeo-en-trigo-duro/>

Rodríguez, G. (2003). Proceso productivo de materias primas y pastas. Taller presentado en: Alimentos Polar Planta Maracaibo.

Rosas GA, Acosta VM. Manual de manejo higiénico de los alimentos. México, D.F.: Secretaría de Salud, 2001.

Serna, S. S. (2001). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. México, D.F: AGT Editor.

Sissons, M. (2004). Pasta In: Encyclopedia of Grain Science. *Elsevier Ltd*, 409-418.

Tabera, J. (2006). Las pastas alimenticias. In J. C. Tabera, *Manual didactico de cocina tomo I* (pp. 309-310). España: INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN. Recuperado el 29 de abril del 2019 de https://books.google.com.mx/books?id=IRrmLiWACP8C&pg=PA307&dq=tipos+de+pasta&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi8imL_tDgAhVRhq0KHZJ5B7wQ6AEIMDAB#v=onepage&q=tipos%20de%20pasta&f=false

Zarco, J., Michelena, A., & Royo, C. (1999). Calidad del trigo duro en España. *Cultivos extensivos*, 21-23. Recuperado el 25 de abril del 2019 de https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/41594/pdf_vrural_Vrural_1999_92_2_2_28.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Tabla 6. Número más probable (NMP/100 mL)

Número de tubos que dan reacción positiva en las series de tres tubos inoculados con:			NMP/100mL
10 mL	1 mL	0,1 mL	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100