

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE CIENCIAS QUÍMICAS



TRABAJO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL EN
LA CÁMARA DE FERMENTACIÓN DE LOS
PRODUCTOS DE LA LÍNEA BURGER DE LA EMPRESA
LA FRANCESA S.A.

POR: GABRIELA DAYANA CALLISAYA BARRIENTOS

TUTOR: PhD. SULEMA VALDEZ CASTRO

LA PAZ – BOLIVIA

Agosto, 2020

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE CIENCIAS QUÍMICAS



TRABAJO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL EN
LA CÁMARA DE FERMENTACIÓN DE LOS
PRODUCTOS DE LA LÍNEA BURGER DE LA EMPRESA
LA FRANCESA S.A.

POR: GABRIELA DAYANA CALLISAYA BARRIENTOS

TUTOR: Ph.D. SULEMA VALDEZ CASTRO

TRIBUNAL: Ph.D. RIGOBERTO CHOQUE ASPIAZU

LA PAZ – BOLIVIA

Agosto, 2020

DEDICATORIA

A Raquel Llanos mi princesa que siempre estuvo motivándome durante las largas noches de estudio y los largos días que pasábamos de la guardería a la universidad y al trabajo, mi compañera, mi amiga y mi hija.

Jeremías 33-3 Clama a mí, y yo te responderé, y te enseñaré cosas grandes y ocultas que tú no conoces.

Nunca te rindas, pon tu vida en manos de Dios, él te dará fortaleza y conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cumplir con el anhelo y años de lucha de mis padres y cumplir su sueño de verme profesional. A mi familia que me apoyo incondicionalmente durante el proceso de este trabajo.

A la UMSA por darme acogida en esa casa de estudio tan prestigiosa con su plantel docente que me brindo todas las herramientas necesarias para mi formación profesional.

A la industria panadera LA FRANCESA S.A. por apoyarme y abrirme sus puertas para la realización de este trabajo.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	ANTECEDENTES	3
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2.1	Identificación del problema	5
1.2.2	Formulación del problema	5
1.3	OBJETIVOS	6
1.3.1	Objetivo general	6
1.3.2	Objetivos específicos	6
1.4	JUSTIFICACIÓN	6
1.5	ALCANCE	7
1.6	HIPÓTESIS	7
2	FUNDAMENTO TEÓRICO	9
2.1	EL TRIGO	9
2.2	LA HARINA	9
2.2.1	Composición química de la harina	9
2.2.2	Tipificación de la harina	15
2.2.3	Principales tipos de harinas	17
2.3	EL AGUA	17
2.3.1	Funciones del agua en panificación	17
2.3.2	Clases de agua y su efecto en panificación	18
2.4	LA SAL	18
2.5	LEVADURA	19
2.5.1	Definición y tipos de levaduras	22
2.5.2	Composición química de la levadura prensada	23
2.5.3	Almacenamiento	23
2.5.4	Funciones de la levadura	24
2.5.5	La célula de levadura	24
2.6	LA FERMENTACIÓN	25

2.6.1	Fermentación química.....	25
2.6.2	Fermentación biológica.....	27
2.6.3	Factores que influyen en la fermentación.....	29
2.6.4	Tipos de fermentación	33
2.6.5	Etapas de la fermentación.....	34
2.7	COCCIÓN	35
2.7.1	Temperatura del horno.....	35
2.7.2	Fenómenos que tienen lugar durante la cocción.....	35
2.7.3	Fenómenos bioquímicos	36
2.7.4	Transformación de la masa durante la cocción del pan	37
2.7.5	Influencia de la temperatura sobre la masa.....	37
2.7.6	El vapor en la cocción del pan.....	38
2.7.7	Evaporación del agua contenida en la masa	38
2.8	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PAN	39
2.8.1	Amasado	39
2.8.2	Formado	40
2.8.3	Fermentación	41
2.8.4	Horneado.....	41
2.9	CLASIFICACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN	43
2.10	TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONVECCIÓN.....	43
2.11	INVESTIGACIONES PREVIAS.....	44
3	PARTE EXPERIMENTAL	49
3.1	PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS EXPERIMENTALES	49
3.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA INDUSTRIAL LA FRANCESA S. A.....	50
3.2.1	Proceso productivo	51
3.2.2	Identificación de problemas en el proceso productivo	52
3.2.3	Puntos críticos de control durante el proceso de producción.....	53
3.2.4	Descripción de las características del sistema de control de la cámara de fermentación	55
3.2.5	Parámetros de control de la cámara de fermentación	56

3.3	DESARROLLO DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES	56
3.3.1	Relevamiento de información para la determinación de datos de productos no conforme (mermas).....	57
3.3.2	Adquisición de datos de los parámetros de control en la cámara de fermentación	57
3.3.3	Equipos	57
3.3.4	Análisis estadístico de los datos adquiridos.....	59
4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	62
4.1	IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS EN LOS PRODUCTOS DE LA LÍNEA BURGER.....	63
4.2	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS CRÍTICOS DE CONTROL.....	68
4.2.1	Puntos críticos de control.....	68
4.2.2	Evaluación de la estabilidad del proceso en la cámara de fermentación	70
4.2.3	Análisis de capacidad del proceso de fermentación	74
4.3	PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA REDUCCIÓN DE MERMA PARA LA LÍNEA BURGER	85
4.4	CURSO DE CAPACITACIÓN	89
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1	CONCLUSIONES.....	93
5.2	RECOMENDACIONES	94
6	BIBLIOGRAFÍA	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición química de la harina	10
Tabla 2.	Propiedades generales del almidón de trigo y sus pastas	12
Tabla 3.	Diferencias esenciales entre amilasas de diversas fuentes	21
Tabla 4.	Composición química de la levadura prensada	23
Tabla 5.	Composición de los polvos fermentables	27
Tabla 6.	Rango de tiempo de cocción	36
Tabla 7.	Principales transformaciones del pan durante la cocción.....	37
Tabla 8.	Clasificación de las cámaras de fermentación.....	43
Tabla 9.	Objetivos y actividades a realizar.....	49
Tabla 10.	Especificaciones Higrómetro HANNA HI 9565.....	58
Tabla 11.	Tipos de defectos en la producción de panes Factory Grande.	63
Tabla 12.	Defectos encontrados en los panes de la línea Burger	65
Tabla 13.	Temperatura entre zonas de toma de muestra	70
Tabla 14.	Temperatura-tiempo óptimos de fermentación	87

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Molécula de amilosa	11
Figura 2.	Molécula de amilopectina.....	11
Figura 3.	Gelatinización-retrogradación	12
Figura 4.	Amasadora Argental	39
Figura 5.	Sobadora	40
Figura 6.	Boleadora-divisora.....	40
Figura 7.	Laminadora	41
Figura 8.	Proceso de producción de pan	42
Figura 9.	Diagrama del área de panadería.....	51
Figura 10.	Puntos críticos de control.....	53
Figura 11.	Representación de la cámara de fermentación.....	56
Figura 12.	Higrometro HANNA para medir temperatura y humedad	58
Figura 13.	Termómetro panadero.....	59
Figura 14.	Porcentaje de merma por producto durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018.....	67
Figura 15.	Porcentaje de tipos de defectos de la línea Burger	68
Figura 16.	Áreas de medición de temperatura.....	69
Figura 17.	Estudio de la estabilidad de la temperatura de la cámara de fermentación	71
Figura 18.	Informe de capacidad del proceso de la cámara de fermentación	73
Figura 19.	Distribución de calor según el arreglo de los carros dentro de la cámara de fermentación.	74
Figura 20.	Análisis de capacidad del proceso para la temperatura de fermentación ...	76
Figura 21.	Análisis de la estabilidad del proceso de temperatura	77
Figura 22.	Análisis de capacidad del proceso para el tiempo de fermentación	79
Figura 23.	Análisis de estabilidad de tiempo de fermentación del proceso	81
Figura 24.	Análisis de capacidad del proceso de merma	83
Figura 25.	Análisis de estabilidad de porcentaje de merma del proceso.....	84
Figura 26.	Análisis de temperatura mínima propuesta.....	88
Figura 27.	Análisis de capacidad de temperatura máxima.....	89

RESUMEN

En este trabajo se realizó una evaluación de los parámetros de control de la cámara de fermentación de la empresa industrial La Francesa S.A. para la línea Burger, buscando mantener la calidad de sus productos mediante el mejoramiento de los procesos de producción y control de calidad, con estrategias que incrementen el rendimiento y la productividad de la empresa. Se obtiene información necesaria para generar cambios en el área de producción específicamente en la cámara de fermentación.

La evaluación de los parámetros de control en la cámara de fermentación demostró que el elevado porcentaje de productos fuera de rangos de calidad se debe al mal manejo que se hace en la cámara de fermentación, como temperaturas por encima de 35 °C y humedad de 99 a 100 % generándose así una merma por los panes defectuosos. El diagnóstico permitió cuantificar mermas por defectos en los panes superiores al 3% de la producción con variaciones particulares según el tipo de pan. Por otro lado, se ha identificado los principales defectos que están asociados al proceso que se lleva a cabo en la cámara de fermentación.

Los resultados encontrados mediante el tratamiento estadístico de análisis de estabilidad y capacidad del proceso realizado en los datos de la cámara de fermentación determinaron que son inestables respecto a temperatura y tiempo. Demostrando que estadísticamente el proceso de fermentación está fuera de control. Se determinó los rangos de temperatura y tiempo óptimos con temperatura mínima y tiempo mínimo de fermentación ya que con estos se mejora la capacidad del proceso minimizando la cantidad de merma a una temperatura de $33,50 \pm 1,2$ °C y un tiempo de 89 ± 15 minutos.

Se plantearon alternativas de solución que serán evaluadas por la empresa para su realización, sin embargo, inicialmente se hace énfasis en realizar capacitaciones en BPM al personal para dar a conocer los hallazgos encontrados respecto del proceso de fermentación.

Palabras clave: Fermentación, levadura, panificación, estabilidad, distribución normal.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

La Industria Alimenticia “La Francesa S.A.” es una empresa paceña dedicada al sector de la panificación desde 1958, durante los primeros años la industria estaba dedicada exclusivamente a la elaboración de “pan de batalla”, en 1975 como Industria Panificadora ingresa a la producción de pan envasado, rubro que lidera hasta la fecha.

Si bien la gran diversificación de productos que se ha conseguido han sido alcanzados a partir de varias etapas de optimización en la elaboración de los mismos, y en virtud a la misión de la empresa de proporcionar a las familias bolivianas diversas formas de complementar su alimentación diaria, a través de productos de calidad y excelencia en servicios, es que se sigue en un proceso de mejora continua tanto para el producto que se obtiene así como garantizando la obtención de beneficios de manera sostenible.

En cumplimiento de exigencias y necesidades de los clientes la Industria Alimenticia “La Francesa S.A.” tiene como objetivo general establecer estrategias que incrementen el rendimiento y la productividad de la empresa a través de acciones específicas para el cumplimiento de la misión de la empresa (Aranibar, 2014).

En este sentido en la elaboración de panes aún se tiene defectos en los mismos, se ha podido identificar al proceso de fermentación como el más importante, en función de los parámetros que contralan como temperatura, humedad, entre otros, a partir de una evaluación preliminar se observó que las cámaras no reparten el vapor con uniformidad, el calentamiento se produce muy rápidamente y provoca condensaciones sobre la masa.

El desarrollo del proceso de fermentación en panadería industrial es fundamental, un cambio de las variables (como cantidad de levadura, temperatura, tiempo, pH, humedad o fuerza de la harina) afectaran las características del producto derivando en productos deficientes de calidad produciendo un efecto negativo para la empresa.

La fermentación comienza desde que la levadura es añadida a la mezcla, la más utilizada por los panaderos es la *Saccharomyces cerevisiae*. En el proceso de producción de panadería industrial debe existir un equilibrio entre el tiempo de fermentación y la temperatura ya que si esta última es elevada se desarrolla bioreacciones que generaran cambios físicos y químicos no deseados en el producto.

En busca del cumplimiento del objetivo de la empresa de mejorar el rendimiento y la productividad es que se realiza este trabajo para evaluar los parámetros de control en relación a la cámara de fermentación, habiendo identificado los parámetros de tiempo, temperatura y humedad del área de panadería de la línea BURGER.

1.1 ANTECEDENTES

La fermentación juega el rol más importante en la industria panificadora por esta razón es que es el proceso más estudiado, las bioreacciones que se generan durante esta etapa son las que van a dar las diferentes características organolépticas a los productos, debido a esto es que se detallan a continuación algunos aspectos que inciden sobre las características de calidad del producto a obtener.

La fermentación con la levadura es inhibida por los productos finales, anhídrido carbónico y alcohol a concentraciones suficientemente altas, por tanto, no se produce un pan con buen volumen (Benion & al, 1971).

Los defectos en el pan además de ser causados principalmente por alteraciones en la fermentación, pueden deberse a la utilización de ingredientes defectuosos y por trabajar con métodos incorrectos (Jenning, 1981).

La fermentación precaria de la masa producirá huecos grandes y alargados en el pan. Esto, a su vez, puede ser debido a: levadura de baja calidad, que trabaja lenta e irregularmente, masas frías, harina demasiado fuerte para los procesos cortos, de modo que la masa es dura y no cederá a la presión (Charley, 1988).

Demasiado calor en el horno, producirá ampollas en las partes superiores de las piezas (Charley, 1988).

El exceso de volumen puede ser causado por: Fermentación conjunta excesiva, maduración final excesiva, sal insuficiente con harina fuerte bien fermentada, moldeo suelto, horno frío, masas blandas con alto contenido en levadura.

Con una cámara de fermentación tradicional, se emplea solamente calor y humedad, la temperatura que habitualmente se aplica es de entre 28 a 32 °C y la humedad de entre 70

% y 85 %. La rapidez con la que algunos panaderos desean la fermentación obliga a elevar estas temperaturas y humedades, obteniendo una vez más productos defectuosos.

En el caso particular de la fermentación panaria, cuando la temperatura sobrepasa los 28 °C la producción de ácido láctico y butírico es proporcional a medida que aumenta la temperatura. También, las reacciones enzimáticas que se producen en la masa son más activas a altas temperaturas; todo ello provoca que a partir de esta temperatura la masa se desarrolle más débil y se forme ampollas en el pan en el horno de forma exagerada, obteniéndose panes de sabor insípido y con baja conservabilidad. Sin embargo, si la fermentación se lleva a cabo a más baja temperatura (26 °C), la formación de ácido láctico y butírico es menor, esto conlleva a que el pan fermente más lentamente pero a su vez con más cuerpo, las enzimas al ser menos activas no producen tanto volumen y el sabor del pan es más sabroso.

En cuanto a la humedad de la cámara de fermentación, ésta ha de estar relacionada con la temperatura. Así, a temperaturas altas (> 30 °C) la humedad ha de ser > 75 % pero a 26 °C, prácticamente no hace falta forzar la humedad, debido a que la masa desprende humedad suficiente para mantenerla en un ambiente adecuadamente húmedo que permite que la masa no se deshidrate.

La levadura biológica de panadería, en cualquiera de sus formas de comercialización (prensada, crema o seca) tiene una bajísima actividad por debajo de 4 °C, su máxima plenitud es cuando se encuentra a 38 °C, esta última temperatura no es nada aconsejable, pues si bien es cuando más rápidamente desprende CO₂, es también la temperatura óptima para las fermentaciones lácticas y butíricas, produciendo un pan amargo.

Durante el amasado de harinas panificables se produce una interacción entre las proteínas no solubles, lípidos y almidón, que da lugar a efectos beneficiosos sobre el volumen y la textura del pan.

Además de este proceso, que se denomina fermentación etanólica, se conoce la existencia de otros tres procesos que originan las características arriba mencionadas, tales son las fermentaciones láctica, butírica y acética, que son menos deseables e inciden negativamente en la calidad del producto (Tejero, 1992).

Por tanto, los parámetros sobre los que se pueden ejercer control durante el proceso de fermentación son la temperatura, humedad y tiempo, que serán considerados para el desarrollo del siguiente trabajo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Identificación del problema

La fábrica La Francesa S. A. está dedicada a la elaboración de una amplia gama de productos de panificación y galletería, los mismos que se elaboran en las secciones en las que se divide la planta: galletería francesa y BURGER, el desarrollo del trabajo se enfoca en las bajas de productos que se generan en el Área de Panadería, específicamente en la línea BURGER, ya que son los más representativos dentro de la compañía, a consecuencia del mal uso de la cámara de fermentación debido a que se tiene tiempos cortos de fermentación, temperatura y humedades relativamente altas.

En este sentido, se evaluará los parámetros de control de la cámara de fermentación y determinar así el tipo de defectos que se generan en los productos de la línea Burger que provocan una merma que debe ser controlada, la identificación de los parámetros de control y su variabilidad permitirán plantear alternativas de solución que desde el área de Control de Calidad serán elevadas a la Alta Dirección para contar con elementos suficientes que permitan tomar las decisiones oportunas.

Por tanto, existe un elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea BURGER.

1.2.2 Formulación del problema

¿El sistema de control de la cámara de fermentación con el que actualmente trabaja la empresa industrial la FRANCESA S.A. provoca un elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea BURGER que la empresa produce?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros de control en la cámara de fermentación para reducir el elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea BURGER de la empresa industrial la FRANCESA S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la cámara de fermentación de la línea de panadería BURGER de la empresa industrial LA FRANCESA S. A.
- Evaluar los parámetros de control identificados como críticos en el sistema de la cámara de fermentación
- Analizar alternativas de solución para reducir el elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea BURGER.
- Plantear una propuesta de solución para reducir el elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea BURGER.
- Realizar un curso de capacitación para los obreros de la empresa industrial LA FRANCESA S. A. implementando buenas prácticas de manufactura (BPM) para la cámara de fermentación.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Durante el proceso de producción de los panes de la línea BURGER se toma parámetros de control desde el amasado hasta el envasado, como ser temperaturas, tiempos, cantidades, y pesos los cuales son llenados en registros diarios por cada tipo de pan producido. El factor tiempo ha conllevado a que estos parámetros no se controlen generando la producción de panes defectuosos.

La industria panadera es de gran importancia en nuestro país, la producción junto con el control de calidad garantiza que los productos que salen de las industrias cumplan con los requisitos de calidad dados por IBNORCA de ISO 9001, además de los controles internos que son aún más estrictos.

1.5 ALCANCE

Mediante este trabajo se pretende dar información de los parámetros de control de la cámara de fermentación que se usan habitualmente y los que son ideales para el proceso proponiendo un sistema adecuado para que la empresa pueda realizar las mejoras necesarias para así garantizar la calidad del producto y las pérdidas por merma disminuyan y que la empresa pueda seguir ofreciendo productos de calidad a la población boliviana.

1.6 HIPÓTESIS

La evaluación de los parámetros de control en la cámara de fermentación permite reducir el elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea BURGER de la empresa industrial La Francesa S.A.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 EL TRIGO

El trigo es un cereal monocotiledónea, del orden de las glumíferas, familia graminácea, género *Triticum* y especie *Triticum durum* (Sánchez, 2002).

El trigo se puede clasificar según distintos criterios en:

- a) Harinosos o vítreos. Según la textura del endospermo.
- b) Trigos fuertes o flojos. Los fuertes producen harinas para la panificación de piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general alto contenido en proteínas. Los flojos por lo general tienen un bajo contenido en proteínas, solo sirven para la obtención de panes pequeños de miga gruesa.
- c) Trigos duros o blandos. Los duros se emplean preferentemente para la fabricación de macarrones y otras pastas alimenticias por su gran cantidad en gluten y las propiedades coloidales. De los blandos se extrae la harina utilizada en panificación.
- d) Trigos de invierno y de primavera (Sánchez, 2002).

2.2 LA HARINA

Al decir harina nos referiremos exclusivamente a la procedente del trigo. Solamente, el trigo y el centeno producen harinas directamente panificables, para lo que es preciso la capacidad de retener los gases producidos durante la fermentación, que ocasiona el aumento del volumen de la masa. Aunque, cualquier producto procedente de la molturación de un cereal puede denominarse harina (Sánchez, 2002).

2.2.1 Composición química de la harina

La composición media de una harina de trigo para una tasa de extracción del 76 %, se presenta en la Tabla 1, la tasa de extracción, es el porcentaje de harina que se obtiene al

triturar el grano de trigo (por cada 100 kg de cereal de trigo se extrae 76 kg harina) (Requena Pelaez, 2013).

Tabla 1. Composición química de la harina

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA	
Humedad	14-16%
Almidón	60-72%
Azúcares	1-2%
Minerales	0,4-0,6%
Proteínas	8-14%
Grasas	1,2-1,4%
Celulosa, vitaminas, enzima y ácidos	-
Otros compuestos nitrogenados	1-2%

Fuente: Manual de panadería (Marin, 2009)

2.2.1.1 Almidón

La mayoría de los almidones está compuesto por una mezcla de dos polímeros un polisacárido esencialmente lineal denominado amilosa y otro muy ramificado llamado amilopectina.

La amilosa está mayormente constituida de unidades de α -D-glucopiranosilo unidas por enlaces 1-4, Figura 1, aunque existe también moléculas con pocas ramificaciones en posiciones 1-6 alrededor de una cada 180-320 unidades, las propiedades físicas de las moléculas de amilosa son esencialmente de las moléculas lineales y tienen un peso molecular alrededor de 10^6 Da.

El acoplamiento de la posición axial-ecuatorial de las unidades α -D-glucopiranosilo da a las moléculas una forma de hélice o espiral con giro a la derecha, el interior de la hélice contiene solo átomos de hidrógeno, por tanto es lipofílico, mientras que los grupos de los hidroxilos están situados en el exterior de la hélice. Los almidones contienen alrededor del 25 % de amilosa.

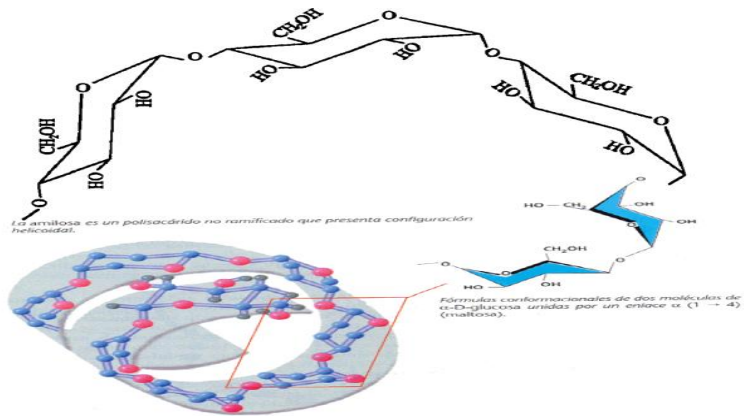


Figura 1. Molécula de amilosa

Fuente: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Carbohidratos-3_25142.pdf

La amilopectina es una molécula muy grande y ramificada, los enlaces de la ramificación representa del 4-5 % del total de enlaces, contiene un único extremo reductor llamado cadena -C, la cual tiene numerosas cadenas llamadas cadenas-B, a las que se unen por su parte varias cadenas llamadas cadena-A*. Las ramas de las moléculas de amilopectina le dan la forma de racimo y se presentan como dobles hélices. Dando como consecuencia un polímero ramificado como se muestra en la Figura 2. Los pesos moleculares van desde 10^7 hasta 5×10^8 Da hacen que las moléculas de amilopectina se encuentren entre las más grandes.

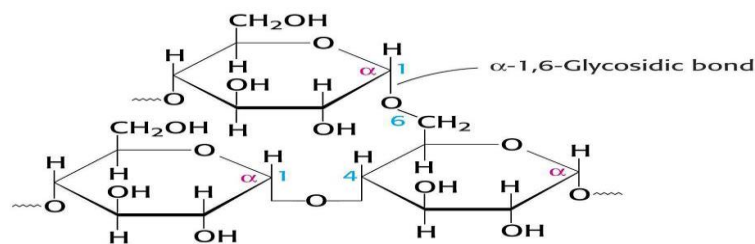


Figura 2. Molécula de amilopectina

Fuente: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Carbohidratos-3_25142.pdf

Los gránulos de almidón pueden llegar a medir hasta 55 μm de longitud en el eje mayor, con alta tendencia a gelificar/retrogradar a temperaturas de 52 a 85 $^{\circ}\text{C}$, además se puede observar otras propiedades del almidón y sus pastas en la Tabla 2 (Owen R., 2000).

Tabla 2. Propiedades generales del almidón de trigo y sus pastas

PROPIEDADES GENERALES DEL ALMIDÓN	
Tamaño de granulo eje mayor μm	2-55
% de amilosa	28
Temperatura de gelatinización $^{\circ}\text{C}$	52-85
Viscosidad relativa	Baja
Reología de la pasta	Corta
Calidad de la pasta	Opaca
Tendencia a gelificar/retrogradar	Alta
Lípidos % GS	0,9
Proteínas % GS	0,4
Sabor	Cereal ligero

Fuente: Química de los alimentos (Owen R., 2000)

2.2.1.2 Gelatinización del granulo de almidón

Los gránulos de almidón no dañados son insolubles en agua en agua fría, pero pueden hincharse de manera reversible es decir volver a su tamaño original al secarse. Sin embargo cuando se calientan en agua los gránulos de almidón sufren el proceso denominado gelatinización, Figura 3. La gelatinización es la interrupción de la ordenación de las moléculas en los gránulos. Durante este proceso se produce la lixiviación de la amilosa pero también puede producirse antes de la gelatinización. La gelatinización del almidón es un proceso endotérmico, donde el agua actúa como plastificante (Owen R., 2000).

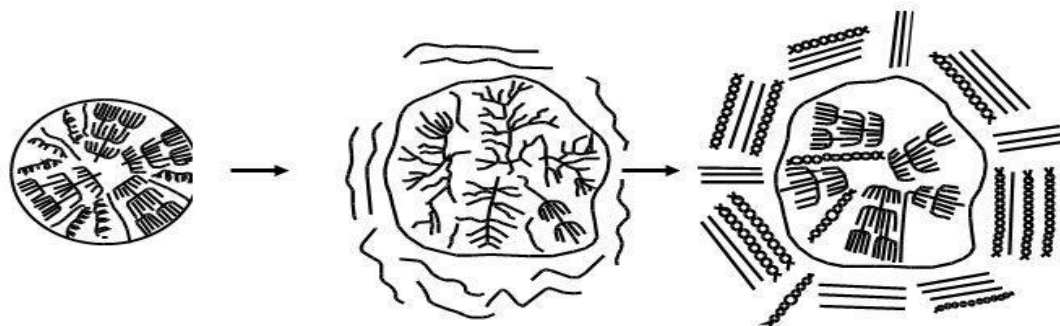


Figura 3. Gelatinización-retrogradación

Fuente: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Carbohidratos-3_25142.pdf

La industria usa diversos aditivos, almidones modificados, generalmente constituidos por amilopectina, para evitar la retrogradación (Ortiz & Blanco, 2011).

2.2.1.3 Proteínas

Las proteínas contenidas en la harina, las podemos dividir en dos grupos:

- a) No forman masa: 15 %. Son aquellas proteínas solubles y que no forman gluten como la albúmina, globulina y péptidos. No tienen importancia para la panificación.
- b) Forman masa 85 %. Son aquellas proteínas insolubles, como la gliadina y glutenina, que al contacto con el agua forman una red que atrapa los granos de almidón.

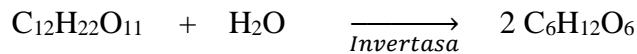
Durante el amasado se transforman en una masa parda y pegajosa, responsable de las propiedades físicas de la masa, constituyendo el gluten dotándole de características como la capacidad de retener los gases que se producen durante el proceso de fermentación. Absorben cerca del doble de su peso en agua. Con la cocción se coagulan formando la estructura que mantiene la forma de la pieza cocida. El contenido en gluten es característica del trigo, hablándose de trigos duros cuando su contenido es mayor al 13 %.

Las enzimas proteolíticas son las que actúan sobre las proteínas, cuya procedencia es diversa: como del insecto garrapatillo que inyecta enzimas proteolíticas al grano en estado lechoso; por la propia composición del grano aunque su contenido es muy bajo, pero la fuente principal de enzimas proteolítica es debida a la contaminación del trigo por mohos y bacterias. Las fúngicas sólo pueden desdoblar ciertos aminoácidos del interior de la cadena de gluten. Sin embargo, las bacterianas pueden desdoblar el gluten en péptidos. La función directa de las enzimas es atacar las ligaduras internas de los ácidos amídicos existentes en la cadena de proteínas, modificando el gluten, provocando la modificación de la viscosidad y extensibilidad de la masa (Sánchez, 2002).

2.2.1.4 Azúcares

Los azúcares presentes en la harina de son sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) y maltosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), estos disacáridos no son fermentables directamente, sino que es preciso transformarlos

enzimáticamente, en monosacáridos. Estas transformaciones se realizan por medio de las enzimas invertasa y maltasa, presentes en la harina, dando lugar al llamado azúcar invertido, constituido por una mezcla de glucosa y fructosa.



Otro azúcar presente es la dextrina que tiene muy pequeña proporción (0,2 %-0,3 %) y es en cierta medida responsable del brillo en la corteza (Sánchez, 2002).

2.2.1.5 Vitaminas

Las vitaminas más importantes en la harina son las del grupo B y E; siendo las del grupo B determinantes para el equilibrio nervioso en nuestro organismo y las del grupo E que ayudan a dar funcionalidad a los músculos y a mantener un buen estado de fertilidad.

La vitamina E ($\text{C}_{29}\text{H}_{50}\text{O}_2$) o tocoferol pertenece a las liposolubles y se encuentra en el germen. Su función en el pan es la de evitar su enmohecimiento y por lo tanto, prolongar la conservación. Tiene un gran poder anti-oxígeno que facilita este proceso.

La vitamina B es la que en mayor cantidad nos encontramos en la harina, forma parte de las llamadas vitaminas hidrosolubles. El grupo de la vitamina C está formado por 14 compuestos, de los cuales nos encontramos:

- Tiamina (B1) 4,200 mg/ kg de harina.
- Riboflavina (B2) 2,500 mg/ kg de harina.
- Niacina (B3) 30,200 mg/ kg de harina.

La B1 o tiamina, es termolábil, soporta hasta los 100 °C durante una hora, lo que nos indica que no todas las vitaminas son eliminadas después de la cocción, nos la encontramos en la capa del escutelo del germen del trigo y en el salvado.

La B2 o riboflavina, su característica más peculiar es su pigmentación amarilla con fluorescencia verde siendo muy sensible a la luz.

La B3 o niacina, se encuentra en el germen del trigo. Su peculiar característica es que soporta la luz, el calor y la oxidación.

La vitamina B6 o piridoxina, se encuentra principalmente en la aleurona de las capas externas del grano de trigo, es decir en el salvado y en menor cantidad en el germen de trigo (Sánchez, 2002).

2.2.1.6 Fibra

Definimos como fibra aquellos compuestos que se encuentran o forman parte de las paredes celulares vegetales, es decir por celulosa, lignina, hemicelulosa y pectinas.

Se considera que el consumo medio de fibra para un adulto debe estar entre los 25 y 35 g (Sánchez, 2002).

Así nos encontramos en el pan las siguientes cantidades de fibra:

- Pan blanco 2,7g de fibra/100g de pan.
- Pan integral 8,5g de fibra/100g de pan.

2.2.1.7 Materia mineral

Se puede definir como materia mineral al contenido en cenizas, y está formada por potasio, sodio, calcio y magnesio procedentes básicamente de las capas externas del grano de trigo (Sánchez, 2002).

2.2.2 Tipificación de la harina

Una harina suele caracterizarse según tres parámetros fundamentales desde el punto de vista panadero:

- Tasa de extracción.
- Características físicas de la masa que origina.
- Propiedades fermentativas.

- a) Tasa de extracción: El contenido en cenizas, expresión de la cantidad de materias minerales presentes en la harina, está íntimamente relacionado para cada trigo con la tasa de extracción, dado que su mayor parte, provienen de componentes de la corteza del grano de trigo y sus zonas más próximas. Varía desde 0,45 % a 1,40 % para los valores extremos indicados para la tasa de extracción. La tasa de extracción es el peso de harina extraída por unidad de trigo sucio utilizado. En general se expresa en porcentaje, que puede oscilar entre el 65 y el 98 %. Los menores valores corresponden a las harinas denominadas flor y las mayores a las llamadas integrales. Se puede considerar como normal una tasa de extracción del 75 %.
- b) Características físicas de la masa. Además de facilitar el trabajo de las masas, condicionan la capacidad de absorción de agua y en consecuencia, su rendimiento en pan. Estas características se refieren fundamentalmente a la elasticidad, tenacidad y suavidad. Aunque no en su totalidad, estas propiedades interrelacionadas por el gluten y conocidas en su conjunto dentro del sector panadero como fuerza. Por tanto, la fuerza hace referencia a la capacidad de una harina para generar gluten y cuantas más proteínas tenga la harina, más fuerza tendrá, se representa por W.
- c) Este factor condiciona el rendimiento de la operación de panificación. Teniendo que por kg de harina da lugar a más de un kg de pan. Este valor puede variar entre 1,1 y 1,3 dependiendo precisamente de la capacidad de hidratación de la harina, que depende a su vez de la cantidad de almidón dañado durante la molienda, la cantidad de proteína y de la humedad inicial de la harina.
- d) Las propiedades fermentativas de una harina, donde la producción de gas es la consecuencia de la cantidad de azúcares preexistentes y de la producida por medio de la transformación parcial sufrida por el almidón, que ocurre durante la fermentación de la masa. La buena retención de los gases en el seno de la masa es una propiedad ligada a las características plásticas de la harina, que facilita una elaboración de calidad produciendo panes esponjosos. Esta propiedad suele medirse mediante un fermentógrafo de Brabender, el manómetro de Bllish y Sandstedt.
- e) La tolerancia es otra propiedad que tiene gran importancia, que se entiende como la capacidad de la masa para producir estos resultados adecuados, aunque se hayan producido irregularidades en el proceso de fabricación (Sánchez, 2002).

2.2.3 Principales tipos de harinas

Los principales tipos de harinas son:

- Harina integral. Son las que en la elaboración de la misma no se realiza ninguna separación de las partes del grano de trigo.
- Harinas acondicionadas. Mediante tratamientos físicos o adición de productos debidamente autorizados se modifican y complementan para mejorar las características organolépticas, plásticas y fermentativas
- Harinas enriquecidas. Son aquellas a las cuales se le ha añadido alguna sustancia como: proteínas, aminoácidos, sustancias minerales y ácidos grasos esenciales que eleva el valor nutritivo con el fin de transferir esta cualidad a los productos.
- Harinas de fuerza. Son las harinas de extracción T-45 y T-55 exclusivamente extraída de trigos especiales con un contenido en proteína de 11 % y una fuerza, W, de 200.
- Harinas especiales. Son obtenidas en procesos especiales de extracción, estas son: malteadas, dextrinadas, y preparadas (Sánchez, 2002).

2.3 EL AGUA

El agua que se emplea debe ser potable, porque el agua constituye una tercera parte de la cantidad de harina que se vaya a emplear, pero la cantidad final que se añadirá dependerá de una serie de circunstancias, como el tipo de consistencia que queramos conseguir. Pero si añadimos poca agua, la masa se desarrolla mal en el horno, mientras que un exceso hace que la masa resulte pegajosa y se afloje el pan quedando aplanado.

2.3.1 Funciones del agua en panificación

El agua tiene un papel fundamental en la formación de la masa, ya que en ella se disuelve todos los ingredientes, permitiendo una total incorporación de ellos. También hidrata el almidón, que junto con el gluten dan por resultado una masa plástica y elástica, ayudando además en la fermentación, el sabor y frescura finales del pan.

Los almidones hidratados al ser horneados se hacen más digeribles. La corteza del pan más suave por efectos del agua. La humedad del pan le da esta frescura característica, ya que la pérdida de agua le vuelve viejo y pesado (Sánchez, 2002).

2.3.2 Clases de agua y su efecto en panificación

El agua se clasifica según la dureza. La dureza la representa el contenido en sales de magnesio y calcio en forma de bicarbonatos (dureza temporal), o en forma de sulfatos (dureza permanente). Así tenemos los siguientes tipos de aguas:

- Agua blanda (< 50 ppm CaCO_3), ablanda el gluten, y produce una masa suave y pegajosa. Para este tipo de agua se debe usar menos alimento para la levadura o aumentar la sal en la fórmula.
- Agua dura (50 - 200 ppm CaCO_3). Si provienen de sulfatos, actúan como nutrientes de las levaduras y fortalecen el gluten, pero en exceso, endurecen el gluten y retrasan la fermentación, por lo que conviene utilizar más levadura o alimento de ésta. Pero si provienen de bicarbonatos es mejor depurarlas antes de su uso.
- Agua salina (> 200 ppm CaCO_3), produce ese sabor característico y en exceso debilita y retrasa la fermentación, por lo que se debe reducir la sal en la fórmula.

El agua ideal para la panificación es el agua medianamente dura, que contiene sales minerales suficientes para reforzar el gluten y así servir como alimento para la levadura. El efecto sobre el sabor del pan, con agua dura da buen sabor, en cambio el agua es blanda da al pan un sabor desagradable (Sánchez, 2002).

2.4 LA SAL

Independientemente de su efecto sobre el sabor del pan, la sal tiene otros papeles de gran importancia en su elaboración. Actúa como regulador del proceso de fermentación, simultáneamente mejora la plasticidad de la masa, incrementando la capacidad de hidratación de la harina y en consecuencia, el rendimiento de la panificación. También favorece la coloración y finura de la corteza, teniendo como contrapartida el aumento de la higroscopicidad. Además, la sal baja la actividad de las bacterias productoras de ácidos

y controla la acción de la levadura, regulando el consumo de azúcares y dando por ello una mejor corteza.

La proporción de la sal será como máximo 2% sobre materia seca. La proporción de sal se recomienda que sea mayor con harinas recién molidas o débiles (Sánchez, 2002).

2.5 LEVADURA

El tipo de levadura predominante utilizado en la panificación se clasifica como *Saccharomyces cerevisiae*: saccharo significa azúcar, myces significa hongo y cerevisiae cerveza. La misma levadura que hace la cerveza hace un pan. Ambos procesos se desarrollaron simultáneamente como agricultura de granos, en la región de Media Luna Fértil de Medio Oriente.

La historia de la levadura para panificación comienza con los egipcios 2000 años antes de nuestra era. La historia de la levadura para panificación comienza con los egipcios.

Para conseguir el leudado le añadían restos de masa a la nueva masa, ahora conocida como: masa madre, lo cual se ha ido aplicando a lo largo de los siglos. Son organismos, unicelulares y microscópicos, que pertenecen a la familia de los hongos. Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y para uso industrial se seleccionan razas especiales para su uso en panificación, industria cervecera, etc. En 1674 Antoni van Leeuwenhoek, científico holandés lo observó por microscopio (de su invención). En 1850 Louis Pasteur descubrió los gránulos como plantas vivas unicelulares y comprendió que las células utilizan azúcares (hidratos de carbono) para su desarrollo y que liberan además sustancias en el medio que las rodea. En 1870, se empezó a fabricar en Holanda la levadura para panificación en la fábrica holandesa de levadura y alcoholes. La empresa, fundada por el señor J.C. Van Marken, dedicó gran atención a una investigación básica concerniente al aumento de calidad en la levadura para panificación. En 1945, se introdujo al mercado la levadura deshidratada destinada especialmente a la exportación, constituyó un concepto de calidad para los panaderos de todo el mundo. En 1972 se introdujo la levadura instantánea (una segunda generación de fermentos en estado seco) que ofrece al panadero una óptima facilidad en su uso y constante poder fermentativo (Manual de panadería, 2012).

La levadura probablemente ya esté en la harina, está en el aire en todas partes, son grandes consumidores de alimentos ricos en carbohidratos. La diferencia entre la levadura que puedes comprar en una tienda y qué puedes encontrar e interactuar en el mundo que te rodea es la pureza. La levadura "pura" como la conocemos no estuvo disponible comercialmente hasta la década de 1870. Durante los miles de años que el pan y la cerveza estaban siendo realizados antes de ese desarrollo industrial.

Los productos disponibles para la venta son cepas seleccionadas, como ejemplares superiores, aislados y criados. Donde prosperan a diferentes temperaturas, reproducir a diferentes velocidades, tolerar diferentes niveles de alcohol, y producen diferentes enzimas y sabores.

La función principal de la levadura consumir carbohidratos y los transforma en alcohol y dióxido de carbono. En el pan, el dióxido de carbono es el producto más importante. Sus burbujas son los que levantan el pan, dándole textura y ligereza. El alcohol se evapora a medida que se cocina el pan (Katz , 2003).

La fermentación es un proceso de transcendencia en la elaboración del pan, es la fermentación panaria donde se obtiene un pan voluminoso de miga uniformemente alveolada y otras características, viene condicionada por el adecuado control de toda una serie de transformaciones químicas y enzimáticas.

Durante la fermentación, la levadura transforma ciertos azúcares en alcohol y anhídrido carbónico además de productos intermedios entre los que predomina la glicerina.

Para el desarrollo de su actividad vital, la levadura necesita unas condiciones de temperatura, humedad y acidez adecuadas, siendo estos factores del medio decisivos en el control de la fermentación.

Además se debe considerar otros agentes fermentables no deseados presentes en la harina, como bacterias acéticas y lácticas (Gracia Olmedo, 1964).

La acción enzimática de la levadura, la glucosa u otro tipo de azúcar puede ser fermentada por ella, pasando por varios puntos intermedios, el alcohol pasa a formar la fase líquida de la masa, el anhídrido carbónico gaseoso parcialmente disuelto pasa a formar ácido carbónico, quedando una parte retenida en fase gaseosa en la masa.

Las enzimas de las bacterias lácticas usan la glucosa como sustrato para producir ácido láctico, y las enzimas acéticas transforman el alcohol producidas por las levaduras en ácido acético, este es relativamente fuerte y se produce en cantidades apreciables, aumentando la acidez de la masa.

El nitrógeno soluble que la levadura metaboliza suele ser incorporado en forma de sales amónicas de sulfato o cloruro, con la asimilación del amonio la levadura deja libre los ácidos afectando gravemente el pH aun en pequeñas cantidades. Como resultado de todas las reacciones se produce una disminución del pH de 6 a 5 que repercute en las propiedades de hidratación del gluten y la velocidad de las reacciones enzimáticas.

Las enzimas que generan la hidrolisis del almidón se llaman amilasas o diastasas y son enzimas de degradación que catalizan la adición de una molécula de agua en cada enlace glucosídico, permitiendo así la ruptura de las cadenas del polisacárido (almidón), las amilasas se designan genéricamente como alfa y beta.

Las beta-amilasas catalizan de forma ordenada la hidrolisis cada dos enlaces dando como resultado maltosa (dos unidades de glucosa 1-6), las alfa-amilasas realizan la hidrolisis en cualquier punto del almidón, también atacan las ramificaciones y la estructura espiral hidrolizando uniones vecinas separadas por una espira, donde se producen las dextrinas y los oligosacáridos (6-7 unidades de glucosa).

No existen diferencias esenciales entre las amilasas de diversas fuentes, aunque difieren en ciertas características, tales como el pH óptimo y las temperaturas de inhibición y óptima presentes en la Tabla 3 (Garcia Olmedo F. , 1964).

Tabla 3. Diferencias esenciales entre amilasas de diversas fuentes

PROCEDENCIA	pH ÓPTIMO	TEMPERATURA ÓPTIMA (°C)	TEMPERATURA DE INHIBICIÓN (°C)
β -amilasa cereal	4-5	55	70 - 75
α -amilasa cereal	4-5	65 -70	85
α -amilasa fúngica	5-7	65	75
α -amilasa bacteriana	5-7	70	Inactivación parcial a 100 °C

Fuente: (Garcia Olmedo F. , 1964)

En resumen, a partir del almidón, hidrolizado hasta glucosa, que es consumida por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que en su metabolismo produce anhídrido carbónico, que queda atrapado por el gluten, formado por las proteínas glutelina y gliadina, logrando que el pan aumente su volumen. Al hornearlo, sufre el pardeamiento no enzimático, reacción de Maillard que mejora su sabor, su textura, su color, por formación de pigmentos pardos justamente en una capa crocante y sabrosa (Ortiz & Blanco, 2011).

2.5.1 Definición y tipos de levaduras

Antes se debe distinguir entre levadura biológica y gasificante, la primera realiza la fermentación biológica transformando los azúcares en CO₂, alcohol etílico y energía, además de descomponer los azúcares complejos en otros más simples por la acción de la enzima *Zymasa*. Los gasificantes son compuestos alcalinos como el bicarbonato amónico o sódico empleados para provocar la elevación de la masa sin llegar a transformar ningún componente de la harina.

La levadura biológica es un hongo perteneciente al género de los hemiascomicetos y más especialmente a los miembros del género *Saccharoromyces*. No todas las levaduras son aptas para la panificación, la más utilizada por los panaderos es la *Saccharomyces cerevisiae*.

Estas son cultivadas de razas puras en medios idóneos para su multiplicación y baratos, como son las melazas, que se acondicionan agregando otros nutrientes como fosfatos, sales minerales y mezclas de hidróxido amónico y sales de amonio.

La levadura se encuentra en el mercado en los siguientes formatos:

- Levadura activa seca: En forma granulada.
- Levadura seca instantánea.
- Levadura prensada o en pasta.
- Levadura líquida.

2.5.2 Composición química de la levadura prensada

La composición química de la levadura varía en función de su contenido en agua, el cual, para la levadura prensada comercial alcanza aproximadamente el 70 %. Expresada en extracto seco su composición se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición química de la levadura prensada

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LEVADURA PRENSADA	
Hidratos de carbono	37,1 %
Minerales	8,8 %
Grasas	1,7 %
Proteínas	52,4 %

Como todo organismo autónomo vivo que cuenta con una estructura compleja, la levadura posee un gran número de vitaminas:

- Vitamina B (Aneurina o Tiamina, Riboflavina, Piridoxina)
- Nicotinamida
- Ácido Pantoténico
- Provitamina D
- Vitamina E (Tocoferol)
- Vitamina H (Biotina)
- Ácido Fólico
- Inosita (Factor de crecimiento de la levadura). (Sánchez, 2002)

2.5.3 Almacenamiento

Al ser un organismo vivo durante su almacenamiento se debe reducir su actividad, para ello se reduce la temperatura de conservación, entre 0 y 8 °C. Las características de la levadura prensada son:

Color que puede variar de blanco a crema.

Olor característico, agradable y ligeramente alcohólico, pero no amoniacal repulsivo.

Sabor casi insípido y nunca repugnante.

Según la reglamentación técnico-sanitaria su humedad no puede ser inferior al 75 %.

2.5.4 Funciones de la levadura

Las principales funciones de la levadura son las siguientes:

- a) Producción de sustancias que colaboran en la modificación de las estructuras de las proteínas de la harina (gluten), de forma que las paredes celulares estén capacitadas para retener el anhídrido carbónico producido. La reducción de la fermentación tiene como consecuencia la pérdida de parte de elasticidad de la masa. Probablemente la plasticidad es una propiedad adquirida como consecuencia de la rotura de los enlaces intermoleculares, manteniendo la configuración longitudinal de los enlaces del gluten.
- b) Desarrollo de parte del aroma y sabor, mediante la producción de alcoholes, aromas típicos de panificación, éteres, ácido acético, butírico y láctico
- c) Quizás la función más importante es la subida de la masa, debida a la producción de CO₂ (anhídrido carbónico) y alcohol etílico en forma de etanol (C₂H₅OH), por la transformación de la glucosa.



2.5.5 La célula de levadura

Cada pequeña célula de levadura es un organismo independiente que desempeña todas las funciones necesarias para vivir. A pesar de su tamaño entre 1 y 5 milésima de milímetro, es un ser extremadamente complejo.

Está envuelta por una pared celular exterior, inmediatamente debajo de la membrana celular, que regula los intercambios de la célula con el medio exterior permitiendo la entrada de nutrientes y que el CO₂ y el alcohol sean evacuados.

El protoplasma es la parte fundamental de la célula, lo forman el núcleo y el citoplasma que le rodea. El núcleo tiene la responsabilidad vital de las características hereditarias de la célula y de sus actividades metabólicas. En el citoplasma hay vacuolas, pequeños cuerpos que contienen alimentos y constituyen las reservas nutritivas. Otras sustancias como orgánulos, ribosomas, mitocondrias, están dispersos en el citoplasma.

Las levaduras se desarrollan tanto en presencia de oxígeno como en su ausencia. En el primer caso producirían la fermentación de la masa, y en el segundo caso la oxidación de los azúcares. (Sánchez, 2002)

2.6 LA FERMENTACIÓN

El mérito principal que podemos asignar a la fermentación es el de posibilitar la elaboración de un pan esponjoso.

Puede explicarse que la cualidad de la fermentación, de producir hinchazón en la masa fresca y, posteriormente, permitir la obtención de un pan alveolado, esponjoso y ligero, se debe a la producción de un gas en el interior de la masa. Este gas permanece atrapado en la masa durante el proceso de elaboración de pan, debido a unas cualidades específicas que debe reunir la masa para retener lo de forma que el gas se situó en pequeñas bolsas repartidas por toda la masa. Esta propiedad se debe principalmente a la existencia de gluten, capaz de conformar una estructura suficientemente fuerte para atrapar el gas y, al mismo tiempo, con una elasticidad en la medida precisa para permitir que la pieza aumente de tamaño sin romperse ni deformarse. (Tejero, 1992)

Existen dos tipos de fermentación:

- Fermentación química
- Fermentación biológica

2.6.1 Fermentación química

La fermentación es la gasificación o elevación mediante gasificantes, consiste en provocar la producción de un gas en la masa mediante la reacción de productos químicos añadidos en la forma de “LEVADURA”, con la particularidad de que en esta reacción no toma parte componente alguno de la harina, aspecto este que la distingue de la fermentación biológica, o simplemente fermentación (Tejero, 1992)

Normalmente como fuentes de anhídrido carbónico de tipo químico se utiliza el bicarbonato sódico o el bicarbonato amónico; este último se emplea solamente en aquellos

productos con bajo contenido en humedad ya que el agua retiene el amoniaco dando al producto final su olor característico.

Las ventajas del empleo del bicarbonato sódico como fuente de anhídrido carbónico residen en su bajo costo, en su absoluta inocuidad, su facilidad de uso, la ausencia de olores y sabores en el producto final y en elevado grado de pureza del producto comercial.

En el caso de la elaboración de productos dietéticos de bajo contenido en sodio, para pacientes afectados de descompensación congestiva, cardiopatías e hipertensiones arteriales, el bicarbonato sódico se sustituye por el por bicarbonato potásico. El desarrollo del anhídrido carbónico en una solución acuosa de carbonato sódico, es muy lenta especialmente a temperatura ambiente, pero como la masa normalmente tiene un pH comprendido entre 5 y 6, tal ambiente aumenta la velocidad de desarrollo del gas.

En cambio, si no se añaden ácidos, el pH de la masa se vuelve rápidamente alcalino con disminución de la producción de gas.

Es por consiguiente añadir ácidos para tener una constante y compleja producción de anhídrido carbónico. Los ácidos empleados para este fin deben ser inocuos y no dejar sabores ni olores característicos.

En la producción de pan molde, de bizcochos, y de algunos productos dulces se utilizan no solo levaduras, sino una mezcla de sustancias denominada “polvo fermentante” (*baking powder*).

Se denomina polvos fermentantes a aquellos agentes que se obtienen de la mezcla de una sustancia de reacción ácida y bicarbonato sódico con o sin almidón o harina. Esta mezcla debe producir un mínimo del 12 % del anhídrido carbónico disponible.

Las sustancias de reacción ácida que se usan en el polvo son:

- Ácido tartárico o sus sales ácidas
- Sales ácidas del ácido fosfórico
- Compuestos de aluminio
- Mezclas de las sustancias precedentes

La necesidad de producir el 12 % de anhídrido carbónico disponible se define teóricamente por la presencia en la mezcla del 23 % de bicarbonato sódico; en la práctica se utiliza como margen de seguridad entre un 26-30 %. El resto de la mezcla está formado por ácidos fermentantes, rellenos y diluyentes como el lactato de calcio, tabla 5, que tiene el efecto de modificar la evolución del anhídrido carbónico del sistema.

Además las sustancias diluyentes no son completamente inertes sino que sirven para inhibir la reacción prematura de los componentes fermentantes, debido a la humedad presente durante la conservación, y también a hacer homogénea la velocidad de reacción en los primeros estados del amasado (Quaglia, 1991).

Tabla 5. Composición de los polvos fermentables

COMPOSICION DE POLVOS FERMENTABLES			
Polvo fermentante	1	2	3
Bicarbonato sódico granulado	30	30	30
Fosfato monocálcico monohidratado	5.0	-	5.0
Almidón de maíz	24.5	26.0	27.0
Pirofosfato ácido de sodio	38.0	44.0	38.0
Lactato cálcico	2.5	-	-

Fuente: (Quaglia, 1991)

2.6.2 Fermentación biológica

Consiste en la transformación de azúcares en otros productos químicos, generalmente alcohol etílico y pequeñas cantidades de ácidos, con desprendimiento de anhídrido carbónico.

El agente posibilita esta transformación es la levadura, que actúa por medio de su principio activo: la enzima zimasa. Es decir, se trata de un proceso que tiene lugar entre un componente de la harina, el azúcar y la levadura (Tejero, 1992).

Se entiende por levaduras un grupo particular de hongos unicelulares caracterizados por su capacidad de transformar los azúcares mediante mecanismos reductores (fermentación) o también oxidantes.

Las células de las levaduras se presentan de forma pequeña y dan origen por gemación a nuevas células iguales; pueden separarse de las células madre o permanecer unidas dando lugar a formas complejas. Las levaduras pueden distinguirse por las siguientes formas características: redonda, ovalada, elíptica, cilíndrica, alargada etc.

La reproducción por gemación es particularmente activa en condiciones de aerobiosis y de una suficiente apropiada nutrición. Los factores químicos que influyen en la actividad de las levaduras son el pH, los nutrientes disponibles y la presencia de sustancias capaces de bloquear el desarrollo o de inhibir la actividad de la fermentación.

Para la fermentación de las masas panarias se emplean levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*, capaz de fermentar los azúcares produciendo anhídrido carbónico y alcohol.

Ya que el género *Saccharomyces*, no todas las especies tienen la misma actividad fermentadora, hay algunas que solo fermentan un azúcar, otras en cambio que fermentan dos, tres o más azúcares. Es necesario conocer que el *Saccharomyces cerevisiae* transforma por fermentación la glucosa y la fructosa.

Estos dos azúcares derivan de la acción de las enzimas sobre las moléculas más complejas de otros tipos de azúcares, tales como la sacarosa, maltosa, almidón y otros azúcares similares (Quaglia, 1991).

Las enzimas que están presentes en las harinas o en la malta (amilasas) escinden el almidón en maltosa o dextrosa, los cuales a su vez junto con la sacarosa, son transformados por las enzimas presentes en las células de la levadura en glucosa y fructosa que por la acción de otra enzima (la zimasa) se transforman en anhídrido carbónico y alcohol.

A partir de las investigaciones clásicas del Ehrlich, y admitiendo que los alcoholes puedan también tener un origen en los aminoácidos, estos asumen una notoria importancia para las características organolépticas que imprimen a los líquidos fermentables y van a constituir, junto con otros compuestos, el denominado aceite de flemao fuseolo.

Entre los compuestos volátiles merecen sobre todo recordarse los aldehídos y en modo particular, el aldehído acético que en parte se forma por la escisión del azúcar y que no se reduce a alcohol se oxida a ácido acético.

Junto al ácido succínico es también constante la producción de ácido láctico en pequeñísimas cantidades, se trata de ácido D (-) láctico mezclado en pequeñas cantidades de ácido L (+) láctico, es la mayor parte de las levaduras.

Los alcoholes superiores no se forman solo de aminoácidos, ya que se admite una fermentación directa a partir de los azúcares; las cantidades de alcohol que se producen con la naturaleza de las diferentes especies de levadura y como están influenciadas por el pH del medio, la temperatura, la reacción, las sustancias que provocan el crecimiento de las masas.

Aunque en la fermentación alcohólica la formación de etanol representa la principal característica de las levaduras fermentantes, también son posibles otras actividades bioquímicas, relacionadas con el proceso de fermentación; entre estas y en particular para algunas especies se destaca la formación relativamente importante de ácidos, tanto en condiciones de anaerobiosis como de aerobiosis

2.6.3 Factores que influyen en la fermentación

Los factores que favorecen la producción de gas son: aumento en la concentración de levadura, adicción de azúcares, adicción de preparados amilásicos, adicción de estimulantes de la levadura, elevación de la temperatura hasta 30 °C, etc. Al contrario disminuyen la producción de gas: la sal, la temperatura demasiado elevada y el exceso de estimulantes de la levadura. La retención satisfactoriamente del gas solo es posible cuando la estructura coloidal ha sido dispersada adecuadamente, cuando sucede esto se dice que la masa está madura.

La complicación de estos procesos se acentúa si tenemos en cuenta que estos factores son interdependientes y por tanto esta viene condicionada por la clase de harina, clase de levadura y de la fórmula de panificación utilizada (Gracia Olmedo, 1964).

Existen diferentes factores que influyen en la fermentación panaria y ocasionan consecuencias sobre la producción de gas y las cualidades plásticas de la masa.

2.6.3.1 Factores referidos a las materias primas

– Harina

La cantidad de maltosa que contiene la harina afecta directamente sobre la capacidad fermentativa por lo que supone un alimento directamente asimilable por la levadura. La velocidad de fermentación aumenta proporcionalmente al índice de maltosa. El valor entre 1,7 y 2,2 se considera el óptimo para las harinas destinadas a la elaboración del pan. La actividad enzimática también juega un rol importante en la fermentación. Un exceso de enzimas (beta y alfa amilasa) provocaría una aceleración de fermentación y color rojizo en el pan. La calidad del gluten es un factor importante para la obtención de un buen pan. Un gluten de mala calidad no se estirará suficiente volviéndose rápidamente poroso dejando escapar el gas producido por la fermentación. Un gluten de calidad y elástico permite un buen desarrollo del pan (Flecha, 2015).

– La levadura

La cantidad de gas no es proporcional a la cantidad de levadura añadida. No se produce más gas por haber echado más levadura solo que se produce más rápidamente. Es importante también resaltar que la dosificación de la levadura y la temperatura de la masa van a condicionar la fuerza de la misma. A mayor concentración de levadura y temperatura más elevada al finalizar el amasado, la masa se comportará más fuerte y resistente al formado. Por el contrario, con concentraciones más bajas y temperaturas frías la masa se comportará más débil y extensible (Flecha, 2015).

– La sal

Si ésta se añade en exceso cambiará el sabor en el pan y la fermentación será lenta. Si esta está en defecto, la fermentación se acelerará; por lo tanto, la sal añadida a la masa en una dosis correcta actuará directamente sobre el sabor del pan (Flecha, 2015).

2.6.3.2 Factores propios de la masa

– Temperatura

La actividad de las enzimas también depende de la temperatura, entre 20 y 40 °C a medida que aumentamos un 1 °C, la temperatura aumenta un 10% la velocidad de fermentación. La temperatura más favorable para la fermentación se sitúa alrededor de 22 °C a 26 °C. Se puede comprobar cómo a medida que aumenta la temperatura y la dosis de levadura, disminuye el tiempo que tarda la masa en alcanzar el volumen óptimo de fermentación (Flecha, 2015).

- Hidratación

Las masas blandas fermentan más deprisa que las masas duras. Ello se debe a la acción de la levadura que es más favorable con mayor cantidad de agua.

- pH

El pH óptimo de la masa a su entrada al horno deberá ser 5,2-5,5. Un exceso de pH produce un aumento excesivo de fuerza. Por el contrario si el pH es menor corremos el riesgo que actúe el *Bacillus masensterius* (Flecha, 2015).

2.6.3.3 Factores externos

- Temperatura ambiente

Cada grado que se aumente aumenta un 10 % el poder fermentativo. A 55 °C muere la levadura, entre 2 °C y 4 °C está prácticamente aletargada y entre 10 °C y 12 °C fermenta muy despacio.

A temperaturas superiores a 30 °C, la masa se desarrolla a mayor velocidad en la parte exterior del pan. Esto origina un volumen irregular del producto con el consecuente agrietamiento del pan a la salida del horno.

A temperaturas inferiores a 25 °C, se produce un enfriamiento de la masa que retrasa la fermentación y relaja las piezas, aumentando la elasticidad de las mismas. Se obtendrá un pan de escaso volumen y con ampollas en los laterales de la barra (Sanchez Blanco, 2014)

- Humedad

El valor correcto de la humedad sería la suma de la humedad de la harina y la hidratación de la masa. Masas que quedan a temperaturas más calientes que la temperatura ambiente

tiende a acortezarse. Un exceso de humedad produce una masa pegajosa y una falta de humedad provoca la deshidratación de la capa externa en la masa, lo que hace poco extensible para que se desarrolle la fermentación con normalidad. Si esto ocurre en exceso la masa experimenta mucha dificultad para fermentar y aumentar de volumen aunque, la actividad fermentativa de las levaduras continúe. La fermentación se acelera con tasas de humedad altas. Esto sucede en ambientes muy húmedos o en el interior de cámaras de fermentación mal reguladas y con exceso de vapor. La masa además se relaja, el gluten se debilita y la tolerancia de la fermentación baja (Flecha, 2015).

Una correcta fermentación se produce siempre y cuando controlemos sus dos variables más decisivas: Temperatura y humedad. Sus valores óptimos son 30 °C y 75 %, respectivamente. Si hay desviaciones de estas variables, pueden suceder algunos de los problemas que se describen a continuación:

A temperaturas superiores a 30 °C, la masa se desarrolla a mayor velocidad en la parte exterior del pan. Esto origina un volumen irregular del producto con el consecuente agrietamiento del pan a la salida del horno.

A temperaturas inferiores a 25 °C, se produce un enfriamiento de la masa que retrasa la fermentación y relaja las piezas, aumentando la elasticidad de las mismas. Se obtendrá un pan de escaso volumen y con ampollas en los laterales de la barra.

Con una humedad superior al 75 %, la pieza se vuelve pegajosa y la corteza rojiza (una vez horneada) debido a una alta actividad enzimática. La corteza tenderá a separarse de la miga tras el horneado.

Con una humedad inferior al 75 %, se produce una deshidratación de la masa, dando lugar a panes de poco volumen.

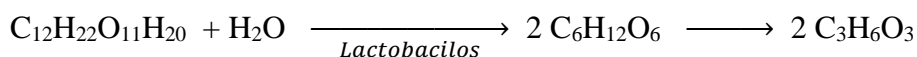
El método mixto que se ha descrito sólo requiere que se respeten las variables (temperatura y humedad) y el tiempo de fermentación para un desarrollo aceptable de la masa (Sanchez Blanco, 2014).

2.6.4 Tipos de fermentación

Una correcta fermentación se desprende una serie de reacciones que son decisivas en la conservación de un pan de calidad. En conclusión, se llama fermentación a la transformación de ciertas sustancias orgánicas por microorganismos designados bajo el término general de levadura. Entre las fermentaciones más conocidas están: fermentación láctica, fermentación butírica, fermentación alcohólica y fermentación acética.

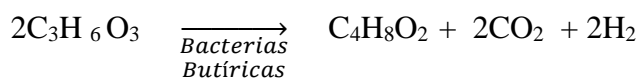
2.6.4.1 Fermentación láctica

Esta actividad se produce gracias a los lactobacilos que llegan a la masa a través de la harina y también la levadura los puede contener. Actúan muy lentamente a temperaturas normales (25 °C) incluso a bajas temperaturas lo hacen muy débilmente pero, a 35 °C es cuando ejerce su actividad plena. En fermentaciones en las que se use altas temperaturas en la cámara de fermentación se corre el riesgo de producir un exceso de ácido láctico (C₃H₆O₃), lo que influirá negativamente en la calidad del pan.



2.6.4.2 Fermentación butírica

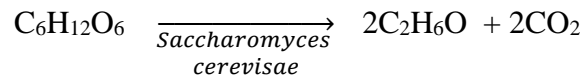
Cuando aparece el ácido láctico (C₃H₆O₃) por medio de la fermentación láctica, diversas bacterias actúan sobre él transformándolo en ácido butírico (C₄H₈O₂), produciendo además anhídrido carbónico (CO₂) e hidrógeno (H₂). Esta fermentación indeseable no tiene mayor problema a no ser que la masa esté sometida durante la fermentación a temperaturas próximas a los 38 °C donde esta temperatura afectará negativamente al sabor del pan.



2.6.4.3 Fermentación alcohólica

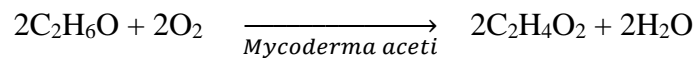
Durante este proceso el azúcar (C₆H₁₂O₆) presente en la harina reacciona con la levadura produciendo anhídrido carbónico (CO₂) que será el responsable del hinchamiento de la

masa y de la formación del alcohol (C₂H₆O) que más tarde se volatizará durante la cocción pero que tendrá consecuencias posteriormente en el aroma y sabor del pan.



2.6.4.4 Fermentación acética

Por medio de bacterias ácidas *Mycoderma aceti* que actúan sobre el alcohol etílico (C₂H₆O) producido anteriormente por la fermentación alcohólica, produciendo ácido acético (C₂H₄O₂).



2.6.5 Etapas de la fermentación

Tres son las etapas fundamentales que se producen en cualquier fermentación panaria.

- Primera etapa

Se inicia en la amasadora al poco tiempo de añadir la levadura ya que las células de la levadura comienzan la metabolización de los primeros azúcares libres existentes en la harina. Es una fermentación muy rápida y que dura relativamente poco tiempo.

- Segunda etapa

Es la etapa más larga y aunque en muchos casos la actividad de las enzimas comienza muy pronto su etapa degradadora es larga. Es el momento en el que la alfa y beta amilasa actúan sobre el almidón y lo transforman en azúcar. Estos azúcares podrán ser a su vez utilizados por las levaduras que lo transforman en alcohol y gas carbónico. Ellos tomarán pues el relevo de los azúcares preexistentes en la harina en el momento de su agotamiento. Por supuesto solo es una pequeña parte del almidón contenido en la harina (10 %) será así transformado.

- Tercera etapa

Normalmente es una fermentación de corta duración, aunque depende mucho del tamaño de la pieza, ya que finaliza, cuando en el interior de la pieza del pan alcanza 55 °C pues,

en dicha temperatura las células de levadura mueren debido a esto. El tiempo será mayor si la pieza es con corteza gruesa que si es una barra pequeña o con corteza fina ya que, en este último caso el calor penetra rápidamente, al poco tiempo de introducir los panes en el horno. En resumen se puede decir que la fermentación empieza con el amasado y termina en el horno (Flecha, 2015).

2.7 COCCIÓN

El tiempo de cocción varía según el tamaño de las piezas. Durante los primeros 5 minutos de cocción se produce una expansión de la masa debido al hinchamiento del almidón y a la liberación del CO₂.

Es conveniente que, durante la cocción, la temperatura en el interior del pan se acerque lo más posible a 95 °C, con lo que se evita, de esta manera, el rápido desarrollo de los mohos (Tejero, 1992).

2.7.1 Temperatura del horno

Varía según el peso y la forma de las piezas. La temperatura para cocinar panes pequeños debe ser más elevada que aquella que se requiere para cocinar los panes grandes (Tejero, 1992).

2.7.2 Fenómenos que tienen lugar durante la cocción

Durante la cocción ocurren una serie de transformaciones de tipo físico, químico y biológico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas.

La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y el tipo de pan; la temperatura oscila entre 220 y 275 °C mientras que el tiempo de cocción varía como función del peso, presentados en la Tabla 6.

Tabla 6. Rango de tiempo de cocción

RANGOS DE TIEMPO DE COCCIÓN	
Rango de tiempo (min)	Peso (g)
45 – 50	2 000 g
30 – 40	900 g
20 – 30	500 g
13 – 18	<500

Fuente: (Tejero, 1992)

Una vez introducida la masa en el horno, el calor se propaga del ambiente hasta el interior, atravesando la superficie superior y lateral (transmisión de calor por convección y conducción) y desde la base del horno atraviesa la superficie inferior; en el producto se establece un gradiente de temperatura con un máximo, inicialmente de 100 °C.

En realidad en esta fase ocurre un movimiento (del interior hacia el exterior) de moléculas de agua que alcanzan la superficie se evaporan ($T_e = 100\text{ °C}$) por lo cual la temperatura que se instaura en el producto tiende a disminuir hacia el interior.

Durante la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza.

La temperatura en el interior del producto es inferior a 100 °C y depende del tamaño y duración de la cocción.

2.7.3 Fenómenos bioquímicos

La temperatura de cocción influye sobre otros componentes, como son las vitaminas y en particular la tiamina (B1) y la Riboflavina (B2) cuyo contenido se reducen notablemente.

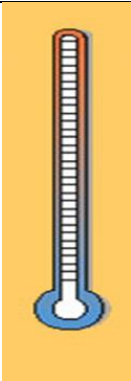
Existe una diferencia de temperatura entre la superficie y el interior de la masa, la temperatura más baja, convierte el almidón en estructura coloidal, formando la miga; sobre la superficie, la temperatura es más alta provoca el proceso de dextrinación y caramelización. Además, la temperatura conduce a la eliminación del gas en la masa y de

sustancias volátiles y aromáticas como los alcoholes, los éteres y todos aquellos productos derivados de la reacción de Maillard entre azúcares y aminoácidos y se forma el aroma característico del pan (Quaglia, 1991).

2.7.4 Transformación de la masa durante la cocción del pan

En el tiempo de cocción intervendrán también las variaciones tiempo y temperatura, de tal forma que una pieza pequeña se cocerá a más temperatura y un tiempo menor, por el contrario, en las piezas de mayor tamaño el tiempo será más prolongado y la temperatura más baja. Por tanto, el tamaño de las piezas será una característica importante para determinar la temperatura del horno, pues una temperatura alta en el horno puede quemar rápidamente la corteza y dejar sin cocer el interior (Tejero, 1992).

Tabla 7. Principales transformaciones del pan durante la cocción

PRINCIPALES TRANSFORMACIONES COMO FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA	
	<p>130-250 °C caramelizarían de la corteza</p> <p>70-100 coagulación del gluten</p> <p>70-75 °C fin de la actividad enzimática</p> <p>100 °C evaporación del agua</p> <p>55—75 °C gelificación del almidón</p> <p>60 °C comienza a inactivarse las β-amilasas</p> <p>55 °C mueren las levaduras fin de la fermentación</p>

Fuente: Tejero, 1992

2.7.5 Influencia de la temperatura sobre la masa

La pieza de la masa introducida en el horno que se encuentra a una temperatura que oscila entre 200 y 275 °C sufre un aumento de temperatura a consecuencia de la propagación del calor que tiene lugar, según la zona, por conducción, convección e irradiación.

La parte de la masa en contacto con la base del horno absorbe por convección del aire y por irradiación a la vez (Quaglia, 1991).

2.7.6 El vapor en la cocción del pan

Durante la cocción del pan se producen dos tipos de vapor el que se insufla en el momento de entrar el vapor en el horno y el que se origina por la evaporación del agua de la masa.

La fijación del vapor de agua sobre la masa justo en el momento de su entrada en el horno hace que su pared exterior se encuentre instantáneamente recubierta de una finísima película de agua hasta condensación es debido a la diferencia de temperatura de la masa (30 °C) y la del vapor (100 °C).

La función del vapor se manifiesta sobre el desarrollo de las piezas, aumentando su volumen, y produce en ablandamiento y la dilatación provocada por el CO₂ (Tejero, 1992).

Las ventajas del vapor son: A temperatura inferior a 55 °C la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue, solo a los 65 °C la actividad de la levadura y de las enzimas cesa, y al mismo tiempo comienza la coagulación del gluten y la parcial dextrinación del almidón: la totalidad de estos fenómenos y eliminación de agua hace perder a la masa la consistencia plástica y le da una forma rígida.

- Expansión de la masa con uniformidad en el horno.
- Consigue que la corteza adquiera brillo y colorido agradables.
- De corteza fina y crujiente.

Las desventajas por el exceso de vapor

- Produce ampollas en la corteza.
- Falta de greña.

2.7.7 Evaporación del agua contenida en la masa

La evaporación del agua contenida en la masa durante la cocción alcanza una temperatura de 100 °C el agua que se libera se evapora; evidentemente tal proceso ocurre superficialmente constituyendo un proceso de migración del agua desde el interior al exterior; cuando esta migración se atenúa se inicia la formación de la corteza cuyo espesor depende de la duración de la cocción.

Una masa más consistente requiere una temperatura de cocción inferior a la necesaria para una masa blanda, porque es menor la cantidad de agua que debe evaporarse.

Se necesita una temperatura no demasiado elevada durante un tiempo largo. Para un peso de 50 g es suficiente para la cocción una temperatura 260-275 °C durante 10-15 minutos, mientras que para piezas grandes se necesita una temperatura de 220-230 °C durante un intervalo de tiempo de 35-45 minutos (Quaglia, 1991).

2.8 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PAN

Se debe seguir varios procesos ejecutados de forma secuencial dentro del producción de panificación, básicamente son cuatro las principales desde que se mezclan los insumos.

2.8.1 Amasado

Este proceso tiene como objetivo lograr una mezcla lo más homogénea posible y conseguir las características plásticas de la masa así como la perfecta oxigenación. La masa se forma en medio acuoso que permite que se generen las reacciones químicas que transforman la mezcla en una masa casi fibrosa. La temperatura de la masa no pueden sobrepasar los 22 °C para evitar que la fermentación suceda de forma acelerada. Para esta parte de proceso se usa una amasadora industrial de 10 kg de capacidad, mostrada en la Figura 4.



Figura 4. Amasadora Argental

Fuente: <https://ar.class.posot.com/amasadora-argental-3-bolsas/>

2.8.2 Formado

Este proceso lleva tres etapas sobado, boleado y laminado.

- Sobado: Se realiza en una máquina llamada sobadora, ilustración 5, esta cumple la función de desgasificar la masa del CO₂ que se produjo durante el amasado. Debido a que en la etapa de amasado ocurre la primera fermentación.



Figura 5. Sobadora

Fuente: <https://www.puntopan.com.ar/producto/sobadora-panadera-pesada-55-hp/>

- Boleado: se procede al boleado después del sobado la masa se corta en pesos entre 1800 a 2000 g para poder ser divididos en la boleadora, ilustración 6, para que tengan una masa promedio entre 60 a 65 g para 30 unidades.



Figura 6. Boleadora-divisora

Fuente: <https://www.milanuncios.com/anuncios/he%C3%B1idora-boleadora.htm>

- Laminado: se pasa las masas espolvoreadas con harina a través de la laminadora, ilustración 7, para que tengan un espesor definido que puede ser regulado según requerimiento del panificador.



Figura 7. Laminadora

Fuente: <https://www.puntopan.com.ar/producto/laminadora-de-pie-punto-pan-650/>

- Lateado: una vez que la masa ya está formada esta se acomoda en los espacios, las latas que tienen 30 espacios por cada lata, se acomodan en los carros de 10-13 latas una vez lleno el carro este se introduce a la cámara de fermentación.

2.8.3 Fermentación

Durante este proceso la masa entra en estado de segunda fermentación, es la etapa más larga y es el momento en el que la alfa y beta amilasa actúan sobre el almidón y lo transforman en azúcar. Estos azúcares podrán ser a su vez utilizados por las levaduras que lo transforman en alcohol y gas carbónico.

La temperatura y tiempo son las variables que estudian, la variable humedad relativa es constante debido a que la cámara de fermentación siempre presenta una humedad relativa del 99 %.

2.8.4 Horneado

El pan que ya tomo buen volumen se introduce en hornos rotatorios o cinta, a temperaturas de 200-210 °C, por 15-18 minutos dependiendo del peso de la masa. Durante esta etapa la

levadura alcanza su máxima actividad hasta los 55 °C donde ocurre la tercera fermentación, después de esta temperatura mueren las levaduras, es el fin de la fermentación, a 60 °C comienza a inactivarse las β -amilasas, entre los 55-75 °C sucede la gelificación del almidón, a partir de los 70-75 °C se produce el fin de la actividad enzimática, entre los 70-100 °C ocurre la coagulación del gluten, a los 100 °C se evapora el agua y a partir de 130 a 250 °C se caramelizará la corteza.

Finalmente se procede al enfriado, rebanado, seleccionado y empackado del producto de buena calidad.

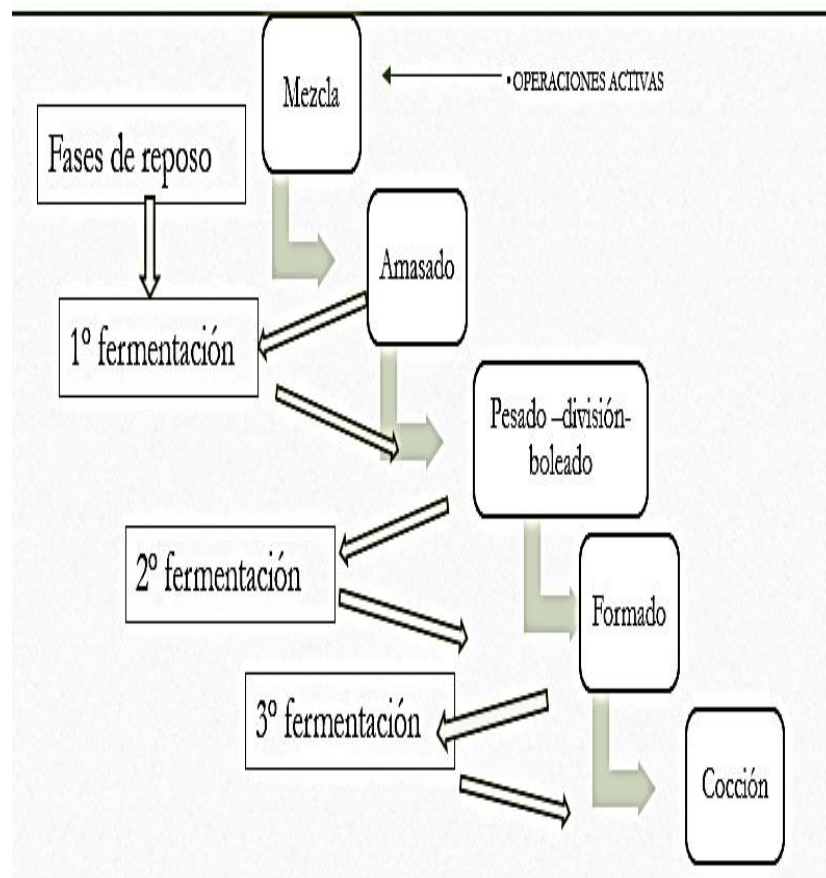


Figura 8. Proceso de producción de pan

Fuente: elaboración propia

2.9 CLASIFICACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN

Las cámaras de fermentación según su aplicación se pueden clasificar, Tabla 8, de la siguiente manera:

- Cámara de fermentación tradicional
- Cámara de fermentación controlada
- Cámara para bloquear la fermentación
- Cámara para la fermentación global retardada

Tabla 8. Clasificación de las cámaras de fermentación

CLASIFICACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FERMENTACIÓN		
Tipo de cámara	Característica	Aplicación
Fermentación tradicional	Se aplica calor y humedad	Solo fermenta la masa aplicando calor y humedad
Fermentación controlada	Se aplica calor, humedad y frío	Refrigera la masa conservándola para luego fermentarla aplicando calor y humedad bajo control automático
Bloqueo de la fermentación	Se aplica frío	Solo refrigera la masa a una temperatura negativa
Fermentación global retardada	Se aplica calor, humedad y frío	Fermenta toda la masa de pan no piezas formadas

2.10 TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONVECCIÓN

Todo fluido que está en movimiento lleva asociada una energía que hace que exista una transmisión de calor desde un punto a otro que se hallan a diferente temperatura, debido precisamente a este movimiento. Este tipo de transmisión se denomina convección. La transmisión de calor por convección resulta de mucha importancia.

Las cámaras de fermentación tradicional, están mayormente relacionadas con la transmisión de calor por convección, ya que en este caso los fluidos: gases o líquidos, cuando absorben calor en una porción y luego esta porción se desplaza mezclándose con otra más fría cediéndole calor. Este movimiento se denomina corriente de convección y si es provocado por diferencias de densidad debidas a diferencias de temperatura, tenemos, a este tipo de fenómeno se le llama convección natural.

Coefficientes individuales, si se considera un fluido que circula por una conducción sólida o alrededor de una superficie sólida; la transmisión de calor desde el sólido al fluido o viceversa depende del área de contacto fluido-sólido y de la diferencia de temperatura, en la que un sólido de área diferencial dA que se halla a la temperatura de T_s , está en contacto con un fluido de temperatura T_f , siendo Q el calor transferido. Existen dos tipos de transferencia por convección, la primera es convección natural que permite el paso de energía por medio de un flujo de aire o líquido de manera constante, y la segunda es la convección forzada que permite el paso de energía por influencia de factores que manipulan el flujo de la sustancia de transporte de energía (Barbosa -Canovas, 2005)

$$Q = hA (T_p - T_\infty)$$

Ecuación 1. Calor de transferencia de calor por convección

Donde:

h : Coeficiente de convección.

A : Área de la superficie del cuerpo.

$T_p - T_\infty$: Diferencia de temperatura con el medio externo.

2.11 INVESTIGACIONES PREVIAS

Se ha buscado referencias de estudios realizados en el área de panificación a nivel industrial y principalmente aquellos relacionados con el proceso de las cámaras de fermentación, los mismos que se describen a continuación.

- i) Trabajo de grado “Efecto de la adición de fibra de linaza (*Linum usitatissimum*) sobre el índice de fermentación y la eficiencia en el pan” presentado por Ivonne Josy Prado Soto en octubre 2019 en la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad San Agustín de Arequipa, a la comisión de grado como requisito para optar a el Título Profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias.

Esta investigación es un estudio del índice de fermentación de pan en una mezcla con fibra de linaza que se hizo a partir del método del índice de Pelshenke proporciona una valoración indirecta de la calidad panadera de los trigos, estando

relacionado tanto con la capacidad de producción de gas como con la capacidad de retención del mismo. Este método tiene como principio la temperatura de fermentación a 32 °C donde se toma como dato la media de dos mediciones de tiempo en el que por la acción de los gases producidos en la fermentación, las bolas suben a la superficie, en la cual permanecen un tiempo variable, hasta que rompen y caen pedazos al fondo del vaso. En la cual los resultados analíticos obtenidos indican que las muestras que tuvieron un tiempo de fermentación más cercana a la de la muestra control fueron muestras con 2 y 4 % de fibra. Además de otras pruebas con este método se determinó cual porcentaje tiene el mismo tiempo de maduración a 32 °C temperatura. El método usado permite establecer como temperatura base los 32 °C para la fermentación panaria.

- ii) Trabajo de grado “Diseño de un método viable para la propagación de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), en la producción de pan” presentado para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería en Tecnología de alimentos los investigadores Natalia Gómez Alfaro, Leonardo Rojas Zamora y Oscar Viquez Chaves, el 1 de septiembre de 2016 a la comisión de la Universidad Técnica Nacional sede universitaria de Atenas.

Con esta investigación de la propagación de la levadura se espera conocer las condiciones óptimas para que el producto a obtener tenga características lo más similares posible a las presentes en la levadura de origen. Donde se consideran como sólidos totales las células de levadura en gramos. Dando como referencia que las condiciones atmosféricas que se utilizan en la fermentación son: la temperatura de 35 °C y humedad relativa de 80 % además del tiempo según el peso de pan que se usó en este caso fue de 2 a 2,5 horas al utilizar la levadura hidratada con 69 % de sólidos, se obtuvo un pan con ciertas características de altura y circunferencia deseadas y buscadas con el desarrollo de levadura que se propuso a la concentración de melaza de 5 % ya que al aumentar esta concentración el desarrollo de la masa se ve afectada con un volumen menor. Estos datos de fermentación de 35 °C y 80 % de humedad relativa manejados como constantes se puede notar que solo afecta la concentración de melaza.

iii) Trabajo de grado “Propuesta de automatización de cámara del fermentado, horneado y del empaquetado de pan dulce” presentado por Garcia Alvarez Diego, Lopez Alcazar Aaron Alejandro y Vazquez Garcia Raymundo Eladio, para obtener el título de Ingeniero en Control y Automatización de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Nacional Politécnico de México el 12 de octubre de 2015.

La automatización en el fermentado tiene dos ventajas, la primera de lograr respetar la receta para la preparación de la masa, asegurando que tenga el sabor debido y la segunda ventaja es la de aumentar la velocidad del proceso hasta 3 veces. En este proceso se desarrolló una cámara de fermentado manipulando las variables de temperatura y humedad para disminuir el tiempo de fermentado. La automatización propuesta se realizó regulando la temperatura que en forma directa reduce proporcionalmente el tiempo de fermentación, además de esto se considera la humedad relativa que también depende de la temperatura. Siendo importante aplicar vapor para mantener la humedad en el ambiente de la cámara. Donde se concluye que las variables a manejar serán 45 °C y 70 % de humedad relativa para un tiempo de 10 minutos. En este caso se puede entender que el tiempo es la variable principal, pero no es la temperatura ideal ya que a esta temperatura se puede generar bioreacciones desfavorables.

iv) El proyecto “Diseño y simulación de un control automático para una cámara de fermentación de pan por medio de un autómata programable” presentada por Francisco Gabriel Astudillo Peña, para obtener el título de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica en mayo de 2010 de la ciudad de Quito.

Donde se quiere implementar una cámara de fermentación controlada para panificación, con un estudio previo de la fermentación donde se aplicara frio y calor, con gradientes de temperatura de fermentación según peso de la masa en este caso la temperatura de fermentación final debe ser los 26 °C, y no debe sobre pasar los 30 °C ya que se generarían la producción de ácido láctico y butírico provocando que la masa se debilite y dejando un sabor insípido debido a que se produce sobre la masa una condensación de mayor cantidad de agua y a 26 °C no

es necesario aumentar la humedad por encima de 70 %, este valor promedio se obtuvo teniendo en cuenta que la masa es mala conductora de calor, donde el tiempo de fermentación será de dos a dos horas y media para la etapa final de la fermentación controlada, en la cual la temperatura de fermentación ya se ha estabilizado donde sí se requiere elevar la temperatura de 0 a 26 °C se hará de forma progresiva donde se tardará un 30 % del tiempo en alcanzar la temperatura de fermentación final.

Estos estudios de la fermentación dan las pautas más aceptables sobre la fermentación, pero se debe tomar en cuenta que se hicieron en ciudades cerca del nivel del mar donde la humedad relativa del ambiente es también alta, mientras que se sabe que a más altura la humedad relativa del ambiente es más baja.

CAPÍTULO III

3 PARTE EXPERIMENTAL

3.1 PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

En función de los objetivos planteados se han desarrollado una serie de actividades que han permitido su cumplimiento en este sentido las acciones realizadas se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Objetivos y actividades a realizar

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Realizar un diagnóstico de la situación actual de la cámara de fermentación de la línea de panadería BURGER de la empresa industrial LA FRANCESA S.A.	<ul style="list-style-type: none">– Revisión bibliográfica– Describir las características del proceso de producción la línea de panadería BURGER de la empresa industrial LA FRANCESA S. A.– Describir las características del sistema de control de la cámara de fermentación– Definir los parámetros de control en la cámara de fermentación– Medir los parámetros de control planteados– Verificar datos de productos no conforme (mermas).
Evaluar los parámetros de control identificados como críticos en el sistema de la cámara de fermentación	<ul style="list-style-type: none">– Adquisición de datos de los parámetros de control críticos.– Identificación de los defectos en los productos de la línea BURGER.– Identificación de los defectos producidos en la cámara de fermentación.– Análisis estadístico de datos de los parámetros de control adquiridos.– Análisis estadístico de porcentaje de merma versus temperatura y tiempo de estadía vs temperatura y porcentaje de merma.
Analizar alternativas de solución para reducir el elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea BURGER.	<ul style="list-style-type: none">– Generar información de optimización del proceso de producción de pan considerando la relación fermentación-calidad.

Tabla 9. Objetivos y actividades a realizar (continuación)

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Plantear una propuesta de solución para reducir el elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea BURGER.	– Elección de la mejor opción para la implementación en la empresa. – Elaboración de informe final a la empresa industrial LA FRANCESA S. A.
Realizar un curso de capacitación para los obreros de la empresa industrial LA FRANCESA S. A. implementando unas buenas prácticas de manufactura (BPM) para la cámara de fermentación.	– Programar una fecha de inducción. – Preparar material didáctico para orientar al personal de producción de la línea BURGER respecto a las buenas prácticas de manufactura (BPM) para la cámara de fermentación

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA INDUSTRIAL LA FRANCESA S. A

Se realiza una descripción del proceso de producción de la línea de panadería BURGER de la empresa industrial LA FRANCESA S. A. Para ello se ha hecho una inspección inicial de la planta que permite hacer un relevamiento de información.

1. Etapa de inducción realizada por la Ing. Verónica Martha Mamani Ticona que permitió establecer horarios y actividades designadas como parte de las prácticas profesionales.
2. Reconocimiento de las áreas correspondientes al proceso productivo del área de panadería de la empresa industrial LA FRANCESA S. A.
3. Asignación del trabajo a realizar en la Cámara de Fermentación de la empresa industrial LA FRANCESA S. A.
4. Realización de la verificación de datos de productos no conforme (mermas) para la línea panadería de la empresa industrial LA FRANCESA S. A.
5. Adquisición de datos de los parámetros de control críticos en la cámara de fermentación.

3.2.1 Proceso productivo

El proceso productivo de la línea de panadería de la línea Burger de la empresa industrial La Francesa S.A. se representa en la Figura 9, que fue elaborado por la inspección realizada.

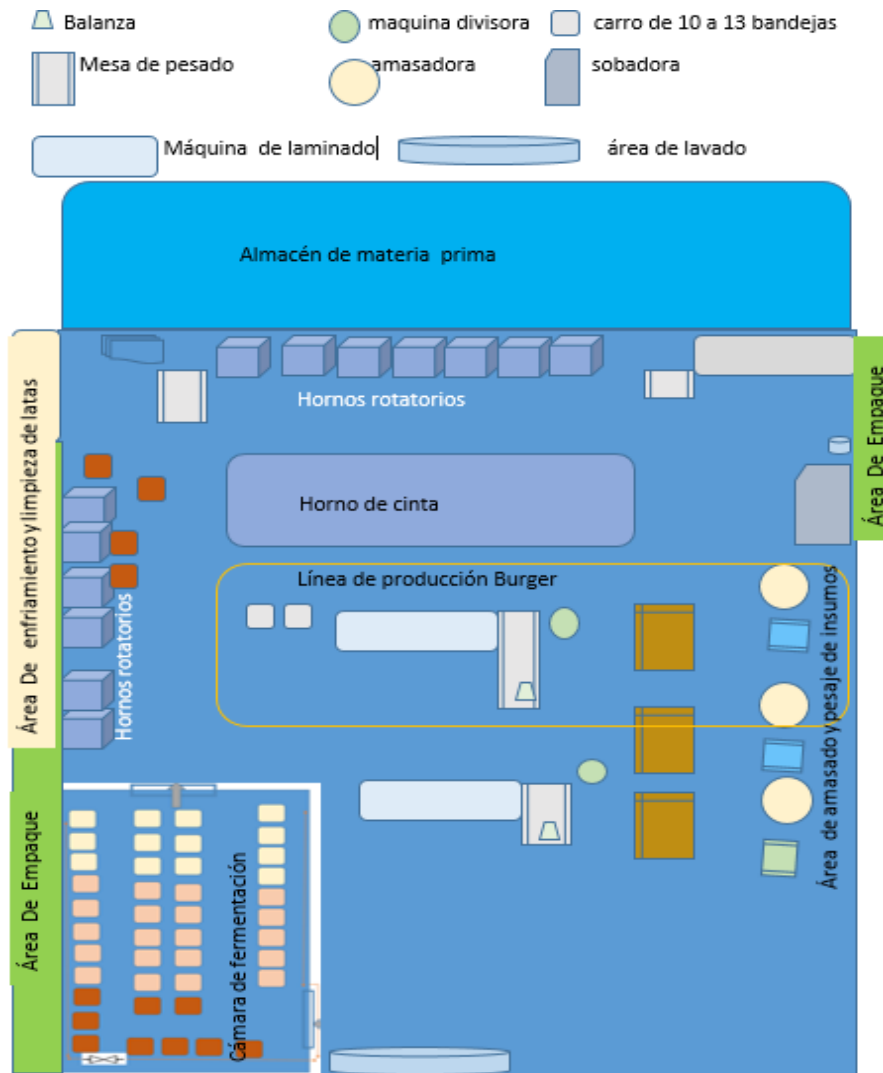


Figura 9. Diagrama del área de panadería

Fuente: Elaboración propia

La materia prima es recepcionada y almacenada bajo un estricto control de ingresos y salidas por cantidades requeridas para cada tipo de pan según el O.P. (orden de producción) del día de producción, los insumos requeridos se llevan al área de amasado para su mezcla y posterior amasado, la receta varía según cada tipo de pan, el amasador

es el que se encargara de pesar las cantidades de insumos para la masa, la cantidad necesaria de agua, y programar el tiempo de amasado, cuando la masa ya está lista se nota una fina membrana elástica con pocas fibras notorias de gluten en este punto la masa ya está lista.

Posterior al amasado se procede el sobado donde se saca el exceso de gas que se produjo en el amasado, una vez terminado este proceso se divide la masa en bollos de 1 800 g a 2 000 g aproximadamente.

La masa fraccionada pasa a la maquina divisora boleadora donde se dividirá en masas de 60 - 65 g y le dará una forma esférica a la vez de ser cortada posteriormente se espolvorea y se pasa por la laminadora para que esta tenga forma discoidal y espesor específico.

Las masas son colocadas en latas de 30 unidades acomodando cada lata en carros de capacidad para 10 - 13 latas que son llevadas a la cámara de fermentación donde se tiene una ambiente húmedo y temperatura aproximada de 32 °C, de dos en dos para que terminado el tiempo de estadía estas sean horneadas al mismo tiempo en hornos gemelos.

Al terminar el proceso de cocción, estos carros son llevados al área de enfriamiento y empaque, donde serán rebanados, seleccionados, empacados e ingresados a almacén de despacho.

El área de calidad se encarga de realizar un muestreo aleatorio de las características físicas del pan como: peso, diámetro, altura total y altura de base.

3.2.2 Identificación de problemas en el proceso productivo

Dentro del proceso productivo de panadería de la línea Burger se tiene problemas en cuanto a producción propiamente existe merma, en este sentido se asignó la determinación seleccionado de panes que son óptimos para la venta, el número de panes que son defectuosos y el tipo de defecto que se presentan, por tanto se hizo un seguimiento a la línea de producción Burger, de los panes: Copacabana, Mega Burger, Mega especial, Factory Grande, Factory Junior, Whoper, Toby mediana Toby mini, Big King, Maíz, XL, Corn Dusted y Pan molde.

3.2.3 Puntos críticos de control durante el proceso de producción

Se ha detectado 5 puntos críticos de control durante el proceso de producción de la línea Burger de la empresa industrial La Francesa S. A., que se desarrolla a continuación.

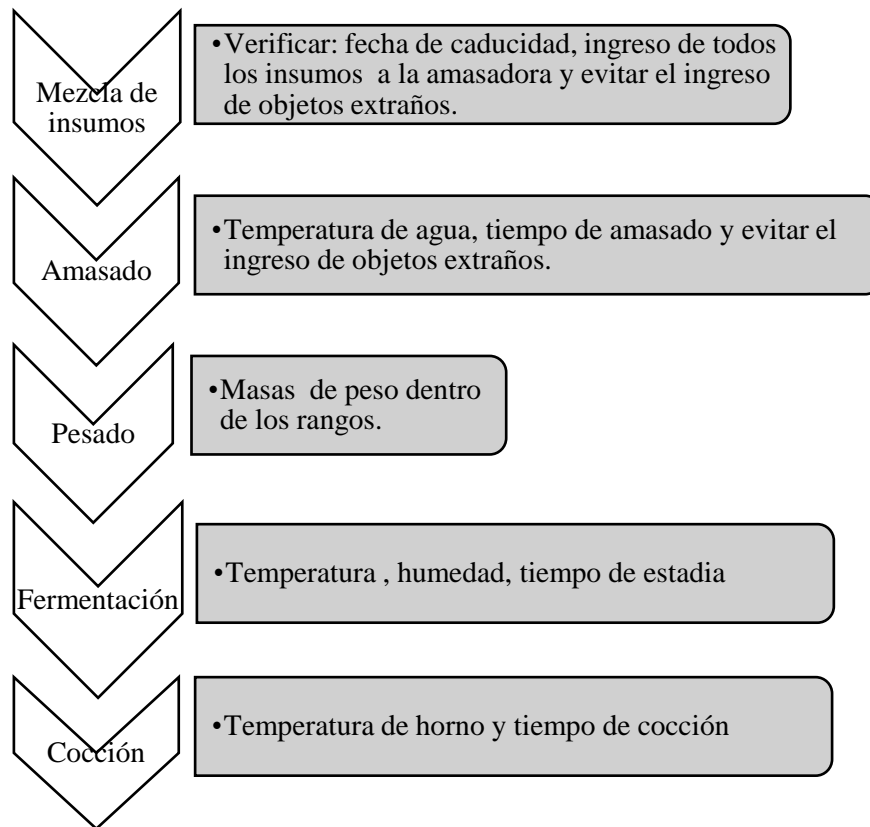


Figura 10. Puntos críticos de control

Fuente: Elaboración propia

- **Punto crítico durante la mezcla:** ya sea por descuido o por falta de tiempo algunas veces el amasador puede llegar a olvidar algún insumo como: azúcar provocando que el pan nunca caramelize; levadura produciendo que la masa no suba de volumen. A su vez también puede llegar a introducirse objetos extraños como envolturas, plásticos, bolsas plásticas y demás produciendo contaminación y pérdida de la masa.
- **Punto crítico amasado:** este punto crítico identificado como temperatura de agua es ignorado pues aunque exista registros de control donde se deba tomar la temperatura del agua antes del amasado no se lo practica, la temperatura del agua

influye en el tiempo de amasado y de fermentación pues si la temperatura está por encima de los 22 °C la masa fermentara antes de la tercera fermentación y reposo produciendo que la masa se desmorone, y si por el contrario la temperatura del agua es inferior el tiempo de fermentación será mayor. El tiempo de amasado también influye en la temperatura de la masa y la formación de gluten. De igual manera se debe estar alerta durante el amasado para evitar el ingreso de objetos extraños.

- **Punto crítico pesado de la masa:** este punto de crítico de control es el más realizado por el área de control de calidad ya que si la masa en bollo no está dentro de los rangos de peso la masa por unidad será menor al rango de peso que se establece para cada tipo de pan, el peso de la masa disminuye 9 - 10 g durante la cocción, la calidad del producto depende del peso y otras características físicas. Los obreros tienden a dejar que las masas sean de menores pesos a los rangos establecidos se produce panes de bajo volumen.
- **Punto crítico fermentación:** Después del acomodado en latas las masas deben ingresar en carros de par en par a la cámara de fermentación por la puerta lateral para ser acomodados según el orden de ingreso a la cámara, la puerta lateral debería ser usada ya que es donde más concentración de calor y vapor existe, comúnmente los obreros por comodidad hacen el ingreso a la cámara de fermentación por la puerta frontal que usan los horneros para sacar los carros, produciendo una mala distribución de calor y vapor dentro de la cámara.

Otro problema que se presenta durante esta etapa es que los horneros tienden a manipular la salida del vapor, produciendo elevadas temperaturas y altas concentraciones de vapor. El tiempo de estadía varía según estos dos parámetros temperatura y humedad, también la cantidad de azúcar es otro factor importante, ya que cuando la receta tiene una cantidad alta de azúcar las masas a temperaturas altas tienden a desarrollar ampollas en la corteza dando bajas de producto incluso antes de ser horneado.

Los parámetros de la cámara de fermentación son temperatura, humedad y tiempo de estadía deben ser anotados en las hojas de registro, el operario encargado de ingresar los carros a la cámara tiende a olvidar el registro de los datos.

- **Punto crítico de control horneado:** este punto crítico depende mucho de la habilidad del hornero para identificar si la masa ya está madura muchas veces no se hace la respectiva anotación del tiempo de estadía en la cámara de cada producto que ingresa, produciendo sobre maduración y merma antes del horneado, además muchas veces por factor tiempo los horneros tienden a hornear sin dejar que baje la temperatura del horno produciendo panes sin base.

También se debe realizar la anotación en las hojas de registro el tiempo de horneado y la temperatura, comúnmente el operario no lo realiza dejando incluso la hoja del registro para el día siguiente.

Ignorar todos estos 5 puntos críticos además de obviar el empleo de la hoja de registro genera pérdidas tanto de información como de producto.

Por tanto, como resultado del análisis realizado se identifica como el proceso más importante el que se lleva a cabo en la cámara de fermentación

3.2.4 Descripción de las características del sistema de control de la cámara de fermentación

La cámara de fermentación de la empresa tiene el sistema de fermentación tradicional, es decir, sólo se aplica calor y humedad mediante un sistema de distribución de vapor por tuberías que van alrededor de la cámara a 10 cm del suelo que se muestra en la Figura 11, la válvula de salida es fácilmente manipulada por los obreros propiamente los horneros.

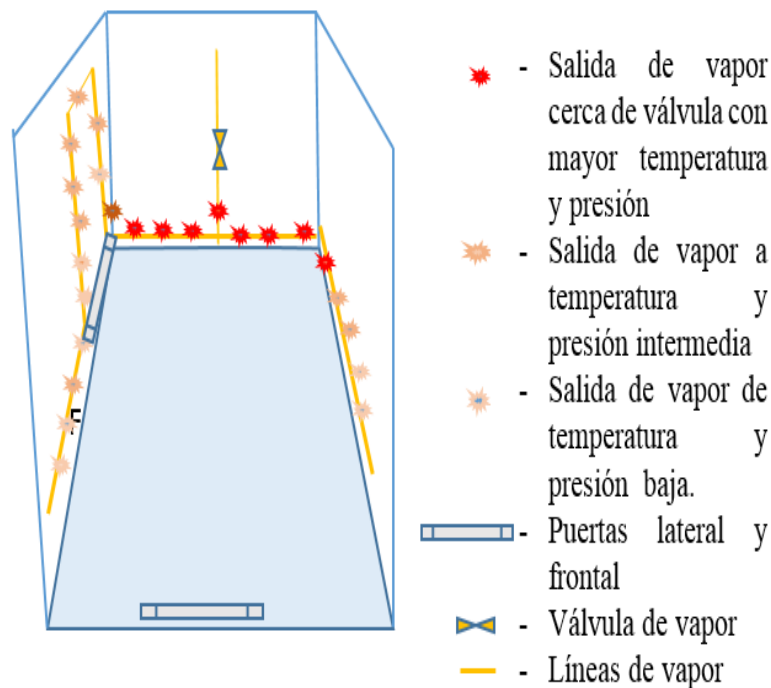


Figura 11. Representación de la cámara de fermentación

Fuente: Elaboración propia

La cámara de fermentación es monitoreada por el personal de control de calidad, se hace mediación de temperatura y humedad mediante un higrómetro HANNA HI 9565, una vez en la mañana y una vez después de mediodía, las muestras se toman en el centro de la cámara. Los datos se anotan en las hojas de registro de producción de los productos.

3.2.5 Parámetros de control de la cámara de fermentación

Los parámetros de control en la cámara de fermentación son: temperatura de la cámara, humedad y tiempo de estadía, la humedad de la cámara permanece mayormente de 99 a 100%, por esta razón la toma de datos de la cámara de fermentación solo será de temperatura de la cámara y tiempo de estadía para cada producto.

3.3 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

Son dos actividades que requirieron tener un procedimiento específico para su realización, por lo que se describen los procedimientos realizados.

3.3.1 Relevamiento de información para la determinación de datos de productos no conforme (mermas)

Procedimiento:

1. Copiar la O.P. (orden de producción) de panadería de la línea BURGER
2. Generar una planilla para recabar la información de producción diaria
3. Cuantificar las latas y panes que ingresan a la cámara de fermentación
4. Cuantificar los panes que ingresan a cocción
5. Cuantificar los panes que salen del horno
6. Identificación visual de los defectos de los panes

3.3.2 Adquisición de datos de los parámetros de control en la cámara de fermentación

Identificados los parámetros de control en la cámara de fermentación para la línea Burger de la empresa industrial LA FRANCESA S. A.

Procedimiento:

1. Medir la temperatura de la masa en bollo, antes del formado del pan.
2. Medir la temperatura y humedad de la cámara de fermentación y tomar el tiempo de estadía del producto.
3. Tomar la temperatura de la masa al salir de la cámara.
4. Tomar la temperatura de la masa del producto a la salida del horno.

3.3.3 Equipos

- Higrómetro

HI 9565 es un termohigrómetro portátil diseñado para proporcionar el máximo rendimiento en entornos difíciles y zonas poco iluminadas.



Figura 12. Higrometro HANNA para medir temperatura y humedad

FUENTE: <http://www.hannainst.es/catalogo-por-aplicaciones/laboratorio/laboratorio/higrometros/higrometro-con-punto-de-rocio-hi-9565>

Descripción.

- Pantalla LCD retroiluminada
- Apagado automático
- Botón HOLD (espera)
- Los BEPS y aviso de batería baja

Especificaciones

Tabla 10. Especificaciones Higrómetro HANNA HI 9565

Rango RH	20,0 a 95,0 %
Rango de temperatura	0,0 a 60,0 °C/ 32 a 140,0 °F
Resolución RH	0,1 % RH
Resolución de temperatura	0,1 % °C/ 0,1 °F
Precisión de temperatura	± 0,5 °C/ ± 1 °F
Precisión RH	±3 %RH (50 a 85 % HR y 15 a 40 °C) ± 5 % HR exterior
Sonda	HI 70602 sonda de humedad relativa con cuerpo grado ABS, tapa perforada sensor de temperatura interno con conector DIN y 1 m

- Termómetro panadero



Figura 13. Termómetro panadero

3.3.4 Análisis estadístico de los datos adquiridos

Los datos adquiridos en las dos etapas correspondientes a la verificación de datos de productos no conforme (mermas) se han realizado por el mes de septiembre para cada uno de los productos de la línea de panadería BURGER. De igual manera los datos referidos a la medición de los parámetros de control en la cámara de fermentación T %HR y tiempo para los lotes de las líneas Copacabana, Mega Burger, Mega especial, Factory Grande, Factory Junior, Whoper, Toby mediana Toby mini, Big King XL y Corn Dusted de la línea de panadería, han generado una gran cantidad de datos que deben de tratarse adecuadamente, para ello se emplean inicialmente hojas de cálculo Excel y un programa estadístico específico como es el Minitab 18.

3.3.4.1 Análisis de datos con Excel

Se empleará la hoja de cálculo de Excel, para realizar cálculos de estadística descriptiva, así como para representar gráficamente los resultados obtenidos.

3.3.4.2 Análisis estadístico con Minitab

Minitab 2018 es una herramienta estadística que se usará para evaluar la calidad del proceso es decir el grado en que los productos de calidad son procesados, la manufactura de productos dentro de las especificaciones de la empresa será evaluado con:

- **Evaluación de la estabilidad del proceso**

Las gráficas de control de Minitab muestran las estadísticas del proceso. Estas estadísticas incluyen las medias de los subgrupos, observaciones individuales,

estadísticos ponderados y números de defectos. Las gráficas de control de Minitab también muestran una línea central y límites de control. La línea central es el valor promedio del estadístico de calidad que se elige evaluar. Si un proceso está bajo control, los puntos variarán de manera aleatoria alrededor de la línea central. El cálculo de los límites de control se basa en la variación aleatoria esperada en el proceso. El límite de control superior (LCS) está 3 desviaciones estándar por encima de la línea central. El límite de control inferior (LCI) está 3 desviaciones estándar por debajo de la línea central. Si un proceso está bajo control, todos los puntos de la gráfica de control se encuentran entre los límites de control superior e inferior de lo contrario este no es un proceso estable.

– **Herramientas de calidad normal Sixpack del proceso de calidad**

Utilizar el Análisis Capability Sixpack de subgrupos para evaluar los supuestos de un análisis de capacidad y examinar cuando un proceso produce una gran variación entre los subgrupos. Usando este análisis, puede hacer lo siguiente:

- a) Determinar si el proceso es estable y está bajo control
- b) Determinar si los datos siguen una distribución normal en función de los parámetros evaluados

El análisis estadístico permitirá evaluar la prueba de hipótesis, considerando las alternativas planteadas mediante la hipótesis nula, H_0 , e hipótesis alterna, H_1 , se realizará con un nivel de confiabilidad del 95%.

Para un nivel de confianza del 95 %, el valor de contraste $\alpha = 0,05$

Con el criterio de aceptación:

Si Valor $P \leq \alpha$, se rechaza H_0 .

Si Valor $P > \alpha$, se acepta H_0 .

Se sabe que mientras más pequeño sea el valor P, más fuerte es la evidencia en contra de la hipótesis nula.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Basados en la metodología Six Sigma que es un método sistemático que utiliza datos medidos y análisis estadísticos para identificar las fuentes de error y las formas de eliminarlas. En este sentido, para mejorar el proceso de fermentación, dado que en la industria el proceso presenta variabilidad de carácter aleatorio dando características de los productos fabricados de manera no uniforme y a la vez indeseado, se busca conocer esta variabilidad y reducirla lo más posible o mantenerla dentro de los límites de control. En este caso el proceso está sometido a variabilidad debido a variaciones de los parámetros de control como temperatura, humedad y variabilidad introducida por los operarios debidas a la forma de trabajo desarrollado.

El control estadístico del proceso es una herramienta útil para aplicar durante el momento de fabricación y contribuirá a la mejora de calidad del producto. Se realiza el análisis de los datos adquiridos de los parámetros de control de la cámara de fermentación, se obtiene una serie resultados que pueden ser representados en gráficas de Minitab las que se usan son:

- gráfica Xbarra-R para monitorear la media y la variación de un proceso cuando tenga datos continuos, permite monitorear la estabilidad del proceso en el tiempo, de manera que se pueda identificar y corregir las inestabilidades en un proceso y
- análisis de capacidad de Sixpack que serán interpretados sobre la estabilidad del proceso de fermentación para conocer si el proceso está controlado, es decir, si estos se encuentran dentro de los límites o dentro de los parámetros de consigna de la empresa.

Para este efecto es que se realiza la identificación de los defectos de los productos no conforme de la línea de panadería Burger, seguida de la identificación de defectos atribuidos a la cámara de fermentación.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS EN LOS PRODUCTOS DE LA LÍNEA BURGER

Como punto de partida se realiza una evaluación preliminar en base al seguimiento de la producción de la línea Grande Factory, cuyos resultados se presentan en la Tabla 11 a partir del seguimiento diario de producción se puede observar los diferentes tipos de defectos del producto elaborado, en función a los parámetros de control se evalúan los defectos encontrados y se realiza un análisis estadístico de los resultados encontrados.

Tabla 11. Tipos de defectos en la producción de panes Factory Grande.

TIPO DE DEFECTO	FECHA	TOTAL PRODUCIDO	UNIDADES ACEPTADAS	UNIDADES NO ACEPTADAS (MERMA)	MERMA %
Ampollados	03/09/2018	975	586	389	39,9
Ampollados	05/09/2018	704	549	155	22,02
Ampollados	06/09/2018	1726	1305	421	24,39
Ampollados	07/09/2018	1386	1038	348	25,11
Ampollados	08/09/2018	191	184	7	3,66
Sin base	10/09/2018	1035	946	89	8,6
Sin base	11/09/2018	335	310	25	7,46
Ampollados	13/09/2018	1573	1518	55	3,5
Ampollados	14/09/2018	1461	1422	39	2,67
Ampollados	18/09/2018	636	636	0	0,0
Ampollados	19/09/2018	1074	1029	45	4,19
Ampollados	20/09/2018	1309	1241	68	5,19
Ampollados	21/09/2018	793	654	139	17,53
Blanco	24/09/2018	1354	1306	48	3,55
Ampollados	25/09/2018	665	640	25	3,76
Ampollados	27/09/2018	976	932	44	4,51
Ampollados	28/09/2018	1173	1119	54	4,6

Siguiendo con el mismo procedimiento se llegó a tratar los demás productos de la línea Burger para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018.

- **Defectos atribuidos a la cámara de fermentación**

A temperaturas mayores a los 35 °C y altas humedades se comienza a formar ampollas en la corteza además de cavernas bajo la corteza mayormente en aquellos

panes donde la cantidad de azúcar es mayor a otros panes, dentro de estos tipos de pan están: Factory Grande y Factory Junior. También, las reacciones enzimáticas que se producen en la masa son más activas a altas temperaturas; todo ello provoca que a partir de esta temperatura la masa se desarrolle más débil y se forme ampollas en el pan en el horno de forma exagerada (Tejero, 1992). La fermentación precaria de la masa producirá huecos grandes y alargados en el pan, debido a la harina demasiado fuerte para los procesos cortos, de modo que la masa es dura y no cederá a la presión (Charley, 1988).

A humedades altas el vapor concentrado sobre la masa impide que este exceso de humedad durante la cocción caramelice el pan, además estos panes durante a fermentación llegan a tener agua por goteo de las condensaciones de latas superiores quedando el pan con hundimientos debido al peso del agua sobre la masa además de producir masas de poco color, es decir, panes blancos, debido al exceso de fermentación (Jara Dongil, s.f.).

La falta de volumen o panes planos puede ser producida por insuficiencia de maduración final, masas frías, excesivo trabajo mecánico, división de la masa con tiempo inadecuado de recuperación, horno demasiado caliente, falta de vapor en el horno (Benion & al, 1971).

Los panes sin base o que tienen huecos en la base se producen generalmente durante la cocción en hornos rotatorios debido a que el calor no ha penetrado lo suficiente a causa de la bandeja, que puede ser a causa de la distancia entre bandejas es más pequeña ya que impide la circulación de aire caliente entre ellas (Tejero, 1992).

El exceso de color se puede deber a humedad en la fermentación mayor a los 75 % (Tejero, 1992), además se puede deberse a exceso de azúcar o poca fermentación (Jara Dongil, s.f.). Además en ocasiones puede deberse a tiempos prolongados en el horno produciendo una mayor caramelización. Contrariamente la falta de color o panes blancos se debe a fermentaciones prolongadas y altas humedades o mala distribución de calor dentro del horno durante la cocción.

A continuación se muestran los defectos encontrados en los panes de la línea Burger durante el trabajo realizado por la inspección visual en la Tabla 12.

Tabla 12. Defectos encontrados en los panes de la línea Burger



Condensación de agua sobre la masa



Ahucamiento de la masa por la condensación de agua en la cámara a 100% de humedad.



Pan sin base y ausencia de color debido a mala circulación de aire caliente dentro del horno por bandejas muy juntas. Defecto de horno



Pan sin base y exceso de color, debido a falta de espacio entre latas el aire caliente dentro del horno no circula y horno demasiado caliente. Defecto de horno.



Ampollas en la corteza producido en cámara



La ampolla al salir de cámara de menor tamaño tuvo un crecimiento de la ampolla en horno en cinta debido a la tenacidad de la masa.

Tabla 12. Defectos encontrados en los panes de la línea Burger (continuación)



Temperatura de la masa a salir de la cámara
Comienza a generarse ampollas



Ampollas en la corteza debido a la temperatura de la masa alcanzada en la cámara



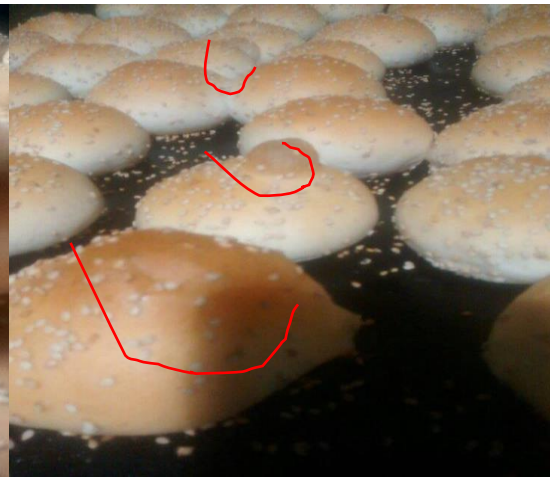
Arrugas en la corteza por el exceso de vapor de la cámara de 100 % de humedad y carros cerca de rociador



Pan molde arrugado y con ampollas debido a temperaturas mayores a los 36,8 °C y 100 % de humedad 25/10/18



Crecimiento irregular durante la cocción debido a la fuerza de la masa



Por lata puede existir más de un pan con ampollas

La evaluación de todos los productos de la línea Burger se presentan en el Anexo 1, el procedimiento empleado es el mismo que para los panes Factory Grande, debido a los altos porcentajes de merma mostrados en la Figura 14 en relación a defectos producidos en la cámara de fermentación de los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018, debería controlarse este proceso de la producción más rigurosamente, mediante los parámetros de control de la cámara.

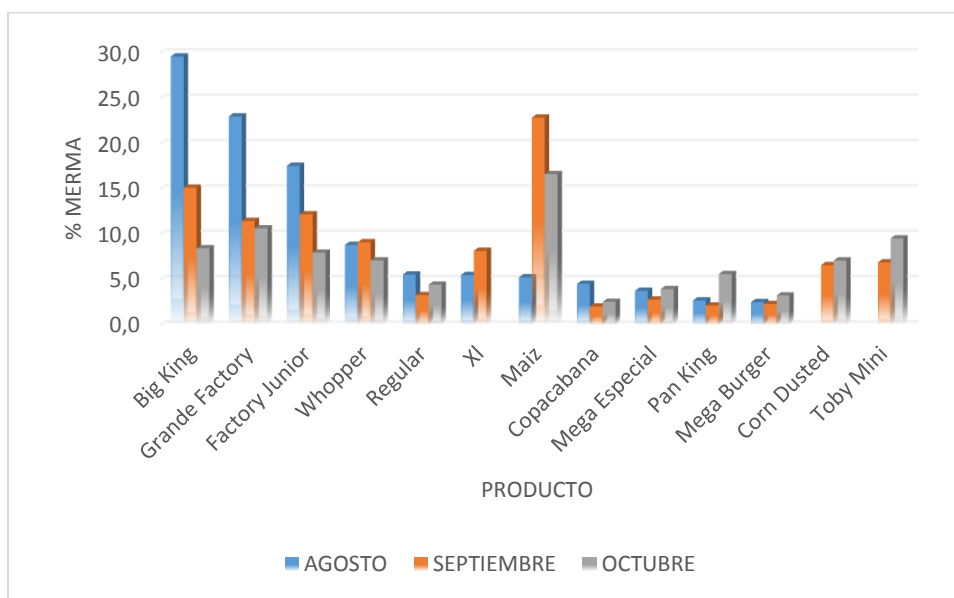


Figura 14. Porcentaje de merma por producto durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018

Como se puede evidenciar la merma sobrepasa el 3 % de la producción en varios productos generando gran preocupación.

Los defectos identificados en los panes de la línea de panadería Burger se muestran en porcentajes según el tipo de defecto en la Figura 15.

Considerando todos los panes de la línea Burger se puede apreciar que los defectos mayoritarios en los panes en orden decreciente son: blanco, sin base, plano, dorados, blanco-sucio y ampollados. Son porcentajes representativos sólo de los defectos determinados durante el registro de la producción controlada en los meses de agosto,

septiembre y octubre, a partir del mismo se establecen los defectos asociados a la cámara de fermentación, para realizar un seguimiento posterior de las condiciones de fermentación como son temperatura, humedad, tiempo según el tipo de pan.

Durante el proceso de producción se debe tomar en cuenta parámetros de control, ignorar estos conlleva a que exista deficiencias de calidad en el producto traduciéndose en pérdidas para la empresa por efectos de devolución de producto no conforme o estos se destinen a su molido.

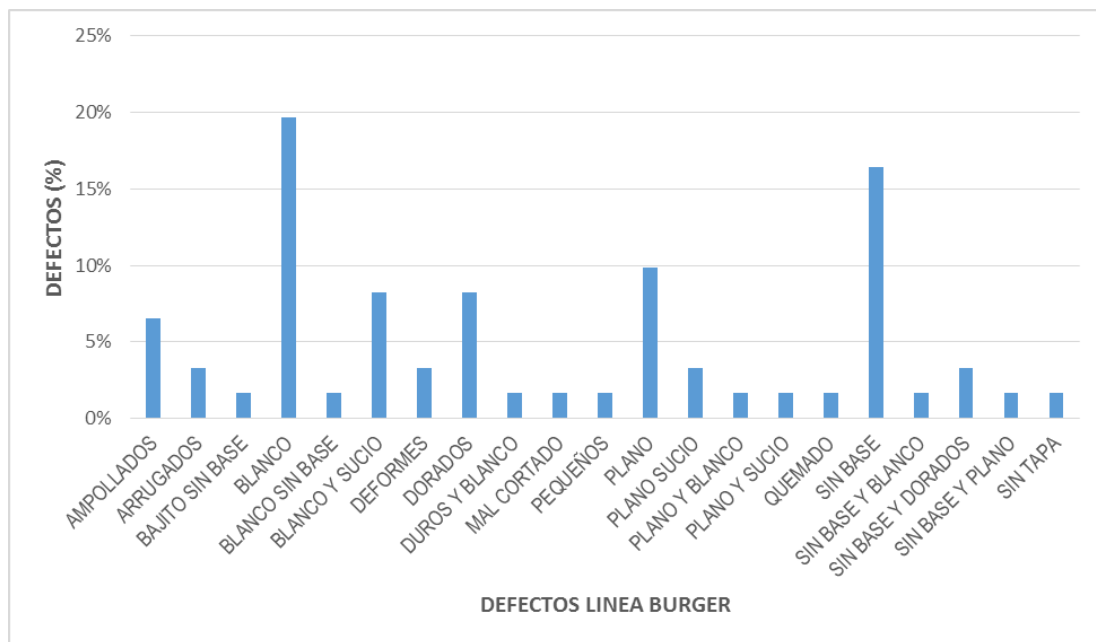


Figura 15. Porcentaje de tipos de defectos de la línea Burger

A partir de la evaluación diaria se establecen las recomendaciones oportunas para la reducción de los productos no conforme en función a los parámetros de control evaluados.

4.2 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS CRÍTICOS DE CONTROL

4.2.1 Puntos críticos de control

Los puntos críticos de control en la cámara de fermentación son: la variación de temperatura, la humedad y el tiempo de estadía del producto en cámara. Se debe conocer cuáles los valores de los puntos críticos identificados durante la etapa de fermentación para esto se realizó la toma de los siguientes datos:

- Temperatura de la masa después del amasado
- Temperatura de la cámara de fermentación
- Tiempo de estadía del producto
- Temperatura de la masa a la salida de la cámara
- Temperatura de la masa a la salida del horno

Primeramente se realizó un esquema de la cámara de fermentación con áreas de calor, las tomas se hicieron con el higrómetro HANNA, que mide temperatura y humedad.

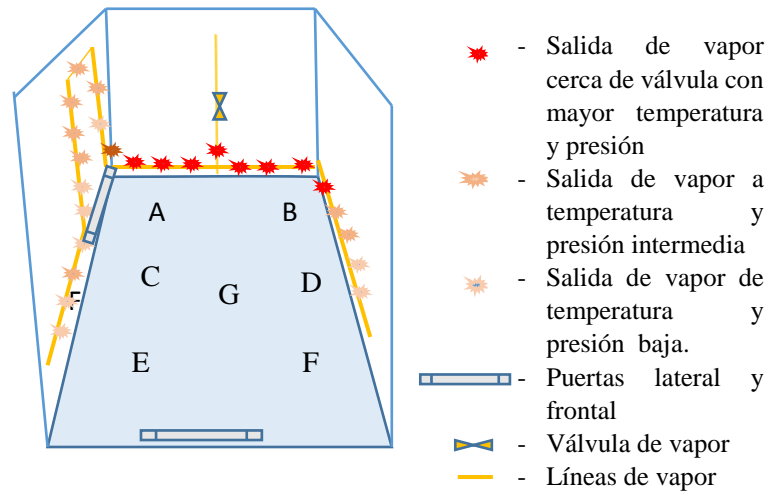


Figura 16. Áreas de medición de temperatura

La cámara de fermentación, Figura 16, de panadería tiene dos puertas, una lateral por donde se debe ingresar los carros con masas a fermentar y una frontal por donde deben salir los carros hacia los hornos.

Se realizó una distribución alfabética para tomar los datos de temperatura dentro de la cámara de fermentación con la siguiente asignación: zonas A y B para el área más cercana a la válvula de salida de vapor, zonas C y D para las áreas intermedias de la cámara, las zonas E y F para las zonas más cercanas a la puerta frontal de salida, en esta área el vapor sale con menor presión dando como consecuencia una temperatura menor. En la Tabla 13 se presentan datos de temperatura para tres diferentes tomas de datos, dos a puerta de la cámara abierta y una a puerta cerrada.

Tabla 13. Temperatura entre zonas de toma de muestra

TEMPERATURA ENTRE ZONAS DE TOMA DE MUESTRA						
A	B	C	D	E	F	G
30,9	30,6	33,4	31,1	31,3	30,1	31,4
30,8	32,0	31,2	31,8	30,0	31,7	33,5
35,8	35,7	34,7	35,2	34,5	34,7	34,7

Como se puede apreciar en las zonas A, B y C se tiene mayor temperatura ya que se encuentran cerca a la válvula de salida de vapor, hay mayor concentración de vapor, y muchas veces no es usada la puerta lateral de ingreso a la cámara incrementando la temperatura y humedad de estas zonas, la zona G es la de mayor concentración de temperatura por ser la zona central de la cámara. La válvula que se encuentra al alcance del hornero es manipulada según las necesidades de tiempo, ignorando los defectos que pueden tener los productos.

4.2.2 Evaluación de la estabilidad del proceso en la cámara de fermentación

Para analizar las variaciones de temperatura de la cámara y conocer si el proceso es estable se realiza el estudio de control del proceso de temperatura, Figura 17.

Los puntos rojos indican que los tres subgrupos no pasan al menos una de las pruebas y los datos no están bajo control, los puntos fuera de control indican que el proceso no es estable. Dando como resultado que la media de los datos del proceso no es estable en un 100%. Se debe identificar la causa de los puntos fuera de control y eliminar cualquier variación por causas especiales.

Analizando la gráfica Xbarra de la media de la muestra en el informe de la Figura 17, muestra que dos puntos están fuera de los límites de control por lo que se determina que el proceso no es estable.

En la gráfica de rangos se muestra que todos los puntos varían alrededor de la línea central, estando los rangos de los datos dentro de los límites de confianza.

Para la gráfica de los últimos sub grupos, se ve los valores de los tres sub grupos variar por debajo de los 32 °C cuando se deja la puerta abierta o por encima de los 35 °C cuando la puerta de la cámara de fermentación está cerrada.

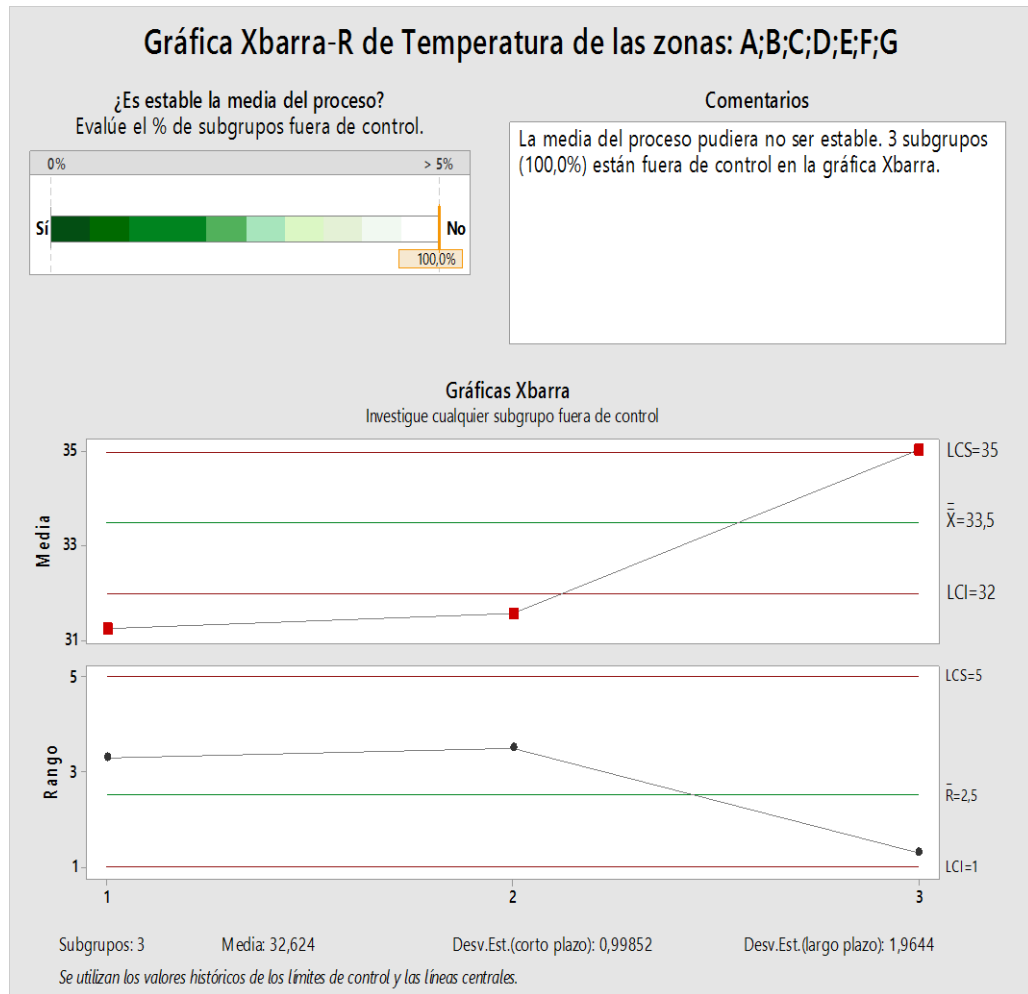


Figura 17. Estudio de la estabilidad de la temperatura de la cámara de fermentación

La normalidad o no normalidad de los datos es extremadamente importante en el control de calidad y Six Sigma. Los datos de temperatura en las zonas identificadas se muestran en la Tabla 13 representan las temperaturas en sitios específicos en la cámara de fermentación y se pretende saber si los valores de temperatura se distribuyen normalmente. Si los datos se distribuyen normalmente, todos deberían estar cerca de la media y cuando se representa en un gráfico, deberían agruparse entre sí.

Las hipótesis que se plantean son:

H₀: Los datos de temperatura en la cámara de fermentación Valor $P > \alpha$ en los sitios especificados se distribuyen normalmente

H₁: Los datos de temperatura en la cámara de fermentación Valor $P \leq \alpha$
en los sitios especificados no se distribuyen normalmente

El nivel de significancia que se empleara es de $\alpha=0,05$ lo cual refleja que la demostración de hipótesis se realizara con un nivel de confiabilidad del 95 %.

El criterio de aceptación establecido será:

Valor $P \leq \alpha$: Si el Valor P es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal.

Valor $P > \alpha$: Si el Valor P es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula.

Para ejecutar la prueba de normalidad, Minitab ofrece varias opciones, sin embargo se emplea la prueba Anderson-Darling.

En la Figura 18, se presenta el análisis de capacidad, la distribución de los datos debe ajustarse a una distribución normal ya que las estadísticas de capacidad se estiman a partir de la distribución normal, sin embargo los datos de la temperatura no tienen una distribución normal comprobado por la gráfica de probabilidad, muestra que el Valor P es menor a 0,05.

El histograma de capacidad muestra que la temperatura se halla dispersa en rangos extremos de la distribución y donde un área de la cámara presenta menor temperatura hecho que puede producir masas de menor volumen de las áreas E y F. La dispersión del proceso es mayor que la dispersión de especificación, lo que sugiere una capacidad deficiente, gran parte de los datos se encuentran fuera de los límites de especificación hay muchos datos por debajo de especificación inferior (LEI) y por encima de del límite de especificación superior (LES). Lo ideal es que la dispersión de los datos sea más estrecha que la dispersión de especificación y que todos los datos estén dentro de los límites de especificación, los datos fuera de los límites representan datos no conformes de temperatura de consigna de la empresa.

En la gráfica de capacidad se obtiene un valor de Ppk de 0,031, el valor de referencia mínimo es de 1,33 por lo cual se deben considerar mejoras en la cámara para el proceso.

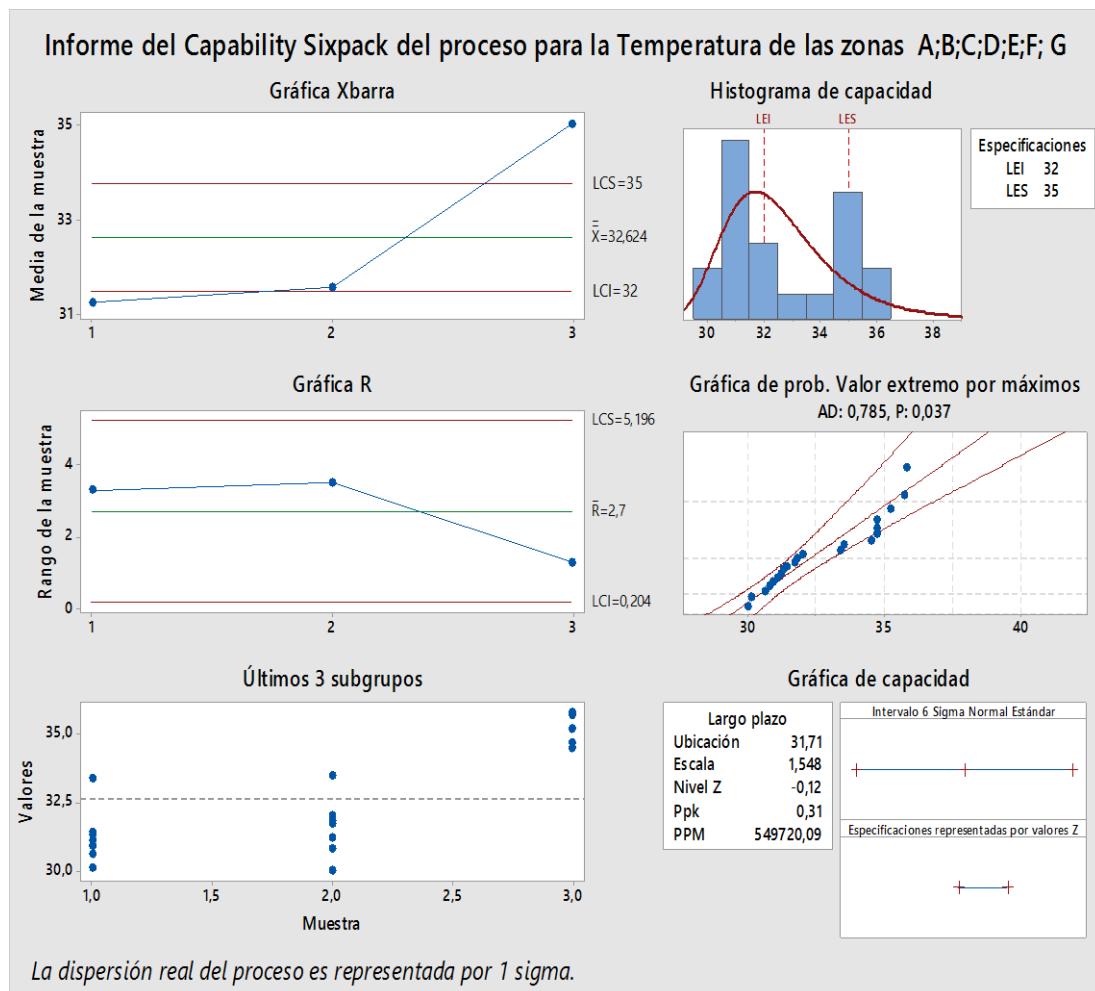


Figura 18. Informe de capacidad del proceso de la cámara de fermentación

La mala distribución de aire y vapor dentro de la cámara de fermentación produce problemas en las masas, como la condensación de vapor sobre la masa produciendo hundimientos esto en las áreas A y B, por lo tanto se debe tener un sistema de circulación de aire equilibrada que evacue el vapor de agua de la cámara y no genere caídas térmicas dentro la cámara.

Por otro lado, si se produce corrientes de aire fuerte o durante un largo tiempo habrá diferencia de maduración de las masas, lo que produce acortezamiento, ampollas o cavernas en los panes, dando como resultado panes de baja calidad. La distribución del

calor dentro de la cámara se puede esquematizar mediante la Figura 19, que evidencia el análisis realizado y se verifica de esta forma el tipo de defectos más comunes encontrados en los panes de la línea Burger, así como la demostración de que el proceso de la cámara de fermentación como función de la temperatura es inestable y no está bajo control.

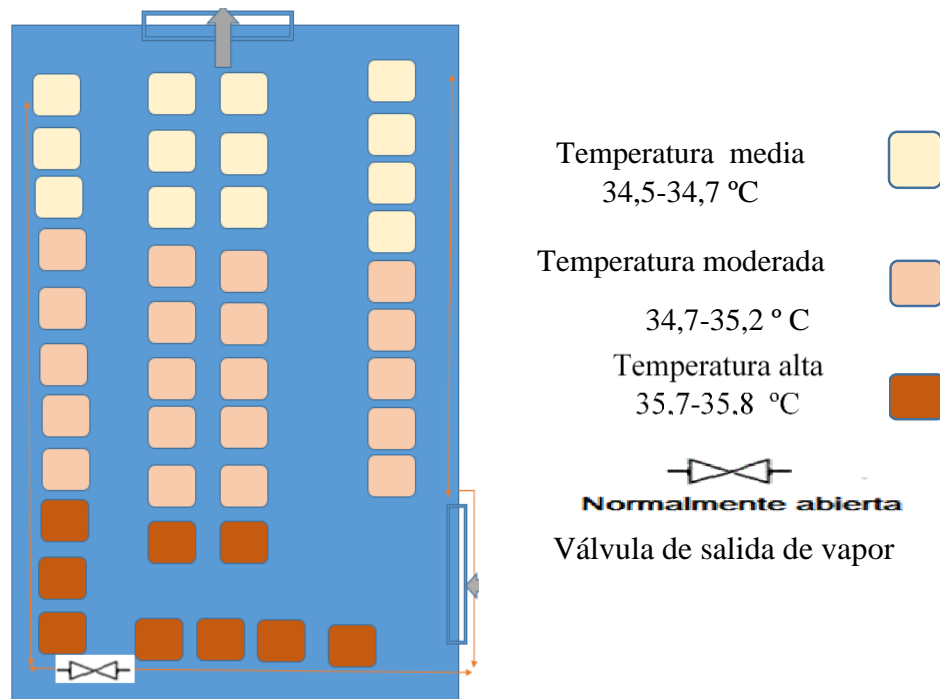


Figura 19. Distribución de calor según el arreglo de los carros dentro de la cámara de fermentación.

4.2.3 Análisis de capacidad del proceso de fermentación

4.2.3.1 Análisis de temperatura del proceso de fermentación

Se ha realizado una evaluación del análisis de capacidad del proceso de fermentación como función de la variable temperatura para los panes Mega Burger, Grande Factory y Mega especial, cuyos resultados se presentaran a continuación según las siguientes hipótesis.

Las hipótesis que se plantean son:

H₀: Los datos de temperatura de fermentación se distribuyen normalmente Valor $p > \alpha$

H₁: Los datos de temperatura fermentación no se distribuyen normalmente Valor $p \leq \alpha$

El nivel de significancia que se empleara es de $\alpha=0,05$ lo cual refleja que la demostración de hipótesis se realizara con un nivel de confiabilidad del 95 %.

El criterio de aceptación establecido será:

Valor $P \leq \alpha$: Si el Valor P es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal.

Valor $P > \alpha$: Si el Valor P es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula.

Para ejecutar la prueba de normalidad en Minitab se emplea la prueba Anderson-Darling.

Se han trabajado con datos de temperatura, Figura 20, para los cuales se ha establecido que los límites inferior y superior corresponden a 32 y 35 °C, los valores promedio y en general los datos tienden a tener mayores temperaturas más próximas al límite superior como se puede apreciar en el gráfico de la media de las muestras.

Analizando la gráfica Xbarra de la media de la muestra en el informe de la Figura 20, muestran que 3 puntos están fuera de los límites de control superior por lo que se determina que el proceso no es estable ya que la temperatura sobre pasa los 35 °C. La media del conjunto de datos está más próximo al límite superior, lo que genera la cantidad de productos no conformes.

En la gráfica de la desviación estándar del conjunto de datos muestra que todos los puntos varían alrededor de la línea central, estando la desviación estándar de los datos dentro de los límites de confianza.

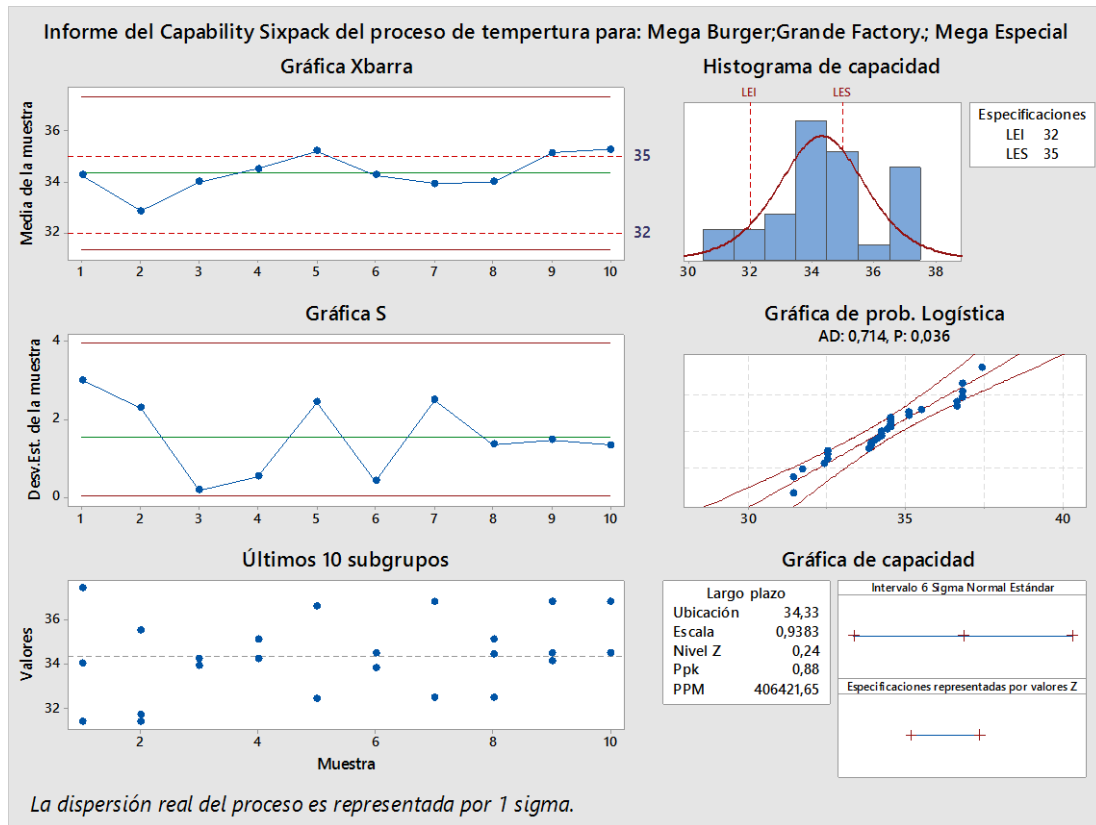


Figura 20. Análisis de capacidad del proceso para la temperatura de fermentación

El análisis del histograma de capacidad muestra que los datos de la temperatura no tienen una distribución normal comprobada por la gráfica de probabilidad que muestra que el Valor P es menor a 0,05. Existe diferencia de promedio de temperatura significativa durante el proceso. Además de los valores por subgrupos se debe notar que la dispersión de los datos es alta, como consecuencia que el proceso de fermentación no es estable. Lo ideal es que la dispersión de los datos sea más estrecha que la dispersión de especificación y que todos los datos estén dentro de los límites de especificación, los datos fuera de los límites representan datos no conformes de temperatura de consigna de la empresa.

Para la gráfica de los últimos 10 subgrupos, se ven los valores de 6 subgrupos varían por encima de los 35 °C y mostrando una alta dispersión alrededor del eje de la media de los datos, además se puede observar que 3 subgrupos están por debajo de los 32 °C. Teniendo como consecuencia un proceso no estable donde los parámetros se encuentran fuera de control.

El valor del índice de capacidad Ppk de 0,88, el valor de referencia mínimo es de 1,33 por lo cual se debe considerar mejoras en el proceso, se deben tomar medidas para mejorar el proceso.

Como un resumen para la estabilidad se considera la Figura 21, la media de la temperatura del proceso de fermentación no es estable pues esta es mayor a 5 % la temperatura sobrepasa los rangos establecidos de la empresa de 32 – 35 °C, como se puede apreciar que la media es de 30 % no es estable.

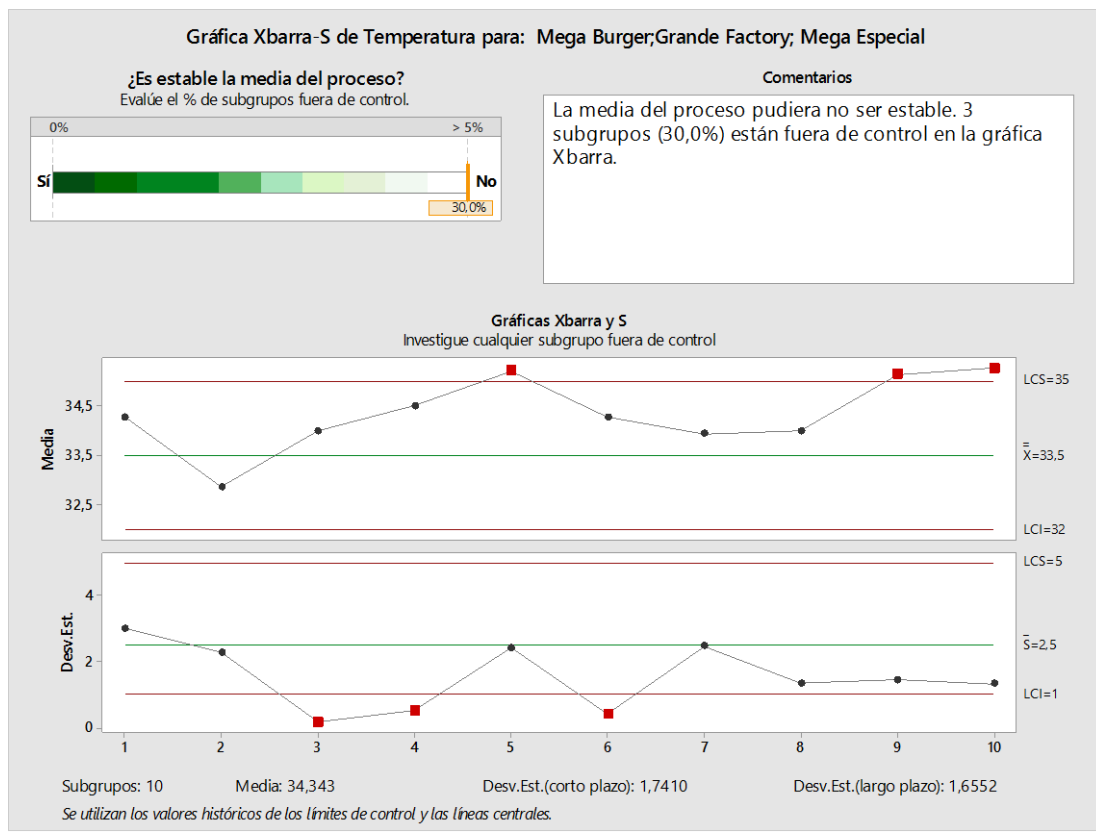


Figura 21. Análisis de la estabilidad del proceso de temperatura

En la gráfica de la media Xbarra se tiene tres puntos rojos que representan a 3 subgrupos que están fuera del límite de control superior, esto representa un 30 % del proceso que no está bajo control. La media de los datos del proceso es 34,34 con una desviación estándar de a corto plazo de 1,741.

En la gráfica de la desviación estándar de la muestra los datos varían por debajo de la línea central, estando 3 puntos por debajo del límite de confianza de la desviación estándar de

los demás datos con tendencia a estabilizarse en los últimos tres subgrupos dando como resultado una desviación estándar a largo plazo de 1,655.

4.2.3.2 Análisis de tiempo de fermentación

Se ha realizado una evaluación del análisis de capacidad de tiempo de fermentación como función de la variable tiempo para los panes Mega Burger, Grande Factory y Mega especial, cuyos resultados se presentarán a continuación según las siguientes hipótesis.

Las hipótesis que se plantean son:

H₀: Los datos de tiempo de fermentación se distribuyen normalmente Valor $P > \alpha$

H₁: Los datos de tiempo de fermentación no se distribuyen normalmente Valor $P \leq \alpha$

El nivel de significancia que se empleara es de $\alpha=0,05$ lo cual refleja que la demostración de hipótesis se realizara con un nivel de confiabilidad del 95 %.

El criterio de aceptación establecido será:

Valor $P \leq \alpha$: Si el Valor P es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal.

Valor $P > \alpha$: Si el Valor P es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula.

Para ejecutar la prueba de normalidad en Minitab se emplea la prueba Anderson-Darling.

Se ha trabajado con datos de tiempo, Figura 22, para los cuales se ha establecido que los límites inferior y superior corresponden a 80 y 120 min, los valores promedio y en general los datos tienden a tener una variación alrededor del eje central como se puede apreciar en el gráfico de la media de las muestras.

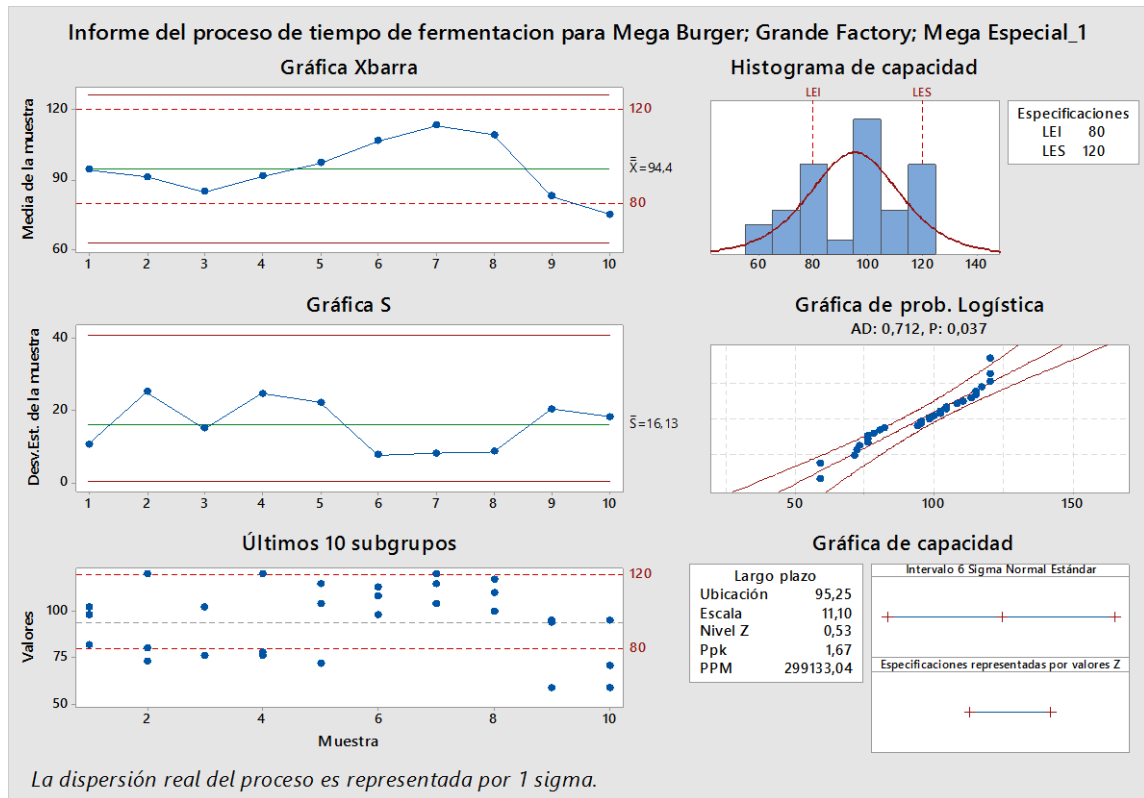


Figura 22. Análisis de capacidad del proceso para el tiempo de fermentación

Analizando la gráfica Xbarra de la media de la muestra en el informe de la Figura 22, se ve que 1 punto está fuera de los límites de control inferior por lo que se determina que el proceso no es estable ya que el tiempo mínimo de fermentación es de 80 minutos, lo que genera panes con bajo volumen entrando en el grupo de productos no conforme.

En la gráfica de la desviación estándar del conjunto de datos muestra que todos los puntos varían alrededor de la línea central, estando la desviación estándar de los datos dentro de los límites de confianza.

El análisis del histograma de capacidad muestra que los datos de tiempo de fermentación no tienen una distribución normal comprobada por la gráfica de probabilidad que muestra que el Valor P es menor a 0,05. Existe diferencia de promedio de tiempo significativo durante el proceso. Además de los valores por subgrupos se debe notar que la dispersión de los datos es alta, como consecuencia que el proceso de fermentación no es estable. Lo ideal es que la dispersión de los datos sea más estrecha que la dispersión de especificación

y que todos los datos estén dentro de los límites de especificación, los datos fuera de los límites representan datos no conformes de tiempo de consigna de la empresa.

Para la gráfica de los últimos 10 sub grupos, se ve los valores de 6 sub grupos varían por debajo de los 80 minutos y mostrando una alta dispersión alrededor del eje de la media de los datos. Teniendo como consecuencia un proceso no estable donde los parámetros se encuentran fuera de control.

El valor del índice de capacidad Ppk es 1,67, mayor al valor de referencia mínimo de 1,33 por lo cual se debe considerar que el proceso si está sobre el valor mínimo de capacidad del proceso respecto del parámetro de tiempo de estadía.

Como resumen, para la estabilidad del proceso se considera la Figura 23, la media de tiempo de fermentación no es estable pues esta es mayor a 5 % el tiempo de fermentación está por debajo de los rangos establecidos de la empresa de 80 a 120 minutos, como se puede apreciar que la media es de 10 % no es estable

En la gráfica de la media Xbarra se tiene un punto rojo que representan a 1 subgrupo que está fuera del límite de control inferior, esto representa un 10 % del proceso que no está bajo control. La media de los datos del proceso es 94,4 con una desviación estándar de a corto plazo de 18,20.

En la gráfica de la desviación estándar de la muestra, se tiene 7 puntos rojos que varían por encima del límite de confianza superior de la desviación estándar teniendo una tendencia a variar en los últimos dos subgrupos dando como resultado una desviación estándar a largo plazo de 18,678.

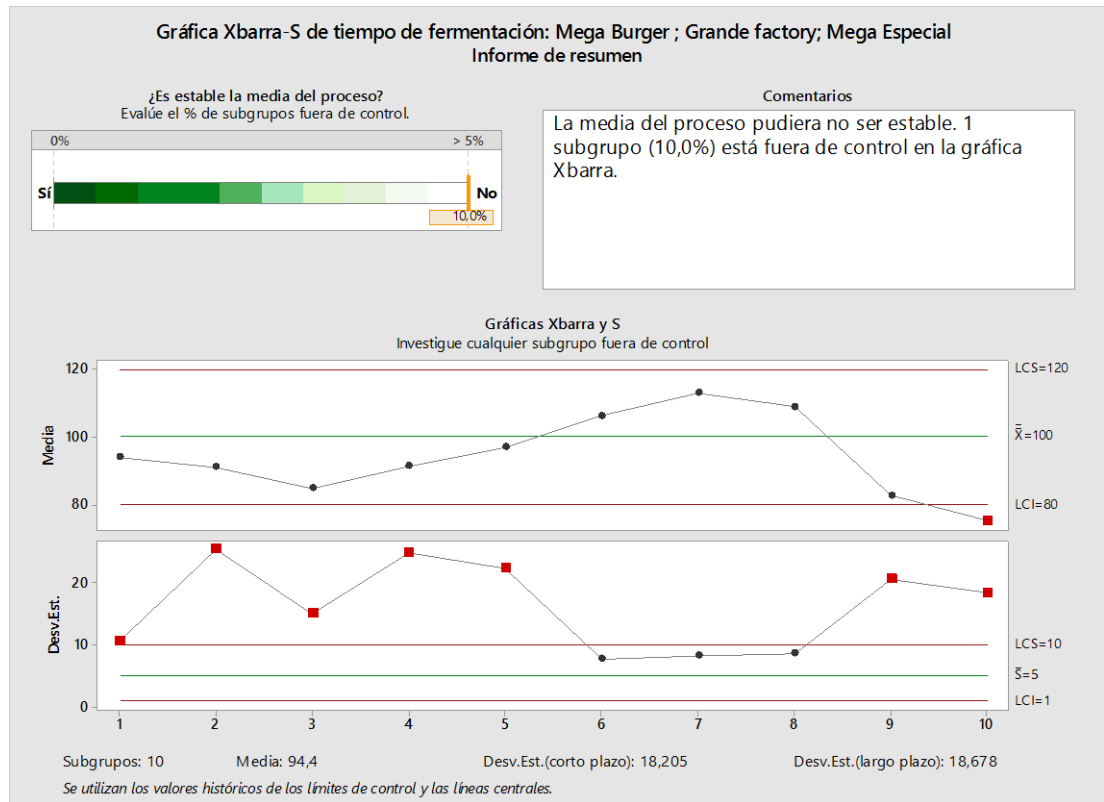


Figura 23. Análisis de estabilidad de tiempo de fermentación del proceso

4.2.3.3 Análisis de porcentaje de merma

Se ha realizado una evaluación del análisis de capacidad del proceso de fermentación como función de la variable porcentaje de merma para los panes Mega Burger, Grande Factory y Mega especial, cuyos resultados se presentarán a continuación según las siguientes hipótesis.

Las hipótesis que se plantean son:

H₀: Los datos de porcentaje de merma se distribuyen Valor $P > \alpha$ normalmente

H₁: Los datos de porcentaje de merma no se distribuyen Valor $P \leq \alpha$ normalmente

El nivel de significancia que se empleara es de $\alpha=0,05$ lo cual refleja que la demostración de hipótesis se realizara con un nivel de confiabilidad del 95%.

El criterio de aceptación establecido será:

Valor $P \leq \alpha$: Si el Valor P es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal.

Valor $P > \alpha$: Si el Valor P es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula.

Para ejecutar la prueba de normalidad se emplea la prueba Anderson-Darling.

Se han trabajado con datos de porcentaje de merma, Figura 24, para los cuales se ha establecido que los límites inferior y superior corresponden a 1 y 5 %, los valores promedio y en general los datos tienden a tener mayores porcentajes por encima del límite superior como se puede apreciar en el gráfico de la media de las muestras.

Analizando la gráfica Xbarra de la media de la muestra en el informe de la Figura 24, muestran que 5 puntos están fuera de los límites de control superior por lo que se determina que el proceso no es estable ya que el porcentaje de merma pasa el 1 y 5 %. La media del conjunto de datos está por encima al límite superior, lo que representa la cantidad de productos no conformes.

En la gráfica de la desviación estándar del conjunto de datos muestra que todos los puntos varían alrededor de la línea central, estando la desviación estándar de los datos dentro de los límites de confianza.

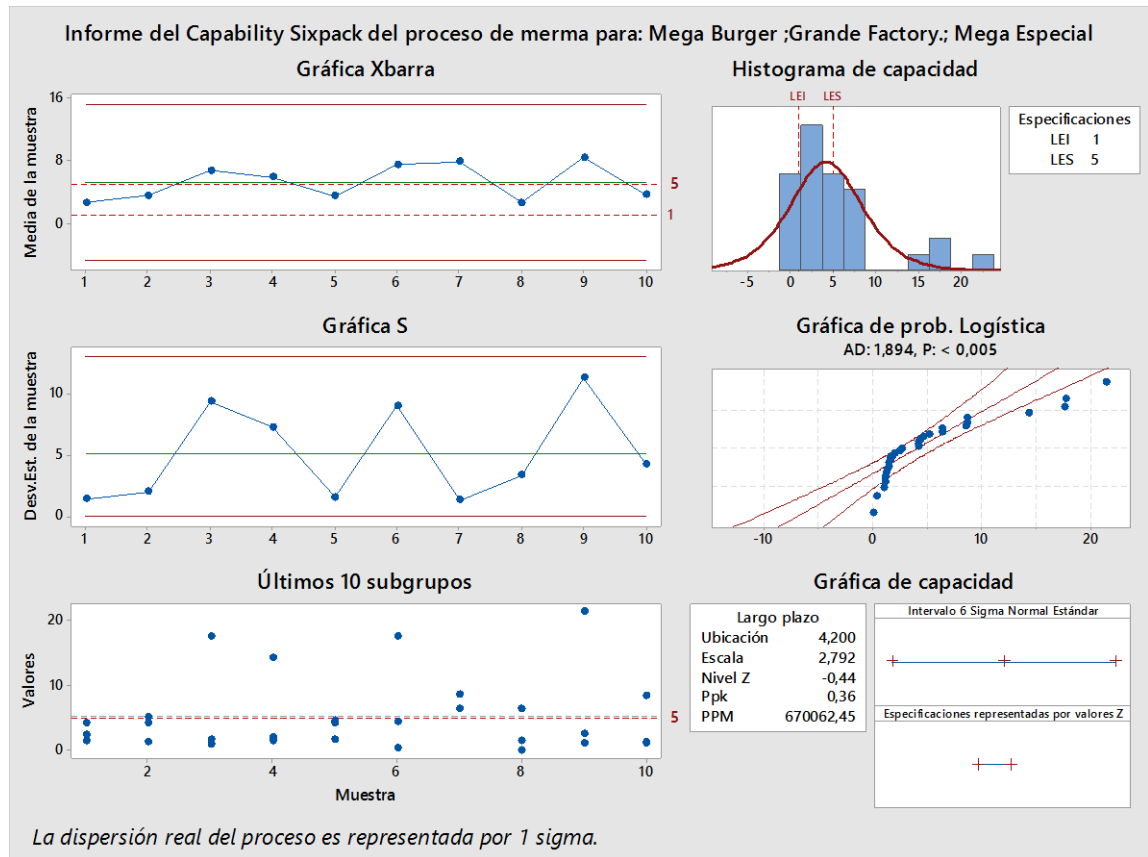


Figura 24. Análisis de capacidad del proceso de merma

El análisis del histograma de capacidad muestra que los datos del porcentaje de merma no tienen una distribución normal comprobada por la gráfica de probabilidad que muestra que el Valor P es menor a 0,05. Existe diferencia de promedio de porcentaje de merma significativa durante el proceso. Además de los valores por subgrupos se debe notar que la dispersión de los datos es alta, como consecuencia que el proceso de fermentación no es estable. Lo ideal es que la dispersión de los datos sea más estrecha que la dispersión de especificación y que todos los datos estén dentro de los límites de especificación, los datos fuera de los límites representan datos no conformes de porcentaje de merma de consigna de la empresa.

Para la gráfica de los últimos 10 sub grupos, se ve que los valores de 7 sub grupos varían por encima de 5 %, mostrando una alta dispersión de los datos, además se puede observar que se tiene datos cercanos al 20 %. Teniendo como consecuencia un proceso no estable donde los parámetros se encuentran fuera de control.

El valor del índice de capacidad Ppk es de 0,36, el valor de referencia mínimo es de 1,33 por lo cual se debe considerar mejorar el proceso.

Como un resumen, para la estabilidad se considera la Figura 25, la media del proceso del porcentaje de merma no es estable pues esta es mayor a 5 % de merma, el porcentaje de merma sobrepasa los rangos establecidos de la empresa de 5 %, como se puede apreciar que la media es de 60 % no es estable.

En la gráfica de la media Xbarra se tiene seis puntos rojos que representan a 3 subgrupos que están fuera del límite de control superior, esto representa un 60 % del proceso que no está bajo control. La media de los datos del proceso es 5,236 con una desviación estándar de 5,736 a corto plazo.

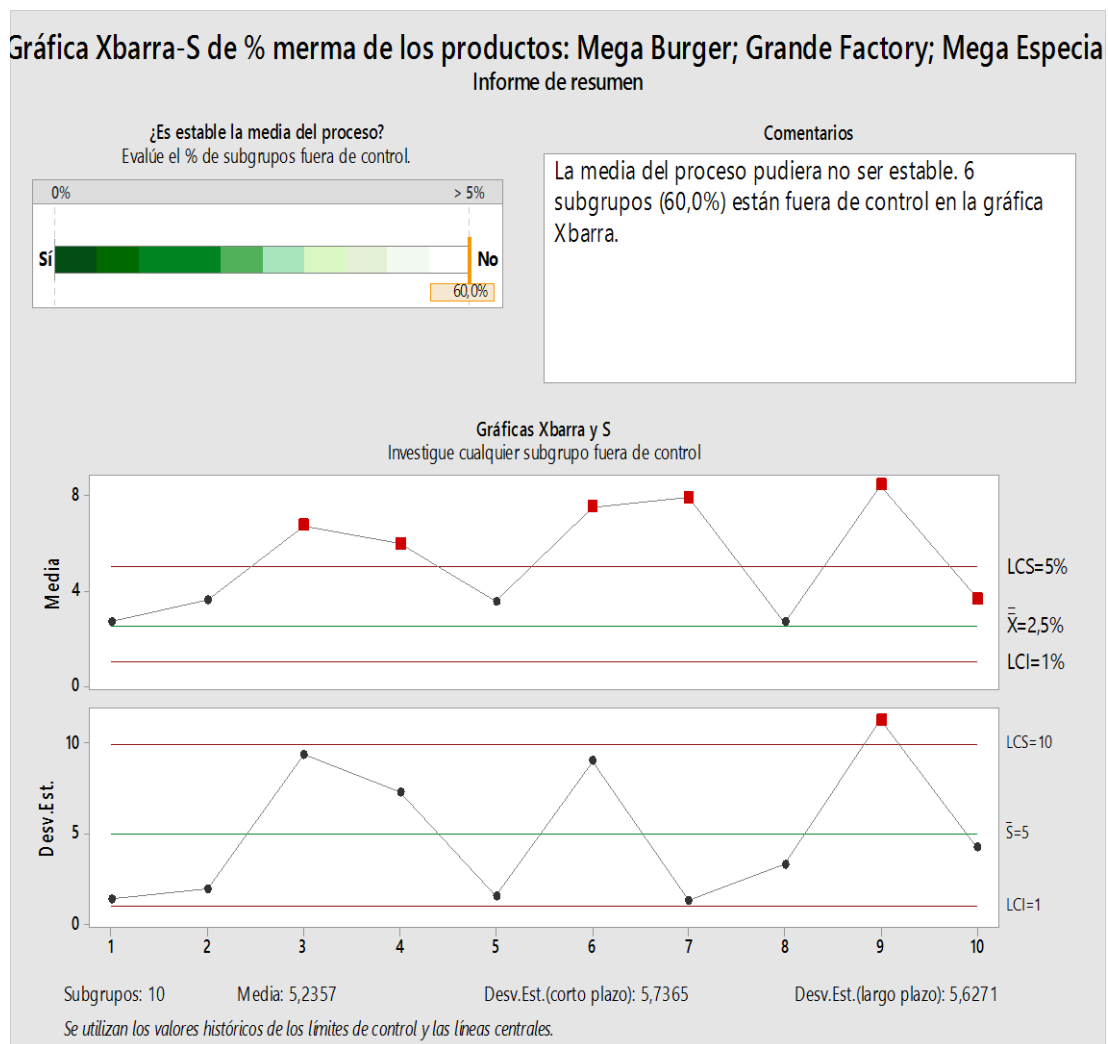


Figura 25. Análisis de estabilidad de porcentaje de merma del proceso

En la gráfica de la desviación estándar de la muestra los datos varían por debajo de la línea central, estando 1 punto por encima del límite de confianza superior de la desviación estándar.

Del mismo modo se realizó el estudio para los demás productos de la línea Burger, los resultados son similares y por tanto preocupantes debido a que teniendo los parámetros de la cámara de fermentación fuera de control se tiene una alta incidencia de productos fuera de calidad, esto involucra una pérdida económica que si se incrementa en mayor magnitud se traducirá en pérdidas, con este análisis ahora si se cuenta con datos que demuestran el origen de la merma generada en la línea Burger.

Finalmente se puede concluir este estudio mediante las siguientes consideraciones:

- a) Respecto a la estabilidad de los parámetros de control se puede decir que son inestables respecto a temperatura y tiempo. Por otro lado, se determinó estadísticamente que el proceso de fermentación está fuera de control.
- b) Los datos no tienen distribución normal, se tiene mucha dispersión hacia las colas del histograma de frecuencias teniendo valores de temperatura por debajo y por encima de los valores de consigna. Quedó demostrado con el análisis de la hipótesis para un 95% de confianza en cada uno de los parámetros de control que no se tiene un sistema normal, y que pese a aplicar un análisis para datos no normales la capacidad del sistema no está bajo control.
- c) Respecto de la capacidad del proceso en forma general se debe manifestar que el proceso en la cámara de fermentación no es capaz de producir una salida que satisfaga los requerimientos de calidad de los productos generando mermas en la línea Burger.

4.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA REDUCCIÓN DE MERMA PARA LA LÍNEA BURGER

Se realizan propuestas para el mejoramiento del proceso productivo de fermentación dentro del proceso de producción de la línea Burger.

La propuesta de solución para reducir el elevado porcentaje de productos fuera de los rangos óptimos de calidad para la línea Burger con base al diagnóstico y análisis de

capacidad del proceso de la cámara de fermentación pueden pasar por soluciones altamente tecnológicas hasta soluciones menos costosas, todo ello depende de la Dirección de la empresa, lo que si queda de manifiesto es que se debe intervenir para tener menor pérdida.

Algunas de las consideraciones a tener en cuenta son:

- a) Controlador automático de temperatura y humedad que permitir actuar sobre la válvula de salida de vapor por ejemplo y también sobre un sistema de enfriamiento dentro de la cámara para mantener la temperatura en el valor de consigna deseado, Esta solución es un tanto más costosa porque requiere la implementación de un sistema en el que se tenga un PLC, una serie de sensores de humedad, temperatura, electroválvulas, entre otros, para que actúen de acuerdo a las características óptimas en la elaboración de línea Burger. Con este sistema también se tendría bajo control todos los parámetros y su registro pudiéndose incluir una serie de alarmas de advertencia para cuando el sistema se salga de control.
- b) Otra opción sería el ingreso de aire seco controlado que reducirá la concentración de vapor evitando la humedad excesiva sobre la masa.
- c) Ventiladores para que se distribuya el vapor de forma uniforme dentro de la cámara.
- d) La otra solución es volver a retomar las buenas prácticas de manufactura, que a veces se olvidan o simplemente no se realizan, en este sentido volver a tener bajo control el sistema requerirá el aporte del personal, para seguir adecuadamente todos los protocolos de producción.

Por otro lado, mediante los datos obtenidos se propone usar las relaciones óptimas de los parámetros de temperatura-tiempo de estadía para minimizar el porcentaje de merma que se dan en la Tabla 14, que también fueron analizados mediante control estadístico del proceso.

Tabla 14. Temperatura-tiempo óptimos de fermentación

PARÁMETROS OPTIMOS TEMPERATURA -TIEMPO DE FERMENTACIÓN						
Producto	Tiempo mínimo recomendado min	Temperatura mínima °C	Merma %	Tiempo máximo recomendado min	Temperatura máxima °C	Merma %
Mega Burger	59	34,50	1,16	113	34,50	0,40
Mega Especial	76	33,90	0,98	100	34,40	1,50
Copacabana	85	34,50	1,51	100	34,10	1,45
Whopper	84	32,50	4,48	127	34,50	3,38
Grande Factory	102	31,40	4,19	110	32,50	0,00
Factory Junior	96	32,40	3,80	103	34,10	6,37
Corn Dusted	91	34,40	1,71	111	31,60	0,00
Toby Mediana	98	33,10	2,80	98	34,20	2,90
Maiz Factory	108	34,80	4,35	110	32,50	0,00
Temperatura	Promedio	33,50		Promedio	33,60	
	Des. estándar	1,196		Des. estándar	1,092	
	Varianza	1,430		Varianza	1,193	
Tiempo	Promedio	88,78		Promedio	108,0	
	Des. estándar	14,89		Des. estándar	9,055	
	Varianza	221,7		Varianza	82,00	
% Merma	Promedio	2,776		Promedio	1,778	
	Des. estándar	1,458		Des. estándar	2,135	
	Varianza	2,126		Varianza	4,560	

Realizado el análisis de capacidad se presentan los resultados de la Figura 26, se puede evidenciar que es notable que Valor P es mayor a 0,05 dando un valor 0,218, por tanto esta tiene una distribución normal de los datos de temperatura.

Analizando la gráfica Xbarra de la media de la muestra en el informe de la Figura 26 se muestra un promedio de los datos de 33,5 y una desviación estándar a largo plazo de 1.196 los datos de análisis de capacidad coinciden con los datos obtenidos en la Tabla 14 respecto a la temperatura-tiempo mínimos obtenidos durante el relevamiento de datos.

En la gráfica de rangos móviles de la muestra los puntos varían alrededor de la línea central, estando los rangos de los datos dentro de los límites de confianza.

Para la gráfica de los últimos 10 sub grupos, se ve un solo punto fuera de los límites de control, los valores de grupos varían alrededor del eje central.

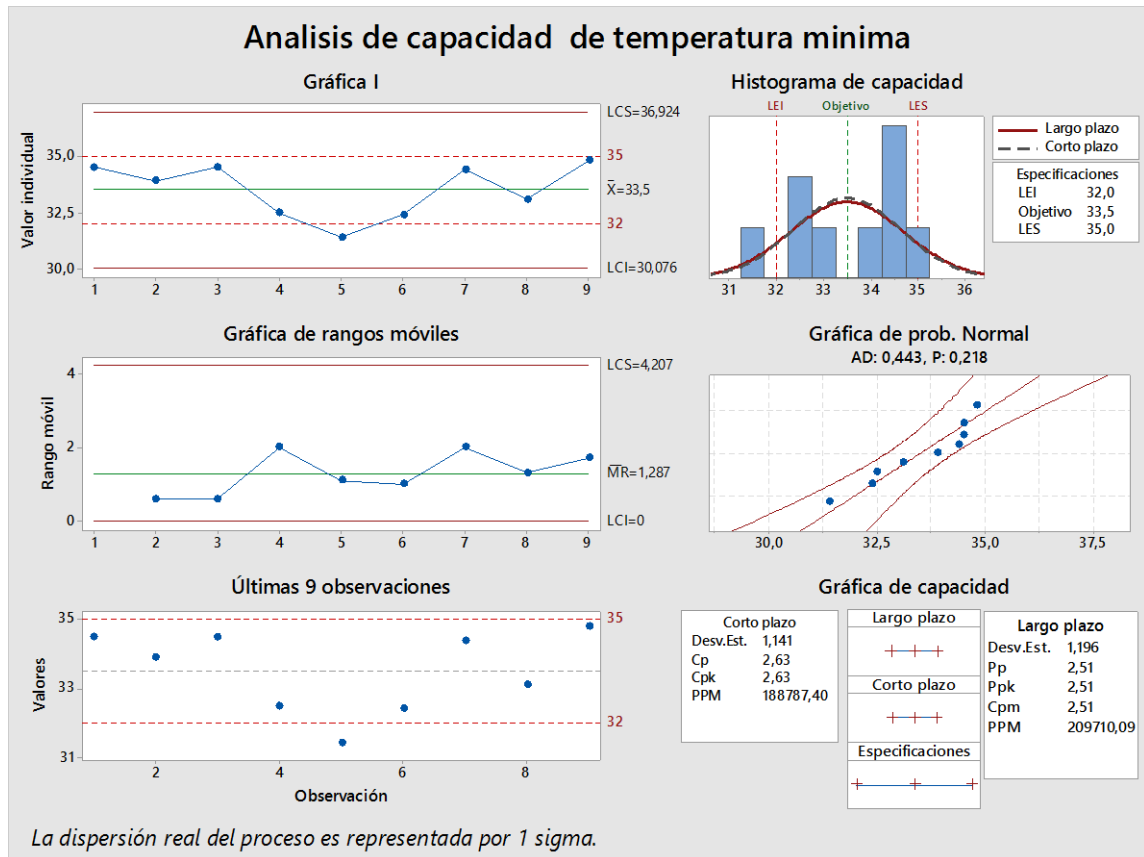


Figura 26. Análisis de temperatura mínima propuesta

En el histograma, la dispersión de los datos del proceso está más cercanos a la dispersión de especificación, lo que sugiere que mejora la capacidad, una parte de los datos se encuentran fuera de los límites de especificación inferior (LEI).

Respecto a la gráfica de probabilidad el Valor P es clave, en este es mayor a 0,05 dando así evidencia de que los datos siguen una distribución normal con un Valor de P de 0,218 además da una capacidad del proceso un resultado de Ppk de 2,51, el valor de referencia mínimo es de 1,33 por lo cual se considera que se mejora el proceso de fermentación respecto a la temperatura mínima propuesta.

Para el análisis de temperatura máxima y tiempos máximos se tiene una media de 33,60 °C y una desviación estándar de 1,092, los datos no tienen distribución normal, Figura 27, por lo tanto se recomienda usar los datos de temperatura mínima y tiempo mínimo de fermentación ya que con estos se mejora la capacidad del proceso minimizando la cantidad de merma a una temperatura de $33,5 \pm 1,092$ °C.

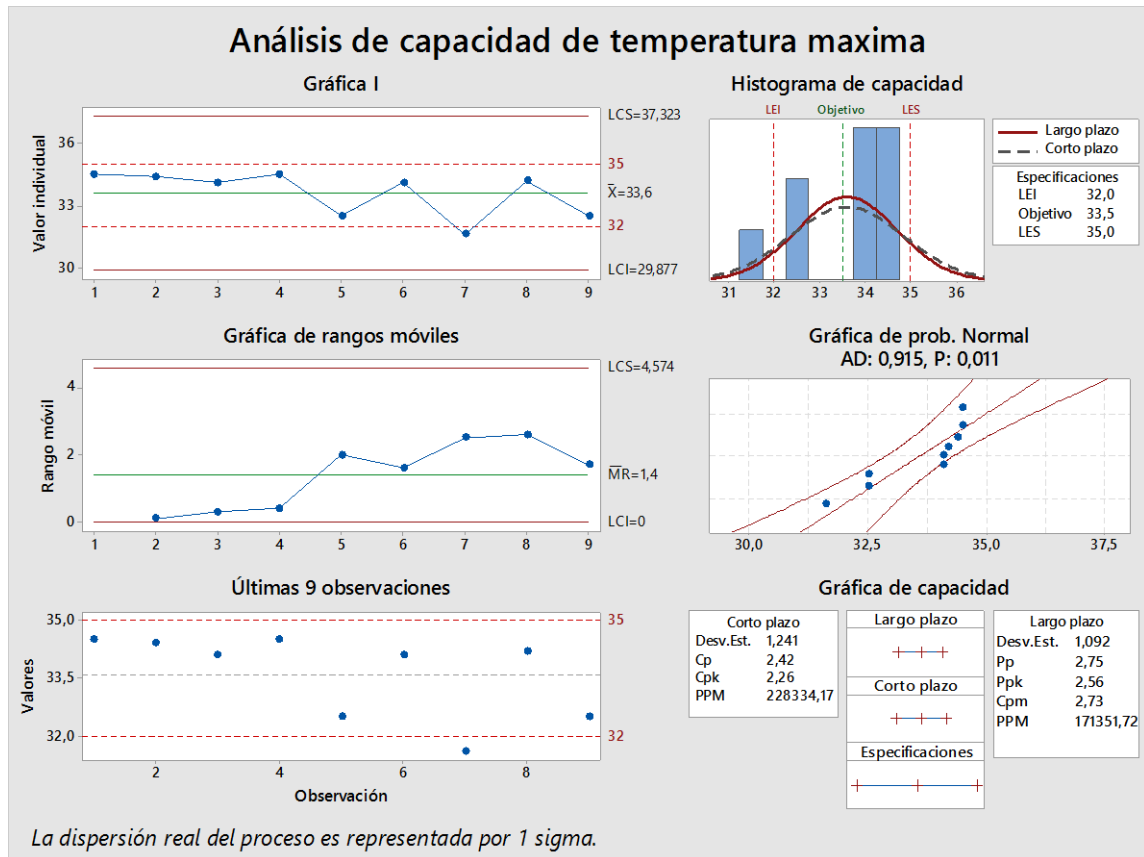


Figura 27. Análisis de capacidad de temperatura máxima

Cada una de las posibles alternativas que se han planteado y la magnitud de los cambios que se realizaran depende de las metas y proyecciones de la empresa, con este trabajo se han dado los insumos necesarios para solucionar el problema y sobre todo tener información del funcionamiento actual en el proceso productivo de la línea Burger.

4.4 CURSO DE CAPACITACIÓN

El componente de capacitación para los operarios de la empresa industrial La Francesa S.A. en el área de panificación de la Línea Burger estará orientada a solucionar los diferentes aspectos no considerados durante su trabajo, de acuerdo al diagnóstico y los resultados obtenidos en el análisis de los datos recolectados durante la estancia en la empresa.

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son el eslabón inicial en la cadena de calidad. Es el punto de partida para la implementación de otros sistemas de aseguramiento de

calidad, como el sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP) y las Normas de la serie ISO 9000, como modelos para el aseguramiento de la calidad.

Ya se ha visto que la falta de capacitación representa una amenaza para la producción de la empresa, podría generar:

- Baja de producción
- Intoxicaciones o toxiinfecciones alimentarias
- Quejas de los clientes y consumidores
- Pérdida de credibilidad
- Mala publicidad
- Pérdida de clientes

En este sentido como política de la empresa se debe implementar la capacitación como método de mejora continua, que se aplica a todo el personal de la Empresa involucrado directamente en los procesos que afecten la calidad, la inocuidad del alimento y la seguridad de las personas, de manera específica a la línea de producción de la línea Burger.

Las necesidades de capacitación y entrenamiento detectadas en la empresa pueden tener alguno o más de los siguientes orígenes:

- No se lleva un adecuado registro del proceso de producción ya que los operarios son los encargados de registrar los datos, durante el proceso no cuentan con el suficiente tiempo. Para realizar el registro adecuado se debe contar con personal capacitado en tres diferentes puntos de control de calidad durante el proceso de producción el primero que este centrado en la etapa de amasado, control de pesos y lateado, el segundo debe estar centrado en el proceso de fermentación controlando los parámetros y contabilizar el rendimiento de producción que ingreso por cada producto. El tercero debe ubicarse en el control de la cocción de los productos como el tiempo de cocción, temperatura de horno y temperatura del pan a salir del horno, ya que durante todo este proceso de producción hasta empaque solo se cuenta con un solo pasante que tarda mínimo de una a dos semanas en conocer todos los productos y familiarizarse con el proceso, y a su vez solo se quedan tres meses teniendo que volver a capacitar al nuevo pasante.

- Cuando se informa que la temperatura de la cámara se encuentra arriba de los 35°C los horneros dicen que es normal la temperatura que siempre trabajan de ese modo pero esto ocasiona que los panes en especial los Factory tengan ampollas en la corteza.
- No se da datos de la fuerza de la harina al amasador y si se lo hace el amasador duda de la veracidad de la información. Cuando llegue un nuevo lote de harina debe realizarse la prueba de fuerza y comunicar al amasador mediante nota para que este bien informado y se tenga debida la constancia de la información para que este regule la cantidad de levadura.
- El ingreso del vapor no es bien regulado afectando los parámetros de la cámara, para controlar de manera directa y no estar transportando el higrómetro cada cierto tiempo, perdiendo información y evitando que la temperatura sobre pase los rangos establecidos se debería implementar un higrómetro de pared digital para que los operarios regulen la salida de vapor de manera adecuada.
- El ingreso de los carros a la cámara de fermentación no se hace de la forma establecida por la empresa, usando solo la puerta frontal de la cámara, obviando la puerta lateral donde si usara habría mejor circulación de aire y vapor. El no usarla genera mayor concentración de vapor en la zona más cercana a la válvula. Mediante la capacitación sobre el buen manejo de la cámara de fermentación y las BPM se pretende mejorar la calidad del producto.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la cámara de fermentación de la línea de panadería BURGER de la empresa industrial LA FRANCESA S. A. donde se pudo evidenciar que realizando un seguimiento sistemático a los datos de producción se han cuantificado mermas por defectos en los panes superiores al 3 % de la producción con variaciones particulares según el tipo de pan. Por otro lado, se ha identificado los principales defectos que están asociados al proceso que se lleva a cabo en la cámara de fermentación.
- Se evaluó los parámetros de control identificados como críticos en el sistema de la cámara de fermentación, mediante la adquisición de datos de los parámetros de control críticos, la identificación de los defectos en los productos durante la fermentación y el análisis estadístico de los parámetros de control adquiridos.
- La distribución de la temperatura no tiene estabilidad durante el proceso, los datos obtenidos no tienen una distribución normal, por lo cual produce un efecto negativo en la calidad del producto. En el proceso de fermentación se determinó que el 100% de la distribución de la temperatura no es estable como consecuencia el proceso está fuera de control.
- Se planteó opciones para mejorar el proceso de fermentación la primera es la implementación de un controlador lógico programable (PLC), con el que se permita actuar sobre la válvula, con sistema de enfriamiento para que se mantenga a una temperatura deseada. Otra opción que se planteo es el ingreso de aire seco controlado que reducirá la concentración de vapor evitando la humedad excesiva sobre la masa o la instalación de ventiladores para que se distribuya el vapor de forma uniforme dentro de la cámara. Además se plantea volver a retomar las buenas prácticas de manufactura.
- Se determinó los rangos de temperatura y tiempo óptimos con temperatura mínima y tiempo mínimo de fermentación ya que con estos se mejora la capacidad del proceso minimizando la cantidad de merma a una temperatura de $33,50 \pm 1,20$ °C y un tiempo de 89 ± 15 minutos.

- Se identificaron los principales aspectos a ser considerados en la capacitación del personal, inicialmente dando a conocer los hallazgos encontrados en el diagnóstico realizado, posteriormente incidir en la inducción que debe realizarse con base a las BPM, con esto se pretende mejorar inicialmente la producción de la línea Burger. Esto funcionará ya que durante la estadía en la empresa se inició como parte de la interacción con el personal la socialización de las observaciones y se resolvieron dudas del personal, el seguimiento de los datos de evaluación del proceso del último mes presenta menor incidencia en la merma respecto del inicio del periodo de la estadía.

5.2 RECOMENDACIONES

Se debe tener un higrómetro fijo de pared digital para tener los parámetros de la cámara de manera directa y poder controlar el flujo de vapor.

Para evitar que se incremente el porcentaje de merma se debe tener un regulador de flujo de vapor, externo a la cámara de fermentación, con medidor de presión para tener un control en la cámara de la saturación de vapor.

Se debe programar la orden de producción O.P. estimando bien los tiempos de fermentación ya que cuando existe mayor producción se sobrecarga la capacidad de la cámara de fermentación haciendo que el hornero suba el flujo de vapor produciendo una temperatura mayor a los 35 °C y humedad de 100 % e incluso hasta por encima los 38 °C, acelerando el proceso, generando así condensación que produce ahuecamiento en la masa.

Se propone la introducción de aire seco para reducir la saturación y condensación de agua sobre los panes.

También se recomienda la toma de datos de pH de la masa ya que en ocasiones se producen reacciones no deseadas, dando panes insípidos o panes voluminosos de corteza fina y agrietada.

Se debe implementar en el control de proceso de los parámetros de la cámara de fermentación y en otros procesos la metodología Six Sigma, que permitirá evaluar en

tiempo real el control del sistema para evitar mermas, entre otras acciones beneficiosas de esta metodología de control estadístico de procesos.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Aranibar, G. (11 de 08 de 2014). Obtenido de Panetones La Francesa: <https://prezi.com/nyaaw6maisow/panetones-la-francesa/>
- Barbosa -Canovas, G. V. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos* . Madrid: Mundi-Prensa.
- Benion, E. B., & al, E. (1971). *Fabricación de pan*. Habana.
- Charley, H. (1988). *preparación de alimentos tomo II*. Mexico.
- Flecha, M. (29 de 06 de 2015). *Procesos y técnicas de panificación*. Obtenido de Course Hero: <https://www.coursehero.com/file/53006826/Procesos-y-tecnicas-de-panificacion-MANUALpdf/>
- García Olmedo, F. (1964). Las amilasas en panificación . *Cereales*, 12-16.
- Gracia Olmedo, F. (1964). El papel de la fermentación en la fabricación del pan. *Cereales*, 13-15.
- Jara Dongil, C. (s.f.). *Claudio Jara, webnode*. Obtenido de Curso de panadería: <http://files.claudiojd.webnode.es/>
- Jenning, S. (1981). *Prácticas guías como hacer el pan y la bollería*.
- Katz , S. E. (2003). *Wild fermentation: the flavor, nutrition, and craft of live-culture*. Estados Unidos: Chelsea Green.
- Manual de panadería*. (26 de Septiembre de 2012). Obtenido de Slide Share: <https://es.slideshare.net/monishnandez/manual-de-panaderia>
- Marín, N. (2009). *Manual de panadería*. Obtenido de <http://www.uco.es/dptos/bromatologia/tecnologia/bib-virtual/bajada/mempan.pdf>
- Ortiz, C., & Blanco, T. (2011). *Alimentos Bromatología*. Lima: UPC.
- Owen R., F. (2000). *Química de los alimentos*. Madison-Wisconsin: Acribia, Editorial S.A.
- Quaglia, G. (1991). *Ciencia y tecnología de la panificación* . Zaragoza, España: Acribia.
- Requena Pelaez, J. M. (2013). Harina y derivados, feculas y almidón . *Innovación y experiencias educativas*, 2-5.
- Sanchez Blanco, O. (06 de 02 de 2014). *Universidad de Cadiz Area de biblioteca archivo y publicaciones*. Obtenido de <https://rodin.uca.es/handle/10498/15893>

Sánchez, M. T. (2002). *Memoria descriptiva de producto congelado baguette*. Obtenido de <http://www.uco.es/dptos/bromatologia/tecnologia/bib-virtual/bajada/mempan.pdf>

Tejero, F. (1992). *Panaderia Española*. Madrid: Monteagud Editores S.A.

ANEXOS

ANEXO I
DEFECTOS EN PANES LÍNEA BURGER

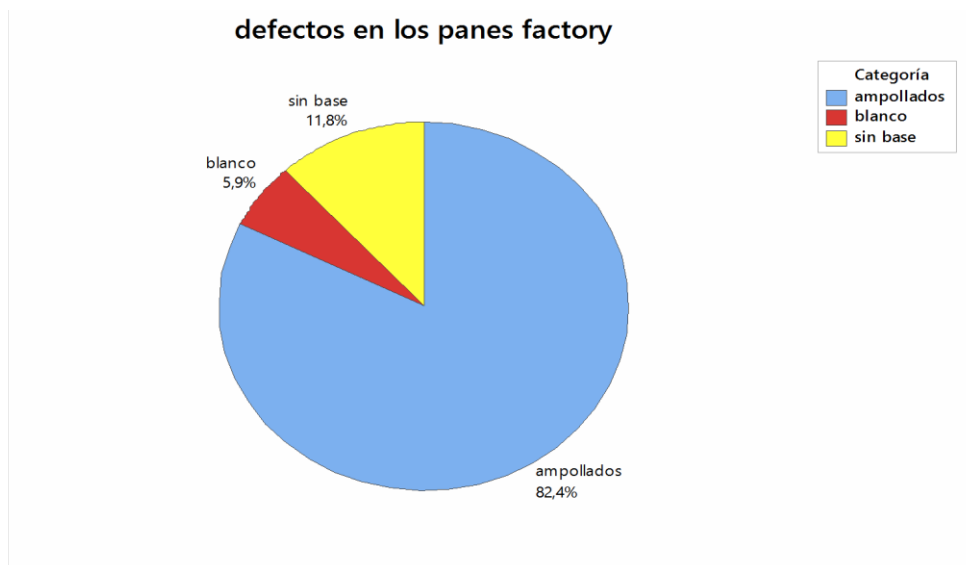


Gráfico A 1 Defectos en los panes Grande Factory

82,4% ampollados por exceso de temperatura de la cámara y humedad en la cámara (masa húmeda), 11,8 Sin base por exceso de temperatura del horno y baja temperatura de la masa antes de ingresar al horno.5,9 % blancos por exceso de humedad en la masa.

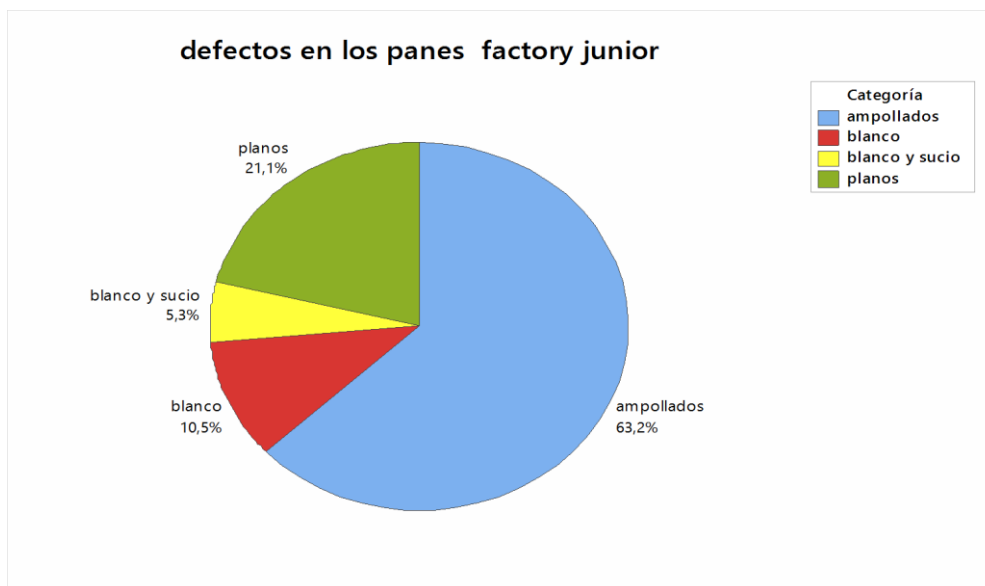


Gráfico A 2 Defecto en los panes Factory junior

63,2 % ampollados debido al exceso de temperatura y humedad en la cámara (masa húmeda), 21,1 % planos por falta de volumen debido a la mala distribución de calor en

la cámara. 10,5 % blancos por exceso de humedad en la masa.

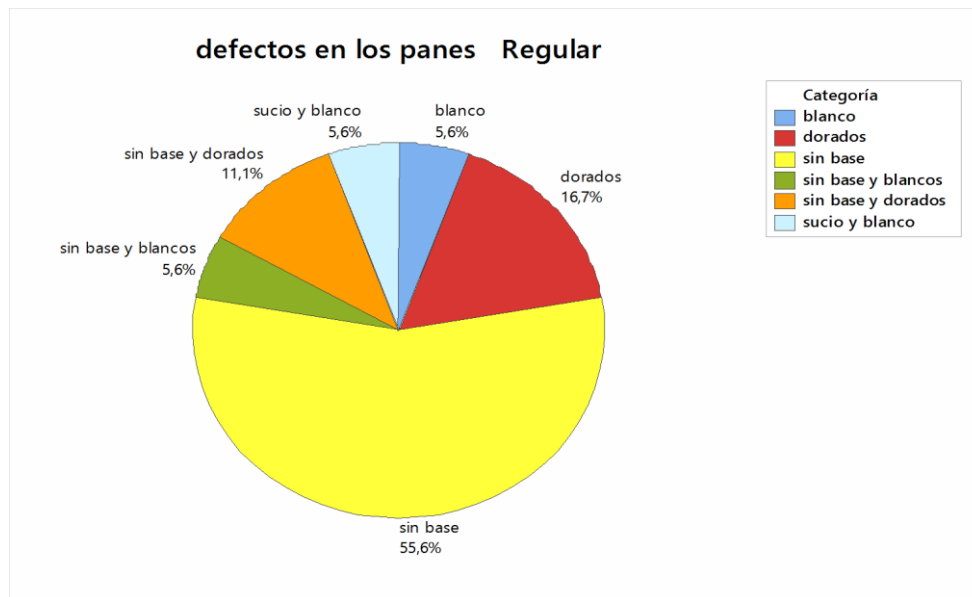


Gráfico A 3 Defecto en los panes Regular

55,6 % sin base debido a masa fría antes de ingresar al horno, dorados por el exceso de cocción y blancos por la falta de horneado y rotación de bandejas durante el horneado. 11,2 % blancos por exceso de humedad en la masa.

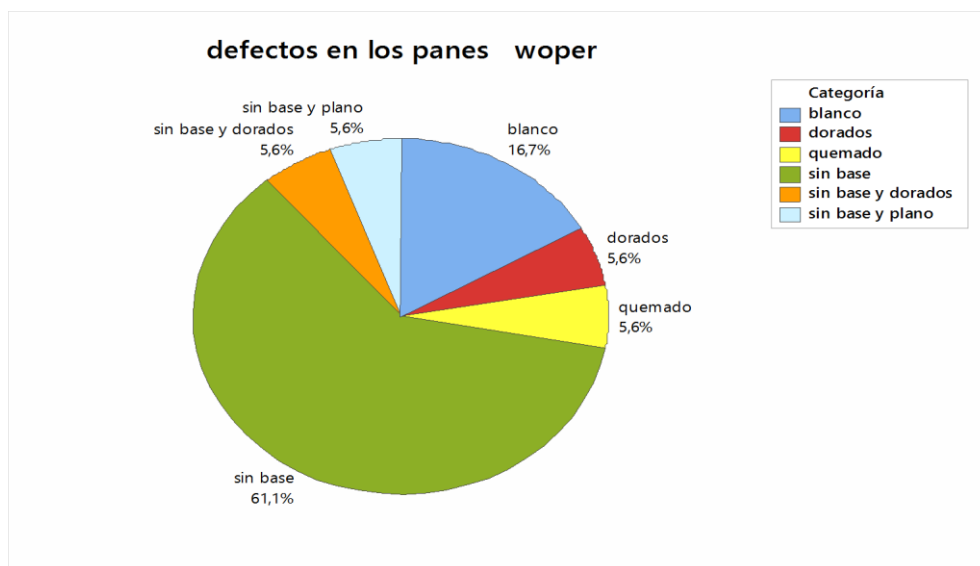


Gráfico A 4 Porcentaje de defecto de los panes Whoper

5,6 % planos por el exceso de humedad de la cámara Más del 70 % Sin base por exceso de temperatura del horno y baja temperatura de la masa antes del horneado. El 5,6 % son

dorados y en mismo porcentaje quemados por descuido del hornero. 16,7 % blancos por exceso de humedad en la masa.

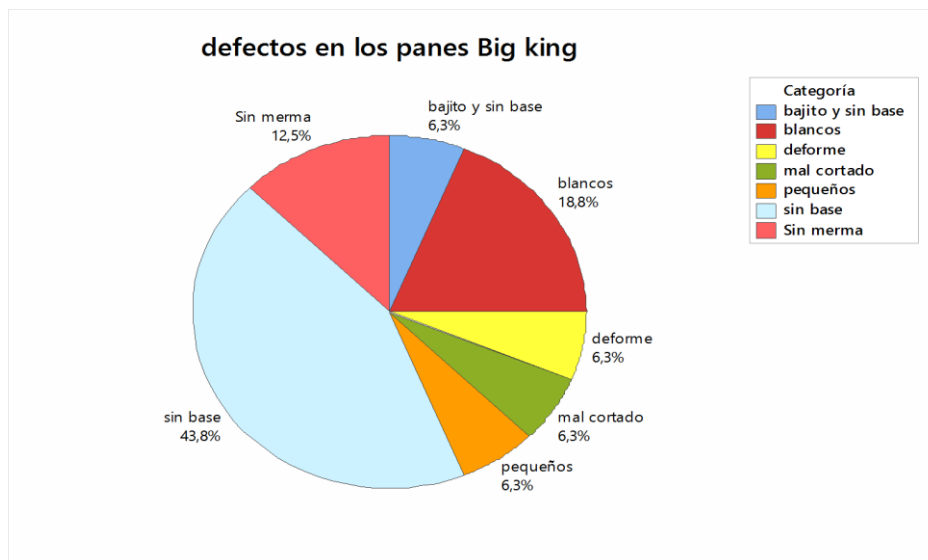


Gráfico A 5 Defectos de los panes Big King

48,3 % del defecto es debido a la temperatura alta del horno (no se dejó enfriar antes de ingresar el nuevo pan a hornear), el 37,7 % de los defectos es debido al exceso de humedad en la cámara como panes sin volumen, blancos, deformes y pequeños. 6,3 del defecto se da por la máquina de rebanado.

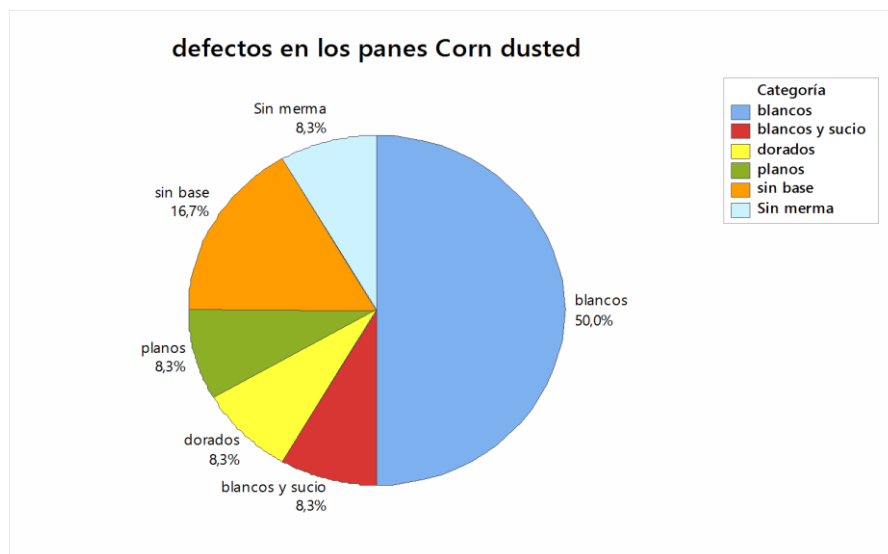


Gráfico A 6 Defectos en los panes Corn Dusted

50 % de los defectos es debido al exceso de humedad de la cámara y falta de rotación de las bandejas durante el horneado. Planos en 8,3 % debido a exceso de sal, horno demasiado caliente o demasiada manipulación o exceso de humedad.

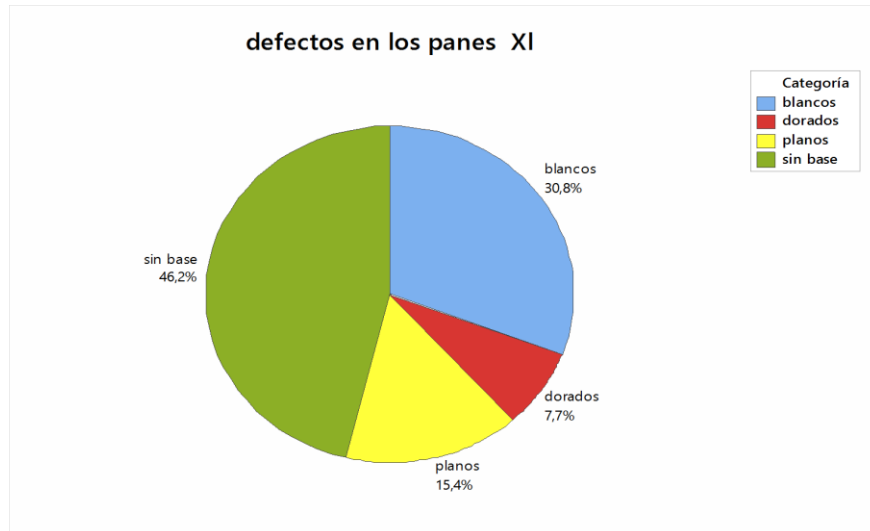


Gráfico A 7 Defecto en los panes XL

46 % de los defectos es debido a la temperatura del horno, 30,8 % blancos debido al exceso de humedad en la cámara, 15,4 % de los defectos es planos debido a exceso de sal, horno demasiado caliente o demasiada manipulación o exceso de humedad. 7,7 % son dorados debido a descuido durante el horneado.

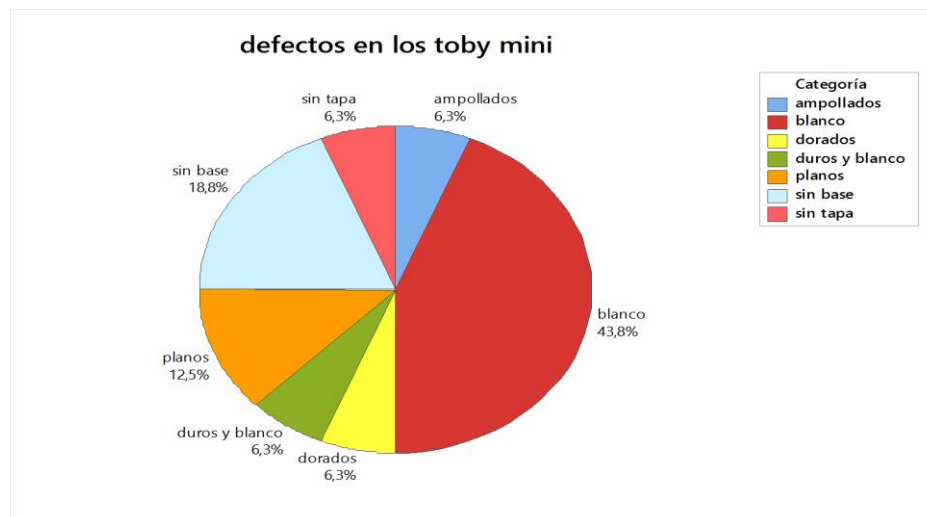


Gráfico A 8 Defecto en los panes Toby Mini

43,8 % blancos por exceso de humedad y falta de rotación de bandejas durante el horneado, 18,3 % en suma de ampollados, sin tapa (ampollas y corteza rajada o arrugada), duros y blancos es debido al efecto de a cámara por exceso de temperatura y humedad, planos debido a exceso de sal o temperatura elevada del horno al igual que el 18,8 5 de panes sin base.

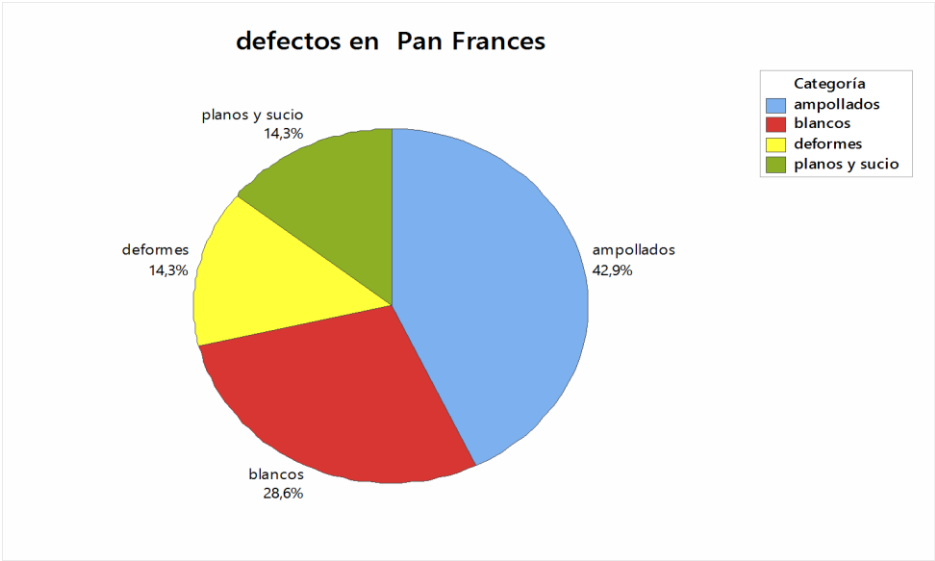


Gráfico A 9 Defecto en Pan Francés

42,9% ampollados debido a la cámara de fermentación por exceso de temperatura y humedad, además de 14,3 % deformes y 28,6 % blancos por el mismo efecto. El 14,3 % son planos y sucios debido a falta de limpieza de las latas y exceso de sal, horno demasiado caliente o demasiada manipulación o exceso de humedad en la masa.

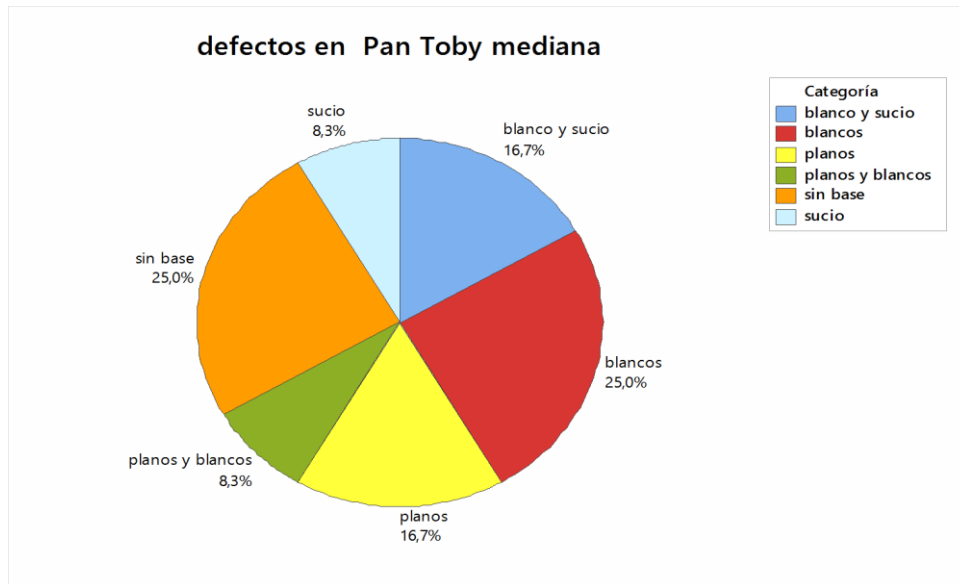


Gráfico A 10 Defectos en pan Toby mediana

50% Planos y blancos debido al exceso de sal, horno demasiado caliente, demasiada manipulación o exceso de humedad en la masa, y sucio debido a falta de limpieza de latas que por demasiada humedad cae ceniza sobre la masa.

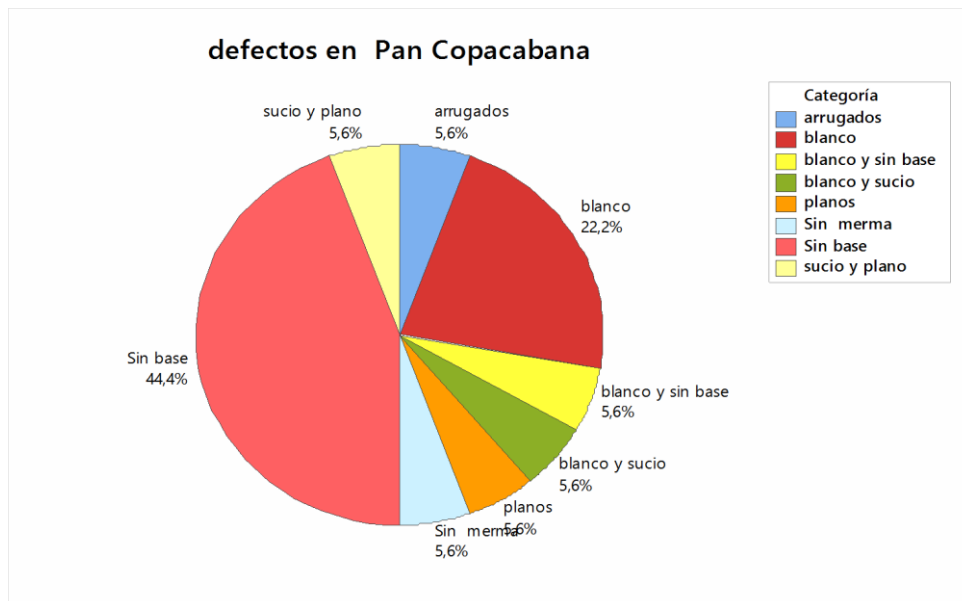


Gráfico A 11 Defectos en Pan Copacabana

El 44,4 % sin base es debido a la temperatura del horno, en suma el 44,6 son planos y sucios y blancos debido a falta de limpieza de las latas y exceso de sal, horno demasiado

caliente o demasiada manipulación o exceso de humedad en la masa.5,6 % son arrugados debido al exceso de humedad en la cámara.

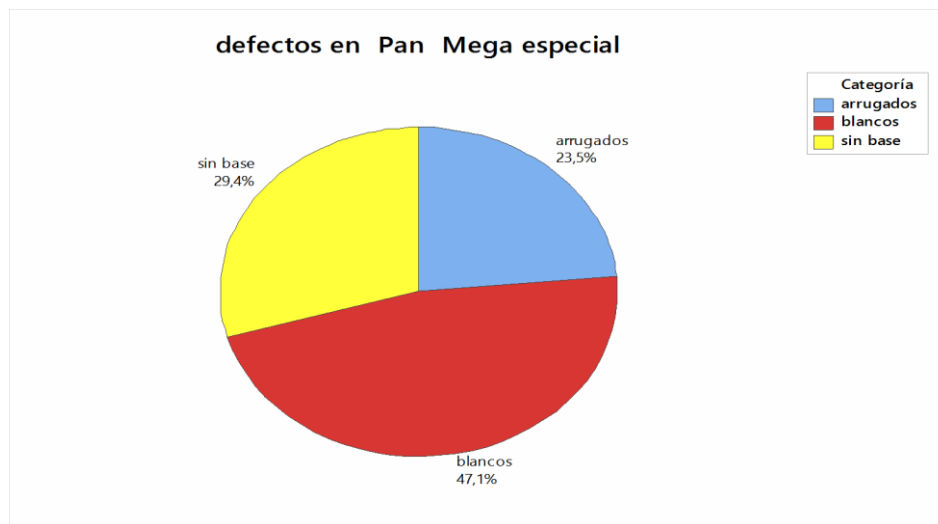


Gráfico A 12. Defectos en pan Mega especial

En suma el 70,6 % de los defectos blancos y arrugados es debido al exceso de humedad y temperatura de la cámara y el 29,4 % del defecto sin base es debido a la temperatura del horno.

ANEXO II
CERTIFICADO EMPRESA INDUSTRIAL
LA FRANCESA S.A.



Sociedad Industrial y Comercial La Francesa S.A.
SICLaF s.n.

CERTIFICADO

La **SOCIEDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL "LA FRANCESA" S.A. - SICLaF S.A.**, a pedido verbal del interesado,

CERTIFICA:

Que la Srta. **GABRIELA DAYANA CALLISAYA BARRIENTOS**, cumplió satisfactoriamente sus prácticas en nuestra empresa como **AUX. CONTROL DE PROCESOS DE PANADERIA (Área de Fermentación)**, a partir del 08.08.2018 al 15.11.2018 habiendo acumulado un total de 481 horas.

Es cuanto certificamos en honor a la verdad y para los fines consiguientes.

La Paz, 21 de Noviembre de 2018

José Alfredo Santalla Del C.
JEFE DE RECURSOS HUMANOS
SICLaF S.A. - EL ALTO

SICLaF S.A.

CcBk

LA PAZ
Oficina central
Calle Estados Unidos N° 1161
Central Piloto:
(591-2) 2221939
Fax: (591-2) 2221018
lafrancesa@lafrancesa.com

EL ALTO
Planta Industrial
Carretera a Vacha, Lodoño
Cabrera Km 15 N° 1000
Central Piloto: (591-2) 2852099
Fax: (591-2) 2851428
elaltop@lafrancesa.com

COCHABAMBA
Planta Industrial y oficinas
Av. Villazón esq. Capitán
Maldonado - Carretera a
Sacaba Km 3,6
Tel/Fax: (591-4) 4722723
cochabamba@lafrancesa.com

SANTA CRUZ
Oficinas
Calle Avilador Pinto N° 1006
Esq. calle "I"
Edificio Macorros V - 1E
Tel/Fax: (591-3) 3417142
santa@lafrancesa.com

ANEXO III
INFORME PRESENTADO A LA
EMPRESA INDUSTRIAL LA FRANCESA S.A.

INFORME DEL COMPORTAMIENTO DE LA MASA EN RELACION A LA TEMPERATURA DE CAMARA DE FERMENTACION PARA CONOCER LAS CAUSAS Y EFECTOS SOBRE EL PAN EN LA LINEA BURGER

CORRESPONDIENTE A LAS FECHAS DEL 18/09/18 AL 30/10/18

PASANTE DE CONTROL DE CALIDAD DE LA LINEA BURGER

INDUSTRIA PANIFICADORA “LA FRANCESA S.A.”

ING. VERONICA MARTHA MAMANI TICONA

INTRODUCCION

En cumplimiento de exigencias y necesidades de los clientes el emprendimiento en la Industria Alimenticia “La Francesa S.A. tiene como objetivo general establecer estrategias que incrementen el rendimiento y la productividad de la empresa a través de acciones específicas para el cumplimiento de la misión de la empresa, entre los años 2015 y 2020 en La Paz (Aranibar, 2014)

En busca del cumplimiento del objetivo de la empresa de mejorar el rendimiento y la productividad es que se realiza este trabajo para poder establecer parámetros fijos en relación a la cámara de fermentación respecto a la temperatura y la humedad del área de panadería de la línea BURGER.

El trabajo se realizó con el uso de higrómetro instrumento con el cual se fue tomando los datos de humedad y temperatura además se utilizó la información del área de empaque de la producción con el cual se tiene los datos de mermas con el que se realizó el estudio estadístico de la merma por producto en función a la temperatura de la cámara de fermentación.

Durante el mes de septiembre existe una tendencia de incremento de merma con el incremento de temperatura en la cámara, la humedad se mantiene de 99 a 100 % generando esta condensación sobre la masa y posterior ahuecamiento en la corteza de la misma además de que las masas lleguen a presentar ampollas, debido a que la temperatura de la masa al salir de la cámara llega a los 32 grados Celsius a diferencia de otras masas que no superan los 31 grados estas no presentan alteración en la textura de la corteza , también existe una mala distribución de vapor dentro de la cámara generando que en ocasiones la

masa no tome volumen necesario para algunas de las masas por lo cual se debe volver a introducir a la cámara sumado a esto se debe considerar la fuerza de la masa que cuando esta es fuerte produce panes muy crecidos durante la cocción.

Del mes de octubre se tiene un comportamiento irregular para algunos productos esto debido a la harina que tiene poca fuerza, harina muy floja haciendo que los horneros incrementen la temperatura de la cámara para poder alcanzar el volumen necesario en poco tiempo.

Antecedentes

Los Defectos en el pan pueden ser causados principalmente por alteraciones en la fermentación, por la utilización de ingredientes defectuosos y por trabajar con métodos incorrectos. (Jenning, 1981)

Los defectos más comunes que se presentan en la corteza del pan son:

- * Maduración excesiva

Generalmente significa fermentación excesiva y se produce por; masa demasiado caliente o empleo de cantidad excesiva de levadura.

Porosidades en el pan se deben generalmente a uno o varios de los motivos siguientes:

Moldeo malo o flojo,

La fermentación precaria de la masa producirá huecos grandes y alargados en el pan. Esto, a su vez, puede ser debido a: levadura de baja calidad, que trabaja lenta e irregularmente, masas frías, harina demasiado fuerte para los procesos cortos, de modo que la masa es dura y no cederá a la presión. (Charley, 1988)

Distribución irregular de los ingredientes en la masa

Particularmente de grasa, sal y levadura; probablemente provocada por un tiempo insuficiente de amasado. La absorción incorrecta del agua puede ser también un factor responsable, sobre todo en el moldeo a mano o, en el caso de pan de molde, con el moldeo a máquina.

Mal manejo de la masa en el horneado

Mala colocación del pan en el horno

Demasiado calor en el horno, producirá ampollas en las partes superiores de las piezas.
(Charley, 1988)

* Volumen

Depende principalmente de la calidad de la harina, pero mediante la manipulación adecuada se puede aumentar el volumen en una harina determinada. La harina procedente de un trigo determinado producirá piezas con un volumen característico que depende de la cantidad y calidad del gluten y de la cantidad de azúcar presente.

La falta de volumen puede ser producida por: Masas duras, exceso de sal, falta de maduración, harina floja, harina vieja, levadura que ha sufrido un aumento de temperatura, harina recientemente molturada, insuficiencia de maduración final, masas frías, excesivo trabajo mecánico, división de la masa con tiempo inadecuado de recuperación, horno demasiado caliente, falta de vapor en el horno.

El exceso de volumen puede ser causado por: Fermentación conjunta excesiva, maduración final excesiva, sal insuficiente con harina fuerte bien fermentada, moldeo suelto, horno frío, masas blandas con alto contenido en levadura. (Benion & al, 1971)

* Hueco en la base del pan

Cuando la cocción se hace en hornos rotativos el suelo de los panes se hunde debido a que el calor no ha penetrado lo suficiente a causa de la bandeja.

También en barras de menor tamaño es frecuente que en la cocción de los hornos rotativos el suelo se hunda siendo además, de color más claro. El problema puede agravarse a medida que el tamaño de las piezas aumenta y también cuando la distancia entre bandeja y bandeja es más pequeña ya que impide la circulación del aire caliente entre ellas.

Cámara de fermentación tradicional

En este sistema de fermentar se emplea solamente calor y humedad, la temperatura que habitualmente se ha estado aplicando es de entre 28-32° C, y la humedad de entre 70% y 85%.

La rapidez con la que algunos panaderos desean la fermentación obliga a elevar estas temperaturas y humedades.

En la fermentación del pan, al igual que en la del vino, la temperatura y el tiempo van a tener consecuencias positivas o negativas, dependiendo de las condiciones en que se lleve a cabo esa fermentación.

En el caso particular de la fermentación panaria, cuando la temperatura sobrepasa los 28° C la producción de ácido láctico y butírico es proporcional a medida que aumenta la temperatura. También, las reacciones enzimáticas que se producen en la masa son más activas a altas temperaturas; todo ello provoca que a partir de esta temperatura la masa se desarrolle más débil y el impulso del pan en el horno sea exagerado, obteniéndose panes de sabor insípido y con baja conservabilidad. Sin embargo, si la fermentación se lleva a cabo a más baja temperatura (26°C), la formación de ácido láctico y butírico es menor, esto conlleva que el pan fermente más lentamente pero a su vez con más cuerpo, las enzimas al ser menos activas no producen tanto volumen y el sabor del pan es más sabroso.

A muchos panaderos les gustaría obtener panes de miga consistente y de corteza gruesa. Para que esto se pueda conseguir es indispensable reducir al mínimo la levadura y prolongar el tiempo de fermentación. Por otro lado, hay panaderos que tienen una cámara de bolsas pequeña, lo cual obliga a aumentar la cantidad de levadura para, de esta forma, obtener una fuerza de masa adecuada. Sin embargo, aquellos otros que sí tienen una cámara suficientemente grande o que permite parar la cámara una vez dividida la masa, pueden equilibrar la fuerza de ésta en relación a la cantidad de levadura. Por todo ello, será pues el panadero quien deba encontrar la fórmula más adecuada o buscar una combinación intermedia pero, no obstante, es más positivo añadir más levadura y reducir la temperatura que viceversa.

En cuanto a la humedad de la cámara, ésta ha de estar relacionada con la temperatura. Así, en temperaturas altas (> 30° C) la humedad ha de ser > 75% pero a 26° C, prácticamente no hace falta forzar la humedad, ya que la que desprende la masa será suficiente para mantenerla en un ambiente suficientemente húmedo que permita que la masa no se deshidrate.

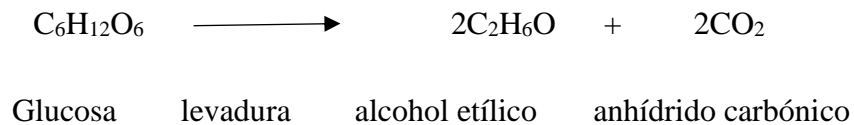
Los problemas más frecuentes derivados de la fermentación tradicional los podemos resumir de la siguiente forma:

- Temperatura alta de fermentación ($> 30^{\circ}\text{C}$):
 - Desecación si no se compensa con humedad.
 - Actividad elevada.
 - Fermentación corta.
 - Panes insípidos.
 - Panes voluminosos de corteza fina y agrietada.
- Temperatura baja de fermentación ($< 26^{\circ}\text{C}$):
 - Falta de fuerza.
 - Panes caídos.
 - Fermentación lenta.
- Exceso de humedad ($> 75\%$):
 - Masa caída.
 - Desprendimiento de corteza.
 - Color de la corteza rojizo.
 - Panes que se pegan a la bandeja.
- Poca humedad ($< 65\%$):
 - Desecación.
 - Corteza más pálida.
 - Cortes desgarrados.

La levadura biológica de panadería, en cualquiera de sus formas de comercialización (prensada, crema o seca) tiene una bajísima actividad por debajo de 4°C , su máxima plenitud es cuando se encuentra a 38°C , temperatura ésta última nada aconsejable, pues si bien es cuando más rápidamente desprende CO_2 , es también la temperatura óptima para las fermentaciones lácticas y butíricas.

Durante el amasado de harinas panificables se produce una interacción entre las proteínas no solubles, lípidos y almidón, que da lugar a efectos beneficiosos sobre el volumen y la textura del pan.

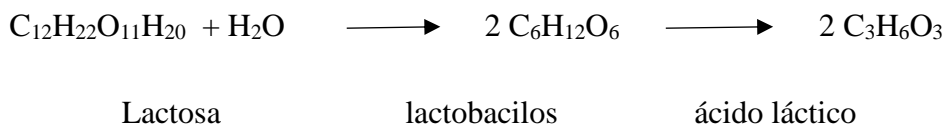
Como ya se indicó, la fermentación propiamente dicha ocasiona la producción de alcohol etílico y anhídrido carbónico. La transformación obedece a la siguiente reacción química:



Además de este proceso, que se denomina fermentación etílica, se conoce la existencia de otros tres procesos que se originan bien sea directamente del azúcar fermentable o bien de los productos de otras fermentaciones. Tales son las fermentaciones láctica, butírica y acética (Tejero, 1992).

Fermentación láctica

Se trata de un proceso mediante el cual la lactosa, una vez hidrolizada a monosacáridos, se transforma en ácido láctico. La reacción es la siguiente:

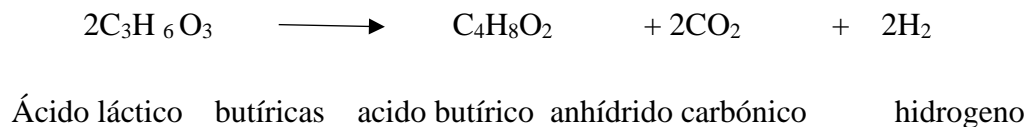


Los lactobacilos existen en la harina, aunque también se pueden encontrar en la levadura prensada en pequeño número, posibilitando en este caso su acceso a la masa.

Actúan débilmente a la temperatura normal de fermentación de la masa, requiriéndose unos 35°C para ejercer su actividad plenamente (Tejero, 1992).

Fermentación butírica

Se produce tras la aparición del ácido láctico en las masas. Diversas bacterias actúan sobre el ácido láctico transformándolo en butírico y produciéndose el desprendimiento de anhídrido carbónico e hidrogeno. La ecuación es:



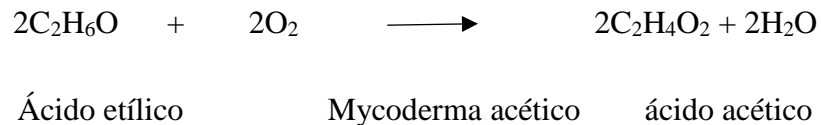
Estas bacterias no deben ser fuente de problemas, ya que su mayor actividad se realiza a temperaturas superiores a los 30°C solo en el supuesto de que la temperatura de la masa

se eleve por encima de los 32°C es posible que se produzca una ligera fermentación butírica con el consiguiente efecto indeseable sobre el sabor del pan (Tejero, 1992)

Fermentación acética

A través de esta fermentación se forma una pequeña cantidad de ácido acético en la masa mediante la actuación de diferentes organismos, especialmente el *Mycoderma acético*, sobre el alcohol etílico producido en la fermentación etílica.

La ecuación química es:



Actualmente, debido a los procesos de fermentación rápido, no hay tiempo suficiente para la formación de los ácidos que originan la acidez necesaria para otorgar al pan un buen aroma y sabor. Es la masa madre la que se encarga de aportar la suficiente acidez para que garantice una mayor conservación del pan, el aroma y el sabor.

No es conveniente que el pan tenga demasiada acidez; de aquí la necesidad de conservar adecuadamente las masas madres y de no aumentar la temperatura de la cámara de fermentación por encima de 30°C evitando de esta forma que se produzca en exceso cualquier fermentación de las anteriormente citadas (Tejero, 1992).

A 55°. C la levadura muere, es importante conocer este último dato ya que en algunas ocasiones, cuando a la masa se le incorpora en invierno agua caliente para controlar su temperatura, si la masa entra en contacto con la levadura no se producirá acción fermentativa por muerte de la célula

Metodología

Las mediciones de temperatura y humedad se tomaron cada media hora tomando el tiempo de estadía, temperatura de la masa antes y después de salir de la cámara de fermentación para cada producto.



FUENTE:<http://www.hannainst.es/catalogo-por-aplicaciones/laboratorio/laboratorio/higrometros/higrometro-con-punto-de-rocio-hi-9565>

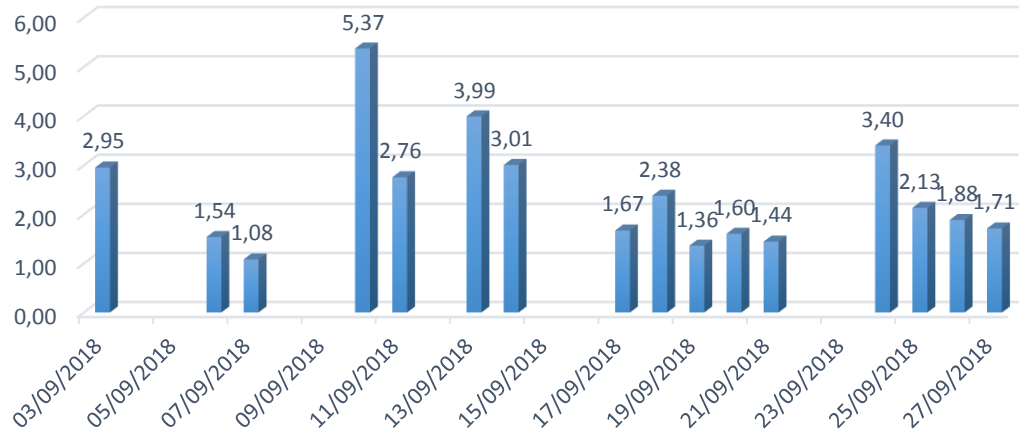
Además se realizó un estudio estadístico del porcentaje de merma del mes de septiembre con el cual se realizó gráficos estadísticos de temperatura versus porcentaje de merma

Resultados

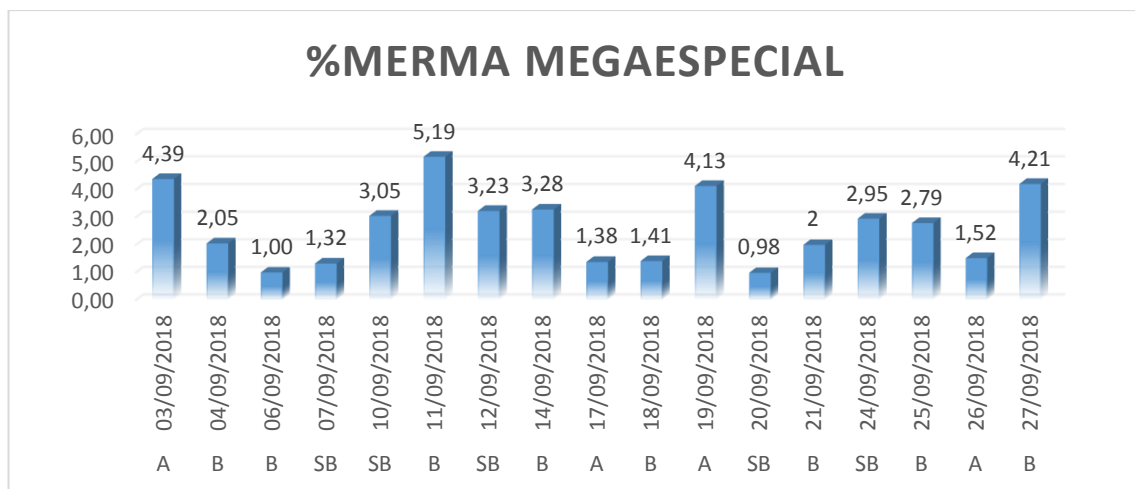
Análisis estadístico de % merma por producto mes de septiembre

MEGABURGER					
fecha	% merma	unidad	merma	siclaf	total
03/09/2018	2,95	2960	97	226	3283
06/09/2018	1,54	1560	30	360	1950
07/09/2018	1,08	1560	21	360	1941
10/09/2018	5,37	3060	188	252	3500
11/09/2018	2,76	1750	53	120	1923
13/09/2018	3,99	2730	119	132	2981
14/09/2018	3,01	1320	45	132	1497
17/09/2018	1,67	2670	49	216	2935
18/09/2018	2,38	2230	57	108	2395
19/09/2018	1,36	3190	47	216	3453
20/09/2018	1,60	920	15	0	935
21/09/2018	1,44	2790	43	144	2977
24/09/2018	3,40	2960	114	276	3350
25/09/2018	2,13	2700	63	192	2955
26/09/2018	1,88	2700	59	372	3131
27/09/2018	1,71	2220	42	192	2454

% merma de mega burger

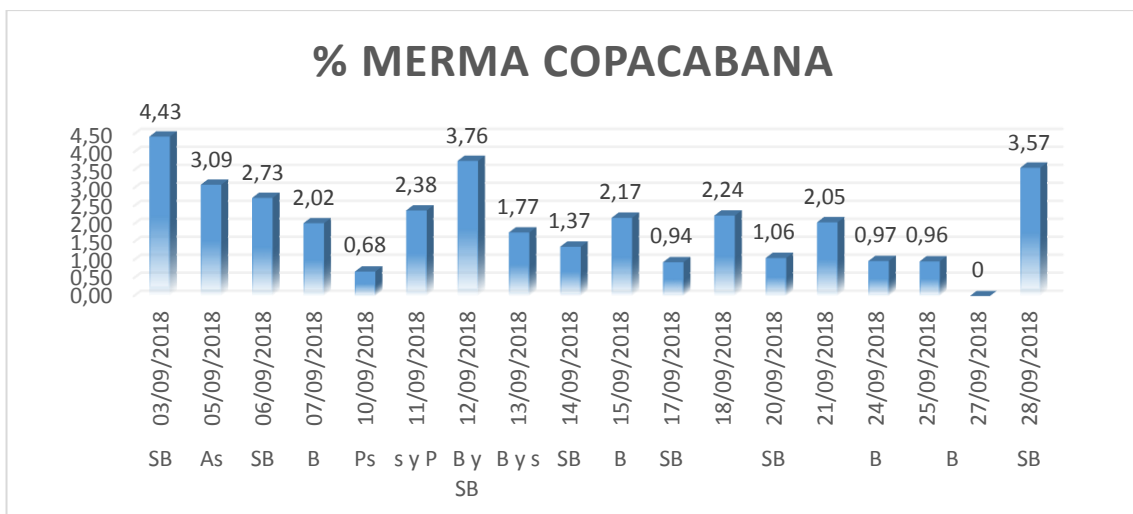


defecto	fecha	MEGA ESPECIAL		merma	siclaf	total
		% merma	unidades			
arrugados	03/09/2018	4,39	1350	68	132	1550
blancos	04/09/2018	2,05	1790	42	216	2048
blancos	06/09/2018	1,00	400	5	96	501
sin base	07/09/2018	1,32	1470	21	96	1587
sin base	10/09/2018	3,05	1840	62	132	2034
blancos	11/09/2018	5,19	2010	114	72	2196
sin base	12/09/2018	3,23	2290	82	168	2540
blancos	14/09/2018	3,28	930	36	132	1098
arrugados	17/09/2018	1,38	1370	22	204	1596
blancos	18/09/2018	1,41	940	15	108	1063
arrugados	19/09/2018	4,13	440	20	24	484
sin base	20/09/2018	0,98	2420	25	96	2541
blancos	21/09/2018	2	980	20	0	1000
sin base	24/09/2018	2,95	2490	80	144	2714
blanco	25/09/2018	2,79	1900	59	156	2115
arrugados	26/09/2018	1,52	560	9	24	593
blancos	27/09/2018	4,21	930	44	72	1046



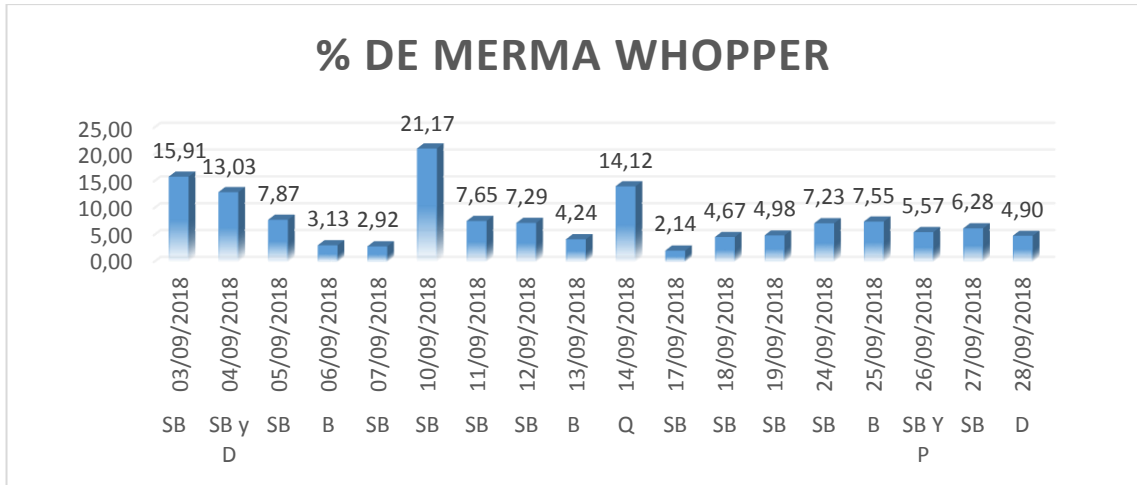
SB= Sin base B= blanco A=arrugado

COPACABANA						
defecto	fecha	% merma	unidad	merma	siclaf	total
Sin base	03/09/2018	4,43	1695	87	180	1962
arrugados	05/09/2018	3,09	465	16	36	517
Sin base	06/09/2018	2,73	2755	83	204	3042
blanco	07/09/2018	2,02	2700	60	204	2964
planos	10/09/2018	0,68	1465	10	0	1475
sucio y plano	11/09/2018	2,38	990	25	36	1051
blanco y sin base	12/09/2018	3,76	1395	61	168	1624
blanco y sucio	13/09/2018	1,77	2450	46	108	2604
Sin base	14/09/2018	1,37	2520	37	144	2701
blanco	15/09/2018	2,17	45	1	0	46
Sin base	17/09/2018	0,94	1500	15	84	1599
Sin base	18/09/2018	2,24	1860	45	108	2013
Sin base	20/09/2018	1,01	2340	25	108	2365
Sin base	21/09/2018	2,05	3823	80	168	3903
blanco	24/09/2018	0,97	970	10	48	1028
blanco	25/09/2018	0,96	1005	10	24	1039
Sin merma	27/09/2018	0	3180	0	1	3181
Sin base	28/09/2018	3,57	2710	110	264	3084



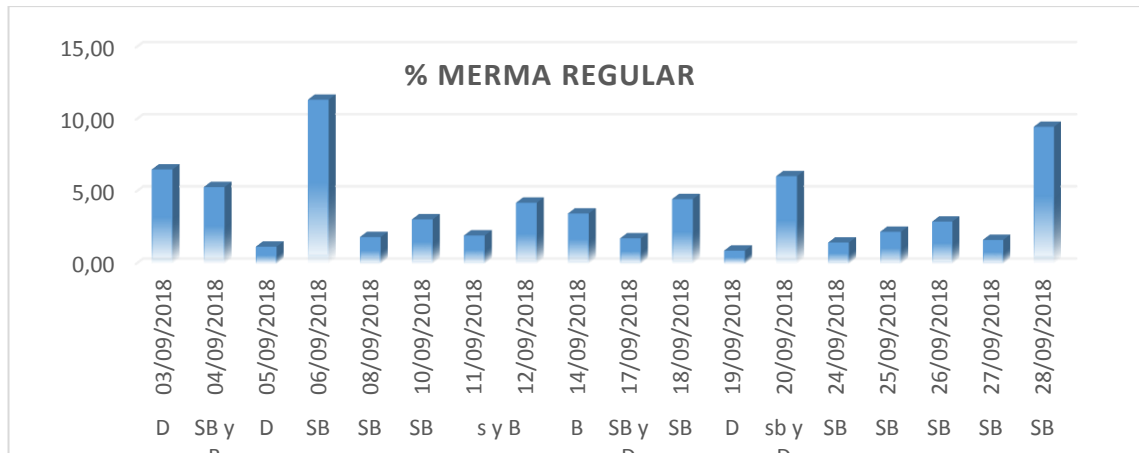
SB= Sin base B= blanco A=arrugado s=sucio

WHOPPER						
	fecha	% merma	unidad	merma	FIERA	total
Sin base	03/09/2018	15,91	800	157	30	987
sin base y dorados	04/09/2018	13,03	1290	209	105	1604
sin base	05/09/2018	7,87	585	50	0	635
blanco	06/09/2018	3,13	915	31	45	991
sin base	07/09/2018	2,92	665	20	0	685
sin base	10/09/2018	21,17	670	192	45	907
sin base	11/09/2018	7,65	1485	128	60	1673
sin base	12/09/2018	7,29	890	70	0	960
blanco	13/09/2018	4,24	925	41	0	966
quemado	14/09/2018	14,12	1048	192	120	1360
sin base	17/09/2018	2,14	1815	41	60	1916
sin base	18/09/2018	4,67	2140	107	45	2292
sin base	19/09/2018	4,98	1240	65	0	1305
sin base	24/09/2018	7,23	1485	118	30	1633
blanco	25/09/2018	7,55	930	76	0	1006
sin base y plano	26/09/2018	5,57	855	54	60	969
sin base	27/09/2018	6,28	925	64	30	1019
dorados	28/09/2018	4,90	295	17	35	347



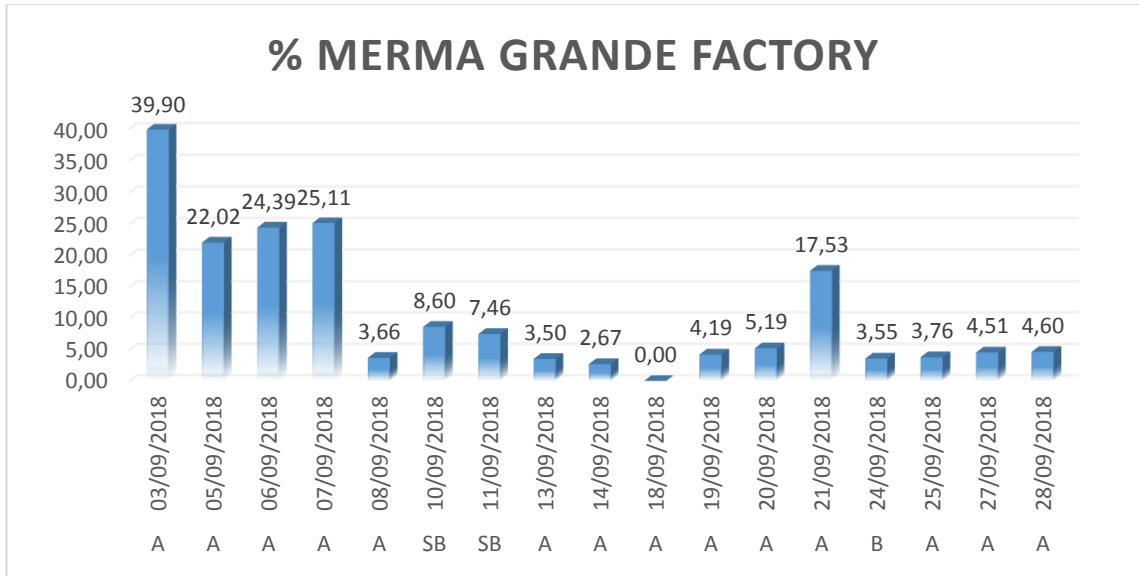
SB= Sin base B= blanco Q= quemado D= dorado P=plano

REGULAR						
defecto	fecha	% merma	unidad	merma	siclaf	total
dorados	03/09/2018	6,54	440	35	60	535
sin base y blancos	04/09/2018	5,32	4470	270	336	5076
dorados	05/09/2018	1,19	2310	30	180	2520
sin base	06/09/2018	11,37	840	117	72	1029
sin base	08/09/2018	1,86	900	20	156	1076
sin base	10/09/2018	3,09	2690	91	168	2949
sucio y blanco	11/09/2018	1,97	450	10	48	508
sin base	12/09/2018	4,23	3270	152	168	3590
blanco	14/09/2018	3,49	2400	89	60	2549
sin base y dorados	17/09/2018	1,77	3390	68	381	3839
sin base	18/09/2018	4,49	2310	117	180	2607
dorados	19/09/2018	0,92	1005	10	72	1087
sin base y dorados	20/09/2018	6,08	2340	170	288	2798
sin base	24/09/2018	1,48	2850	45	144	3039
sin base	25/09/2018	2,22	1860	45	120	2025
sin base	26/09/2018	2,93	3150	98	96	3344
sin base	27/09/2018	1,66	2012	34	0	2046
sin base	28/09/2018	9,50	1575	192	255	2022



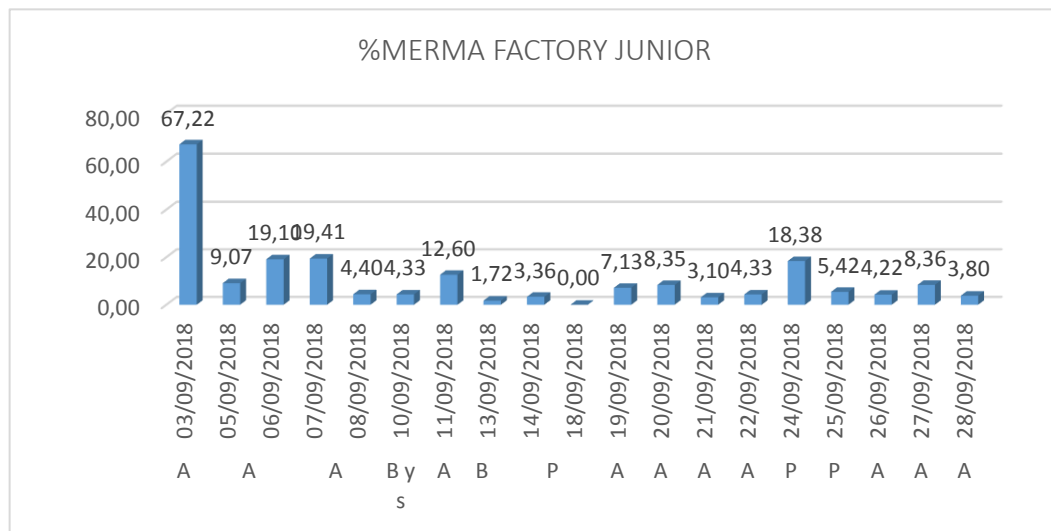
SB= Sin base B= blanco Q= quemado D= dorado

GRANDE FACTORY					
	fecha	% merma	unidad	merma	total
ampollados	03/09/2018	39,90	586	389	975
ampollados	05/09/2018	22,02	549	155	704
ampollados	06/09/2018	24,39	1305	421	1726
ampollados	07/09/2018	25,11	1038	348	1386
ampollados	08/09/2018	3,66	184	7	191
sin base	10/09/2018	8,60	946	89	1035
sin base	11/09/2018	7,46	310	25	335
ampollados	13/09/2018	3,50	1518	55	1573
ampollados	14/09/2018	2,67	1422	39	1461
ampollados	18/09/2018	0,00	636	0	636
ampollados	19/09/2018	4,19	1029	45	1074
ampollados	20/09/2018	5,19	1241	68	1309
ampollados	21/09/2018	17,53	654	139	793
blanco	24/09/2018	3,55	1306	48	1354
ampollados	25/09/2018	3,76	640	25	665
ampollados	27/09/2018	4,51	932	44	976
ampollados	28/09/2018	4,60	1119	54	1173



A = ampollado SB= sin base B = blanco

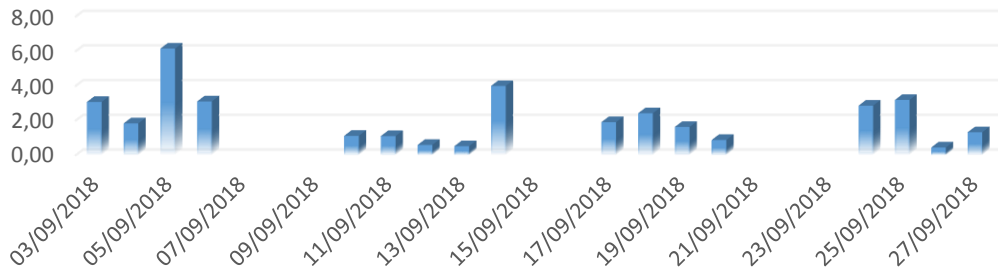
FACTORY JUNIOR					
defecto	fecha	% merma	unidad	merma	Total
ampollados	03/09/2018	67,22	196	402	598
ampollados	05/09/2018	9,07	1002	100	1102
planos	06/09/2018	19,10	1317	311	1628
ampollados	07/09/2018	19,41	760	183	943
ampollados	08/09/2018	4,40	456	21	477
blanco y sucio	10/09/2018	4,33	1104	50	1154
ampollados	11/09/2018	12,60	555	80	635
blanco	13/09/2018	1,72	1716	30	1746
planos	14/09/2018	3,36	576	20	596
blanco	18/09/2018	0,00	560	0	560
ampollados	19/09/2018	7,13	1134	87	1221
ampollados	20/09/2018	8,35	582	53	635
ampollados	21/09/2018	3,10	594	19	613
ampollados	22/09/2018	4,33	552	25	577
planos	24/09/2018	18,38	786	177	963
planos	25/09/2018	5,42	558	32	590
ampollados	26/09/2018	4,22	568	25	593
ampollados	27/09/2018	8,36	1041	95	1136
ampollados	28/09/2018	3,80	1114	44	1158



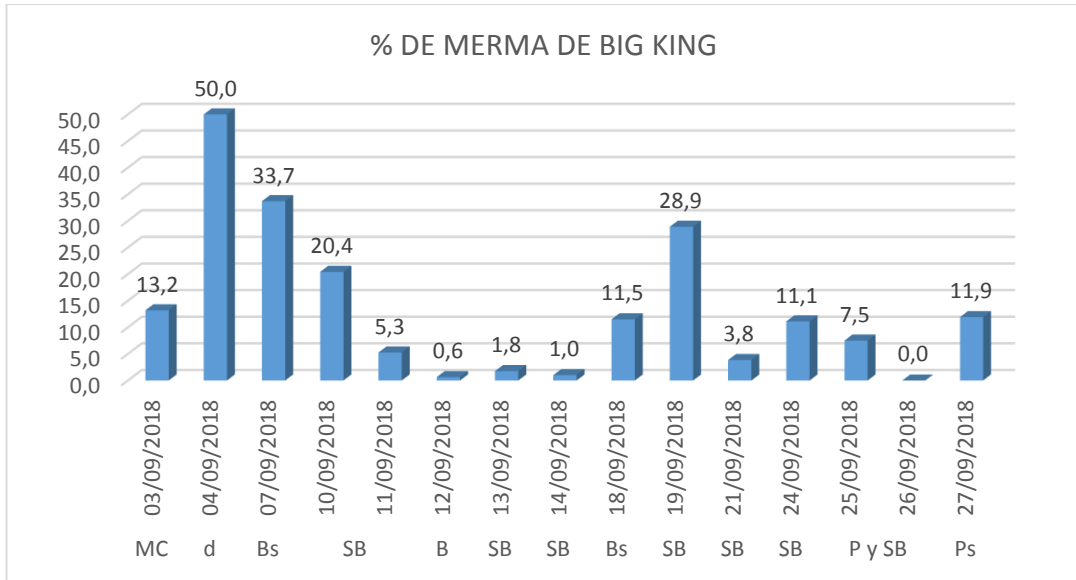
B= blanco A= ampollado P= planos

PAN KING				
fecha	% merma	unidad	merma	total
03/09/2018	3,06	1297	41	1338
04/09/2018	1,83	1771	33	1804
05/09/2018	6,14	993	65	1058
06/09/2018	3,09	1785	57	1842
10/09/2018	1,11	1338	15	1353
11/09/2018	1,10	902	10	912
12/09/2018	0,58	1360	8	1368
13/09/2018	0,51	1361	7	1368
14/09/2018	3,99	385	16	401
17/09/2018	1,90	1342	26	1368
18/09/2018	2,41	1300	55	2280
19/09/2018	1,62	1791	37	2280
20/09/2018	0,87	456	4	459
24/09/2018	2,85	1326	39	1368
25/09/2018	3,18	854	29	883
26/09/2018	0,44	443	2	445
27/09/2018	1,32	450	6	456

% MERMA PAN KING

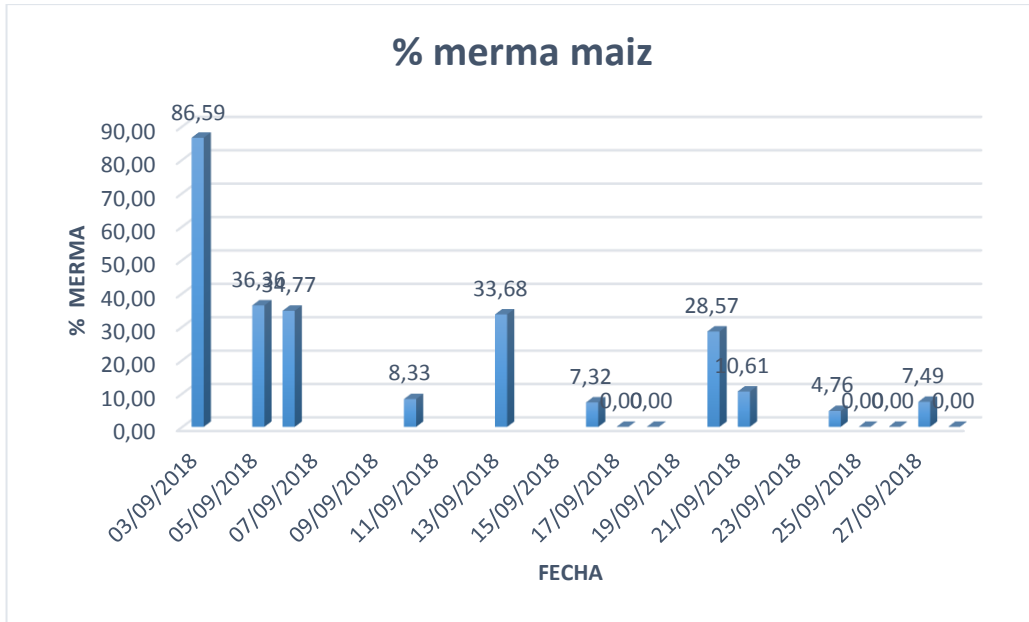


BIG KING					
defecto	fecha	% merma	unidad	merma	total
mal cortado	03/09/2018	13,2	79	12	91
deforme	04/09/2018	50,0	35	35	70
blancos	07/09/2018	33,7	120	61	181
sin base	10/09/2018	20,4	156	40	196
sin base	11/09/2018	5,3	90	5	95
blanco	12/09/2018	0,6	157	1	158
sin base	13/09/2018	1,8	167	3	170
sin base	14/09/2018	1,0	196	2	198
blancos	18/09/2018	11,5	77	10	87
sin base	19/09/2018	28,9	64	26	90
sin base	21/09/2018	3,8	50	2	52
sin base	24/09/2018	11,1	96	12	108
bajito y sin base	25/09/2018	7,5	74	6	80
Sin merma	26/09/2018	0,0	106	0	106
pequeños	27/09/2018	11,9	74	10	84
Sin merma	28/09/2018	0,0	57	0	57

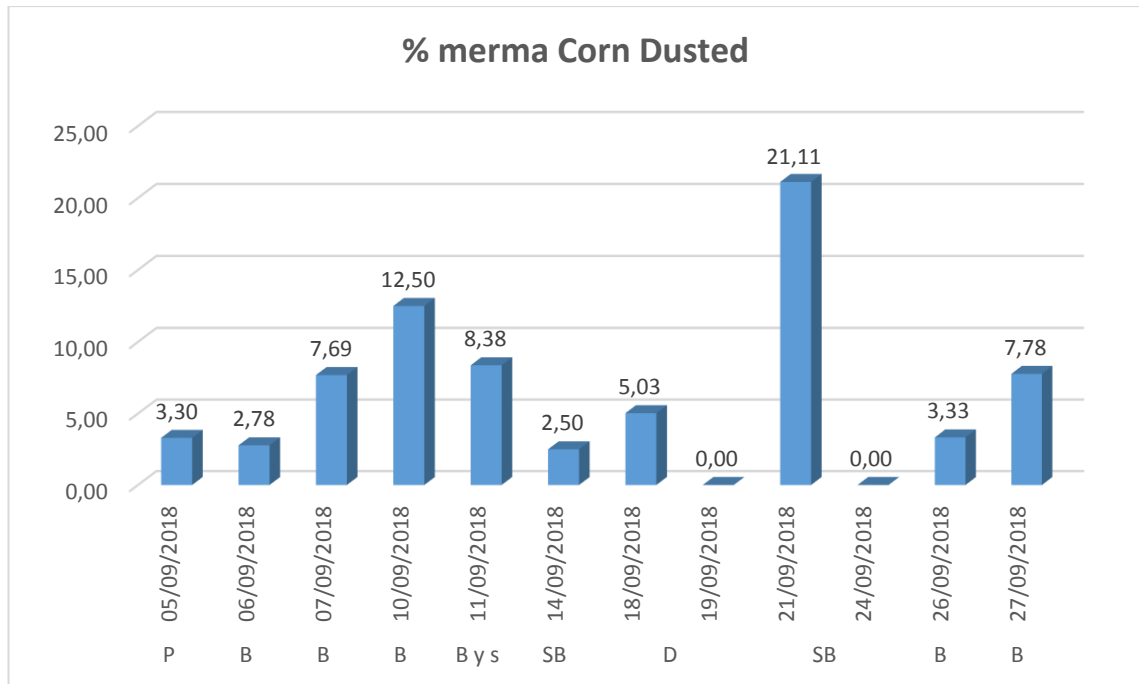


SB= Sin base B= blanco P=planos s = sucio MC= mal cortado

MAIZ FACTORY				
fecha	% merma	unidad	merma	total
03/09/2018	86,59	11	71	82
05/09/2018	36,36	21	12	33
06/09/2018	34,77	227	121	348
10/09/2018	8,33	55	5	60
13/09/2018	33,68	63	32	95
16/09/2018	7,32	76	6	82
17/09/2018	0,00	82	0	82
18/09/2018	0,00	58	0	58
20/09/2018	28,57	30	12	42
21/09/2018	10,61	177	21	198
24/09/2018	4,76	80	4	84
25/09/2018	0,00	24	0	24
26/09/2018	0,00	87	0	87
27/09/2018	7,49	173	14	187
28/09/2018	0,00	82	0	82

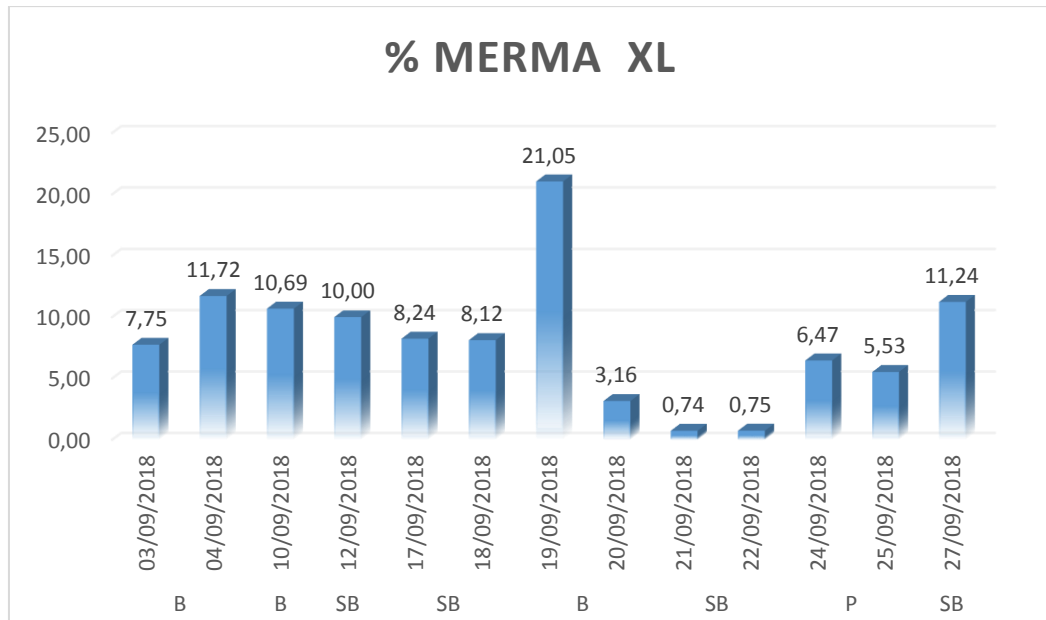


CORN DUSTED					
defecto	fecha	% merma	unidad	merma	total
planos	05/09/2018	3,30	88	3	91
blancos	06/09/2018	2,78	175	5	180
blancos	07/09/2018	7,69	60	5	65
blancos	10/09/2018	12,50	35	5	40
blancos y sucio	11/09/2018	8,38	175	16	191
sin base	14/09/2018	2,50	39	1	40
dorados	18/09/2018	5,03	170	9	179
blancos	19/09/2018	0,00	105	0	105
sin base	21/09/2018	21,11	71	19	90
Sin merma	24/09/2018	0,00	80	0	80
blancos	26/09/2018	3,33	87	3	90
blancos	27/09/2018	7,78	166	14	180



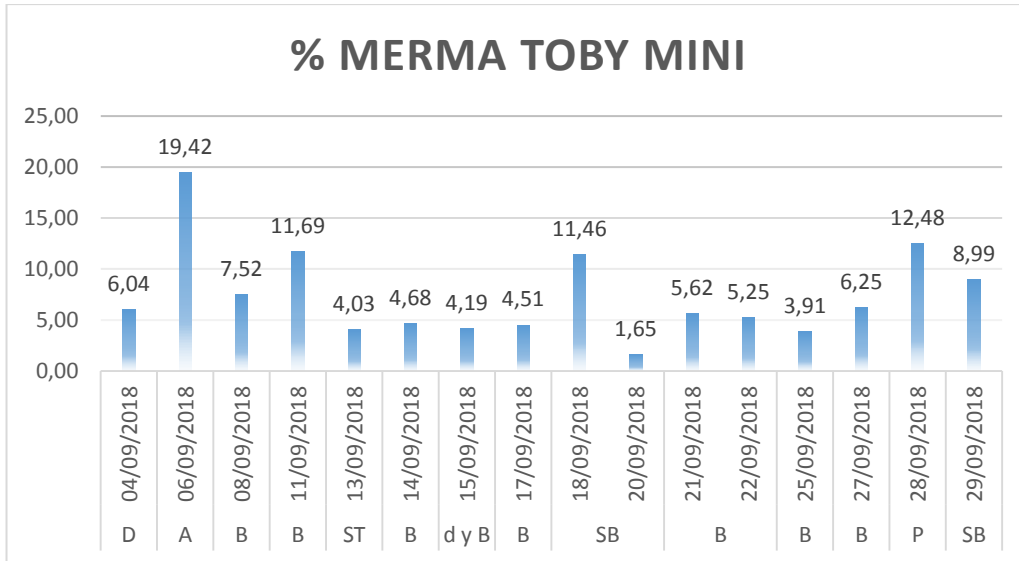
SB= Sin base B= blanco P = planos D= dorado

XL					
defecto	fecha	% merma	unidad	merma	total
blancos	03/09/2018	7,75	655	55	710
dorados	04/09/2018	11,72	595	79	674
blancos	10/09/2018	10,69	660	79	739
sin base	12/09/2018	10,00	612	68	680
sin base	17/09/2018	8,24	679	61	740
sin base	18/09/2018	8,12	690	61	751
blancos	19/09/2018	21,05	60	16	76
planos	20/09/2018	3,16	490	16	506
sin base	21/09/2018	0,74	675	5	680
blancos	22/09/2018	0,75	663	5	668
planos	24/09/2018	6,47	159	11	170
sin base	25/09/2018	5,53	188	11	199
sin base	27/09/2018	11,24	300	38	338



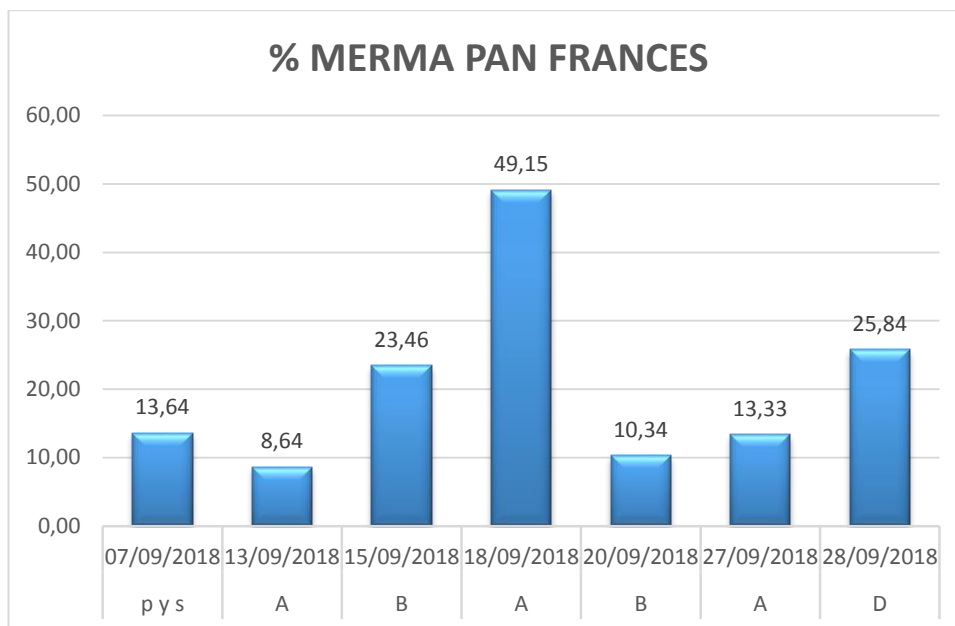
SB= Sin base B= blanco P=planos

TOBY MINI					
defecto	fecha	% merma	unidad	merma	total
dorados	04/09/2018	6,04	529	34	563
ampollados	06/09/2018	19,42	610	147	757
blanco	08/09/2018	7,52	1230	100	1330
blanco	11/09/2018	11,69	1488	197	1685
sin tapa	13/09/2018	4,03	1430	60	1490
blanco	14/09/2018	4,68	897	44	941
duros y blanco	15/09/2018	4,19	320	14	334
blanco	17/09/2018	4,51	445	21	466
sin base	18/09/2018	11,46	1430	185	1615
planos	20/09/2018	1,65	1195	20	1215
blanco	21/09/2018	5,62	470	28	498
sin base	22/09/2018	5,25	920	51	971
blanco	25/09/2018	3,91	1400	57	1457
blanco	27/09/2018	6,25	1290	86	1376
planos	28/09/2018	12,48	442	63	505
sin base	29/09/2018	8,99	820	81	901



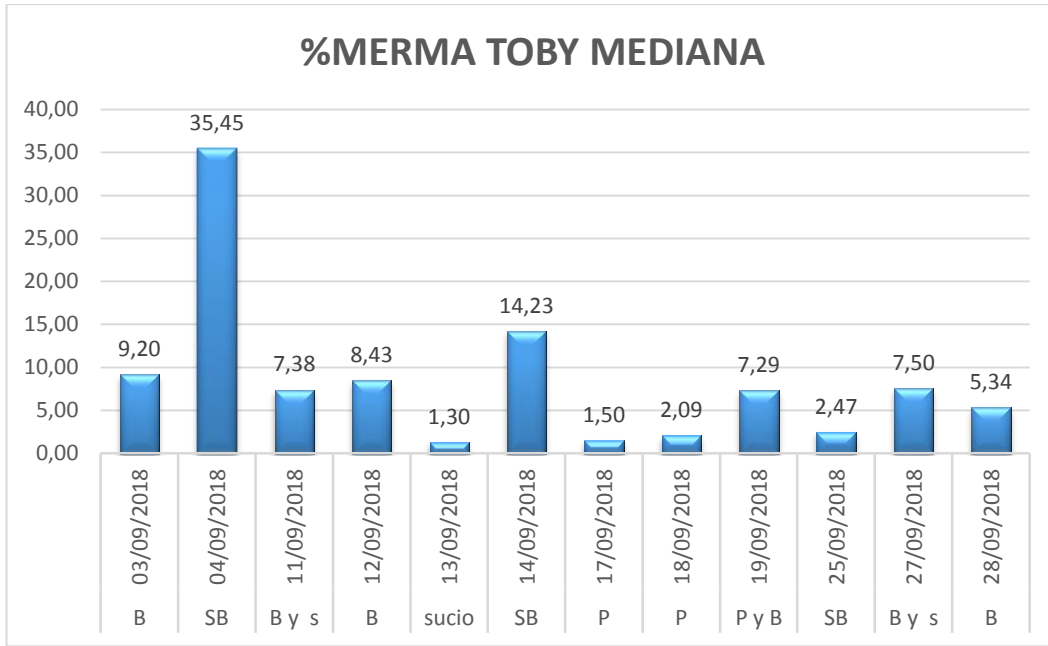
SB= Sin base B= blanco A= ampollado d= duro P= planos

PAN FRANCES					
defecto	fecha	% merma	unidad	merma	total
planos y sucio	07/09/2018	13,64	171	27	198
ampollados	13/09/2018	8,64	74	7	81
blancos	15/09/2018	23,46	137	42	179
ampollados	18/09/2018	49,15	30	29	59
blancos	20/09/2018	10,34	52	6	58
ampollados	27/09/2018	13,33	52	8	60
deformes	28/09/2018	25,84	155	54	209



s= sucio B= blanco A= ampollado D= dorado

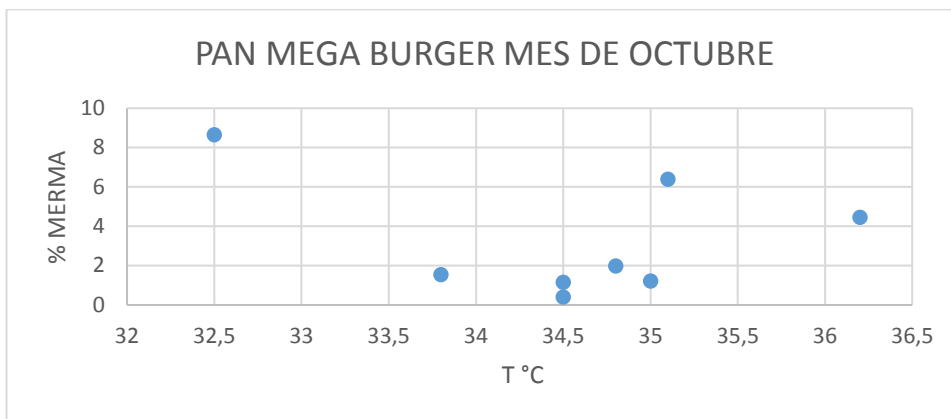
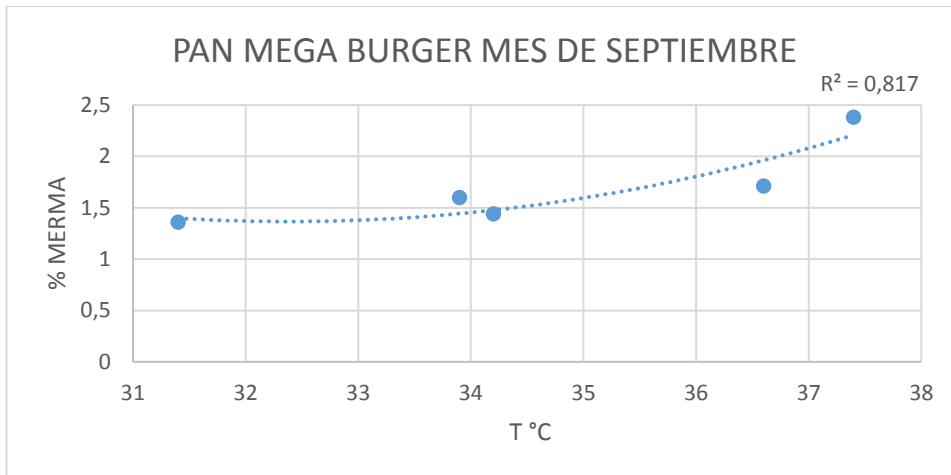
defecto	fecha	TOBY MEDIANA		merma	total
		% merma	unidad		
blancos	03/09/2018	9,20	760	77	837
sin base	04/09/2018	35,45	275	151	426
blanco y sucio	11/09/2018	7,38	540	43	583
blancos	12/09/2018	8,43	380	35	415
sucio	13/09/2018	1,30	380	5	385
sin base	14/09/2018	14,23	615	102	717
planos	17/09/2018	1,50	395	6	401
planos	18/09/2018	2,09	375	8	383
planos y blancos	19/09/2018	7,29	750	59	809
sin base	25/09/2018	2,47	435	11	446
blanco y sucio	27/09/2018	7,50	555	45	600
blancos	28/09/2018	5,34	390	22	412



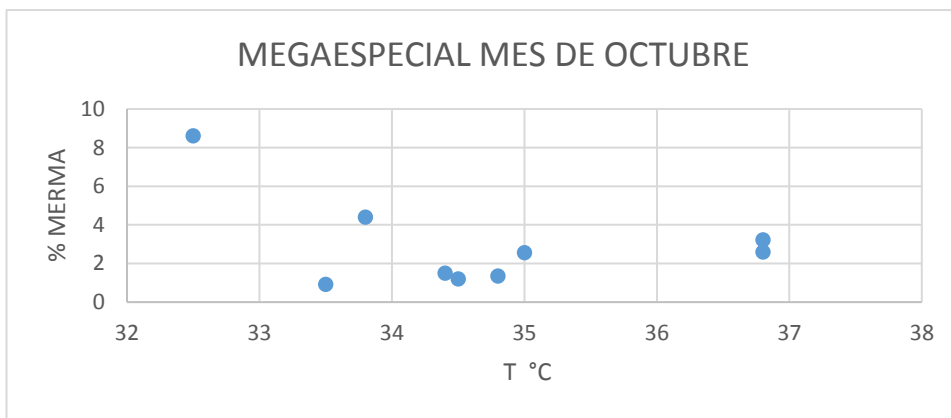
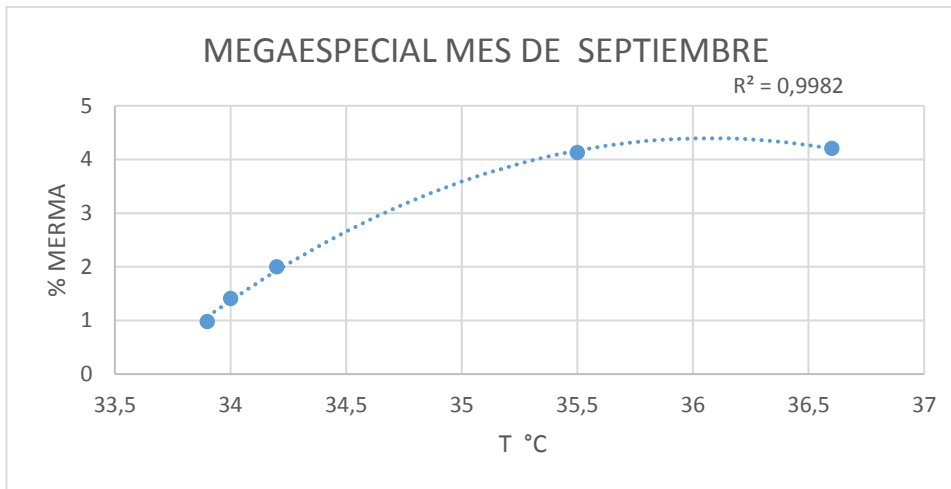
SB= Sin base B= blanco P= plano s= sucio

DATOS DE PORCENTAJE DE MERMA VERSUS TEMPERATURA POR PRODUCTO DEL MES DE SEPTIEMBRE OCTUBRE

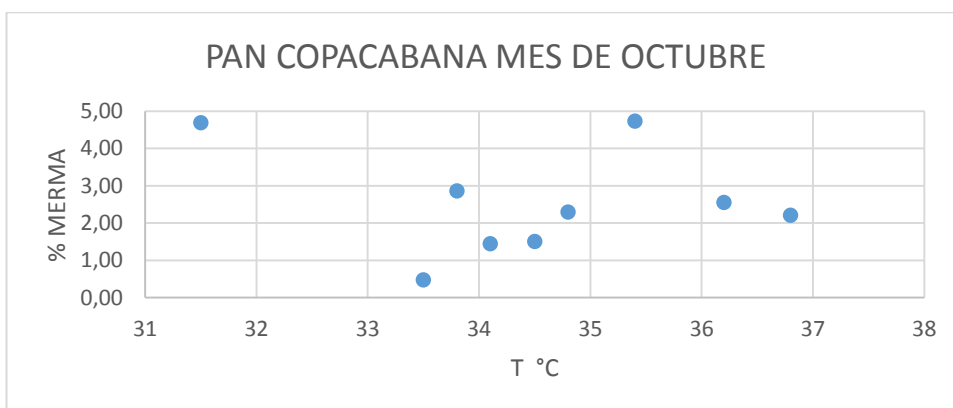
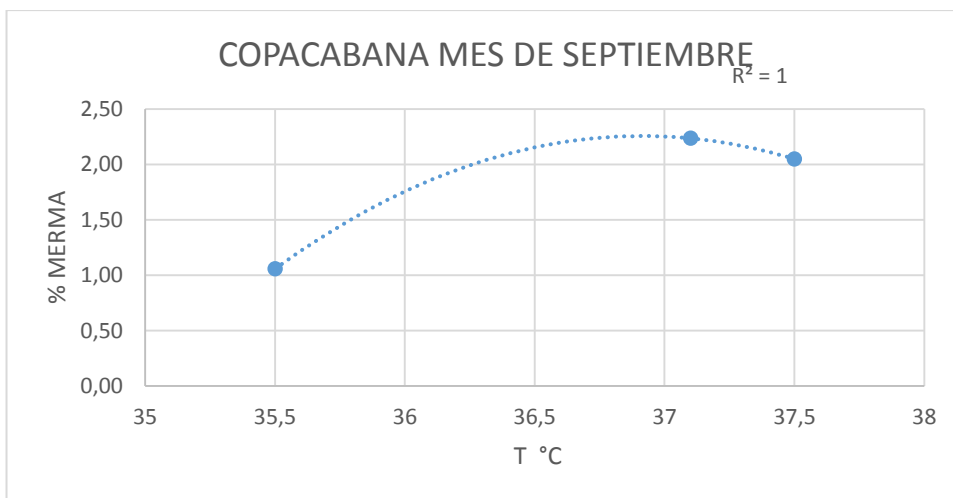
fecha	MEGA BURGER	
	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	37,4	2,38
19/09/2018	31,4	1,36
20/09/2018	33,9	1,6
21/09/2018	34,2	1,44
27/09/2018	36,6	1,71
03/10/2018	33,8	1,55
09/10/2018	36,2	4,46
12/10/2018	35	1,22
16/10/2018	34,8	1,99
17/10/2018	34,5	0,4
24/10/2018	32,5	8,65
26/10/2018	35,1	6,39
30/10/2018	34,5	1,16



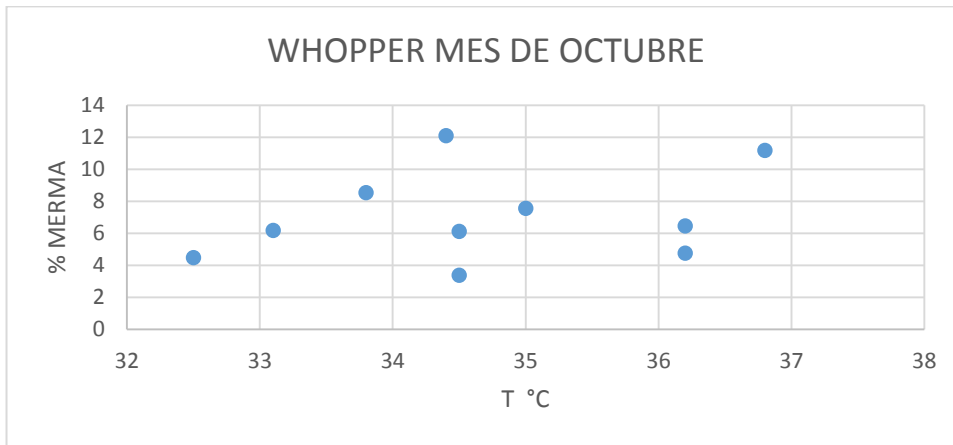
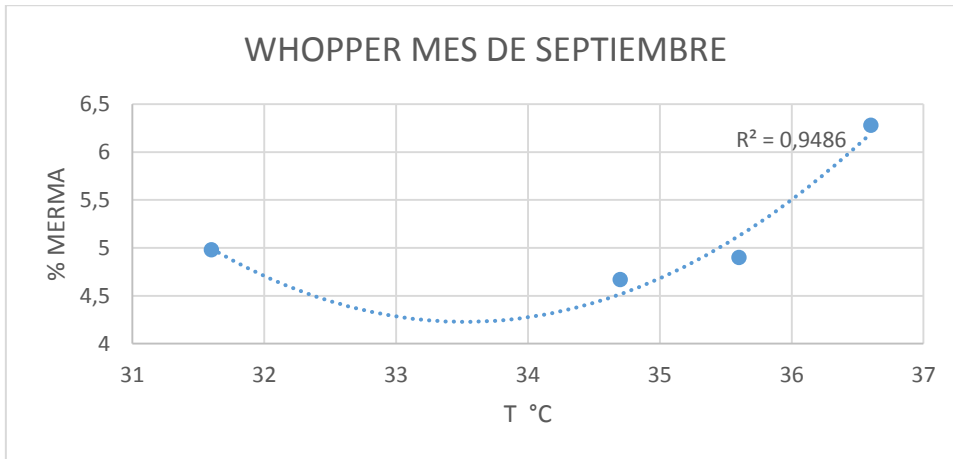
MEGAESPECIAL		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	34	1,41
19/09/2018	35,5	4,13
20/09/2018	33,9	0,98
21/09/2018	34,2	2
27/09/2018	36,6	4,21
03/10/2018	33,8	4,4
09/10/2018	36,8	3,23
12/10/2018	35	2,56
16/10/2018	34,8	1,36
17/10/2018	33,5	0,93
24/10/2018	32,5	8,62
25/10/2018	34,4	1,5
26/10/2018	36,8	2,6
30/10/2018	34,5	1,2



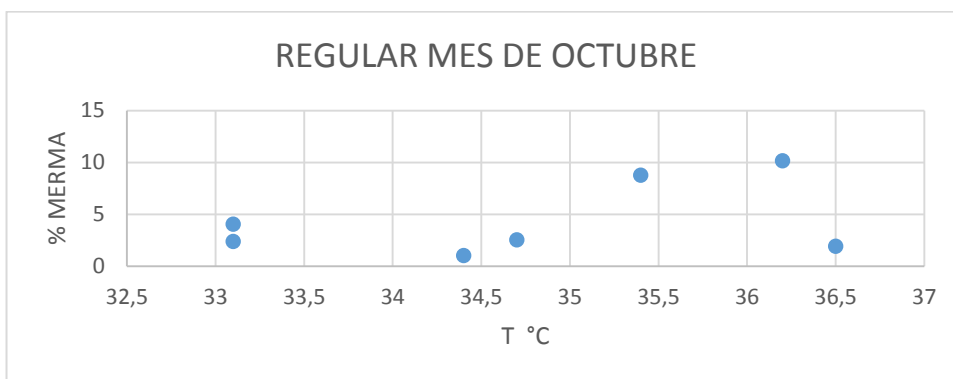
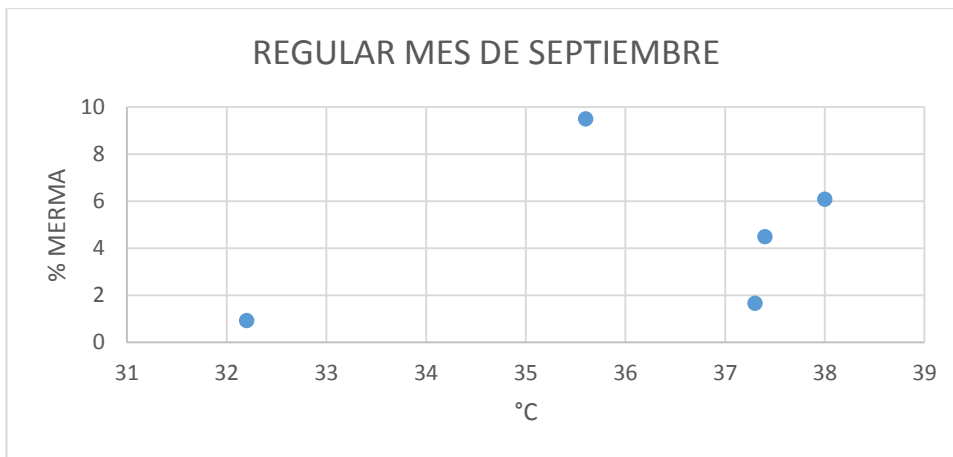
COPACABANA		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	37,1	2,24
20/09/2018	35,5	1,06
21/09/2018	37,5	2,05
03/10/2018	33,8	2,86
04/10/2018	34,5	1,51
09/10/2018	31,5	4,69
12/10/2018	35,4	4,73
16/10/2018	34,8	2,3
17/10/2018	33,5	0,48
25/10/2018	34,1	1,45
26/10/2018	36,8	2,21
30/10/2018	36,2	2,55



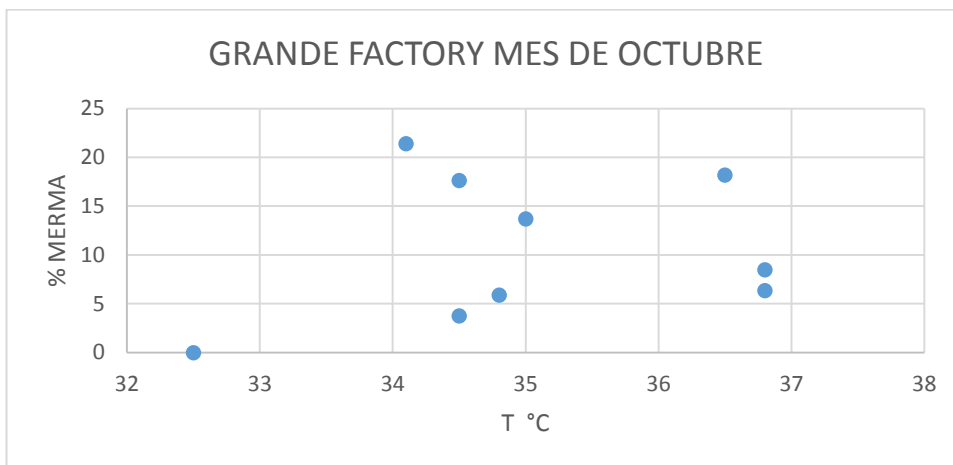
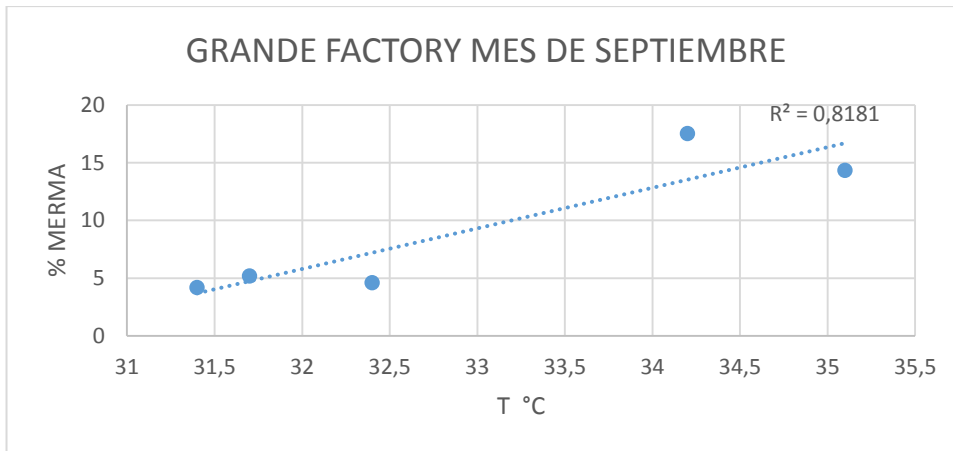
WHOPPER		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	34,7	4,67
19/09/2018	31,6	4,98
27/09/2018	36,6	6,28
28/09/2018	35,6	4,9
03/10/2018	33,8	8,54
04/10/2018	34,5	3,38
09/10/2018	36,2	4,77
12/10/2018	35	7,57
16/10/2018	33,1	6,18
17/10/2018	34,5	6,13
24/10/2018	32,5	4,48
25/10/2018	34,4	12,1
26/10/2018	36,8	11,18
30/10/2018	36,2	6,46



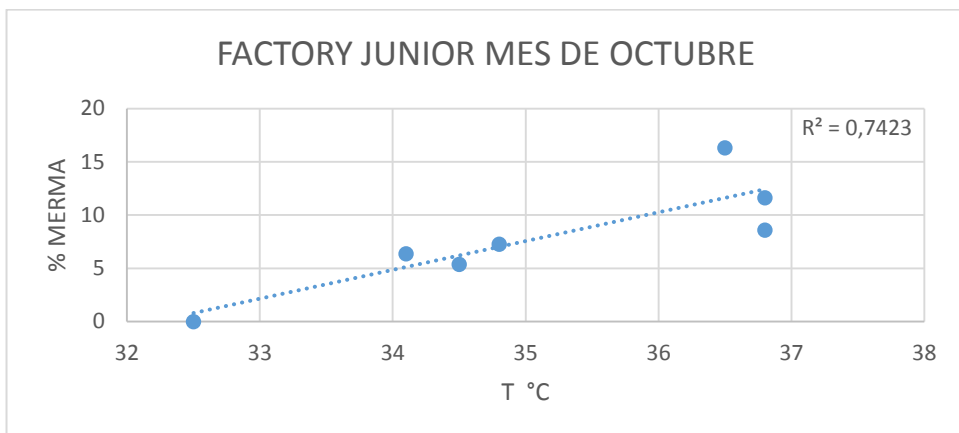
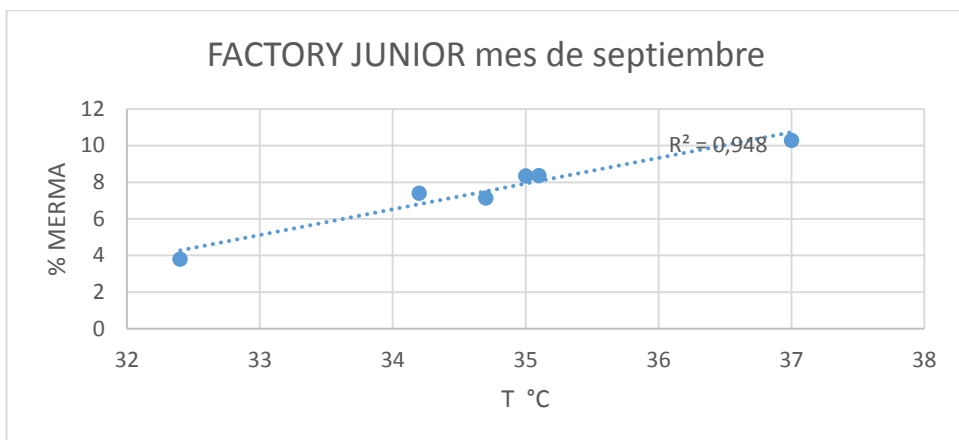
	REGULAR	
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	37,4	4,49
19/09/2018	32,2	0,92
20/09/2018	38	6,08
27/09/2018	37,3	1,66
28/09/2018	35,6	9,5
09/10/2018	33,1	4,06
12/10/2018	35,4	8,79
16/10/2018	33,1	2,41
17/10/2018	36,5	1,95
24/10/2018	34,7	2,55
25/10/2018	34,4	1,04
30/10/2018	36,2	10,17



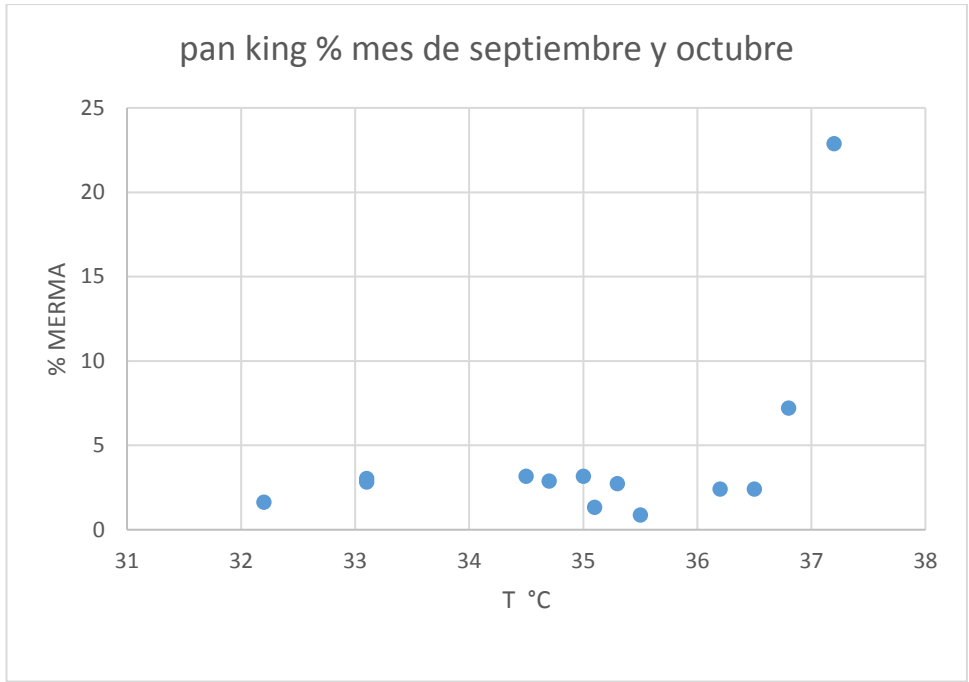
GRANDE FACTORY		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
19/09/2018	31,4	4,19
20/09/2018	31,7	5,19
21/09/2018	34,2	17,53
27/09/2018	35,1	14,34
28/09/2018	32,4	4,6
04/10/2018	34,5	17,65
09/10/2018	36,8	6,36
12/10/2018	35	13,69
16/10/2018	34,8	5,91
17/10/2018	34,5	3,77
24/10/2018	32,5	0
25/10/2018	34,1	21,41
26/10/2018	36,8	8,5
30/10/2018	36,5	18,21



FACTORY JUNIOR		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
19/09/2018	34,7	7,13
20/09/2018	35	8,35
21/09/2018	34,2	7,4
22/09/2018	37	10,28
27/09/2018	35,1	8,36
28/09/2018	32,4	3,8
09/10/2018	36,8	11,63
16/10/2018	34,8	7,28
17/10/2018	34,5	5,39
24/10/2018	32,5	0
25/10/2018	34,1	6,37
26/10/2018	36,8	8,6
30/10/2018	36,5	16,33

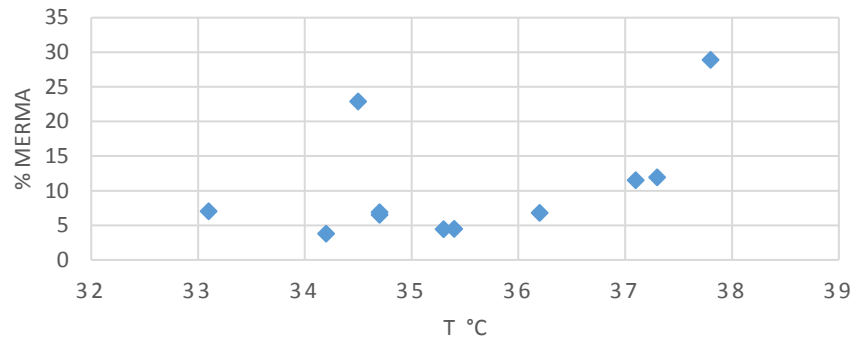


PAN KING		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	36,5	2,41
19/09/2018	32,2	1,62
20/09/2018	35,5	0,87
27/09/2018	35,1	1,32
04/10/2018	33,1	2,82
09/10/2018	36,2	2,4
12/10/2018	35	3,17
16/10/2018	33,1	3,04
17/10/2018	34,5	3,16
24/10/2018	34,7	2,89
25/10/2018	35,3	2,73
26/10/2018	36,8	7,21
30/10/2018	37,2	22,87



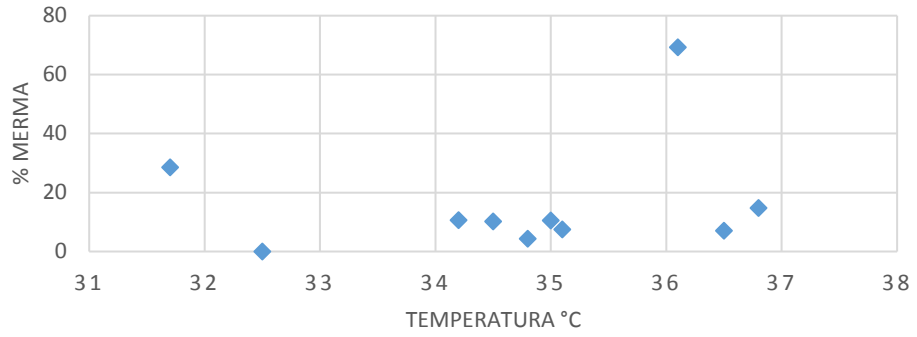
BIG KING		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	37,1	11,5
19/09/2018	37,8	28,9
21/09/2018	34,2	3,8
27/09/2018	37,3	11,9
09/10/2018	36,2	6,79
12/10/2018	35,4	4,49
16/10/2018	33,1	7,02
17/10/2018	34,5	22,9
24/10/2018	34,7	6,88
25/10/2018	35,3	4,41
26/10/2018	34,7	6,49

BIG KING MES DE SEPTIEMBRE Y OCTUBRE



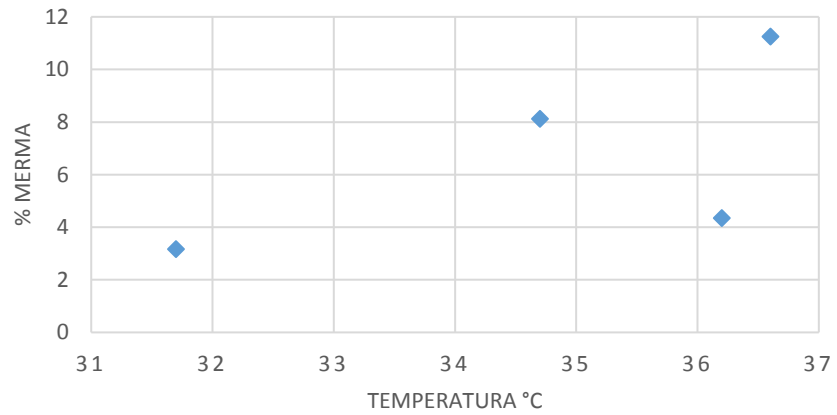
MAIZ		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
20/09/2018	31,7	28,57
21/09/2018	34,2	10,61
27/09/2018	35,1	7,49
12/10/2018	35	10,53
16/10/2018	34,8	4,35
17/10/2018	34,5	10,18
24/10/2018	32,5	0
25/10/2018	34,1	69,3
26/10/2018	36,8	14,71
30/10/2018	36,5	7,03

MAIZ FACTORY MES DE SEPTIEMBRE Y OCTUBRE

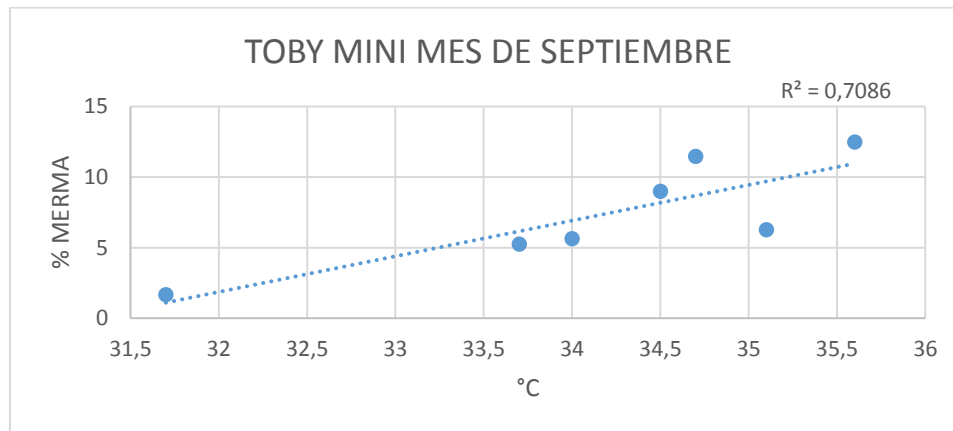


	XL		
fecha	temperatura cámara °C	de	% merma
18/09/2018	34,7		8,12
20/09/2018	31,7		3,16
27/09/2018	36,6		11,24
09/10/2018	36,2		4,34

XL MES DE SEPTIEMBRE

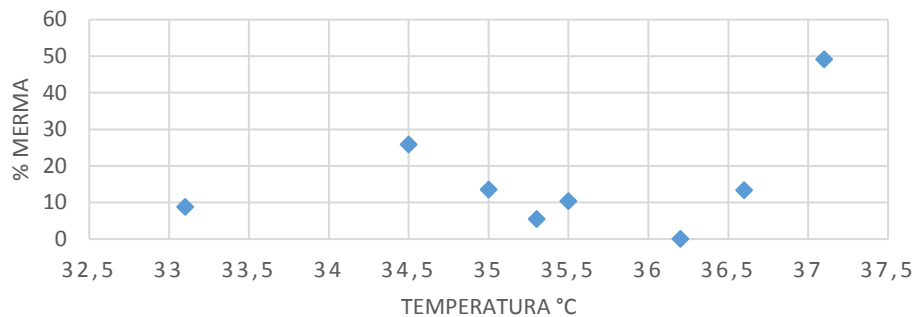


TOBY MINI		
fecha	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	34,7	11,46
20/09/2018	31,7	1,65
21/09/2018	34	5,62
22/09/2018	33,7	5,25
27/09/2018	35,1	6,25
28/09/2018	35,6	12,48
29/09/2018	34,5	8,99
09/10/2018	36,2	3,12
12/10/2018	35	3,61
25/10/2018	34,4	21,84



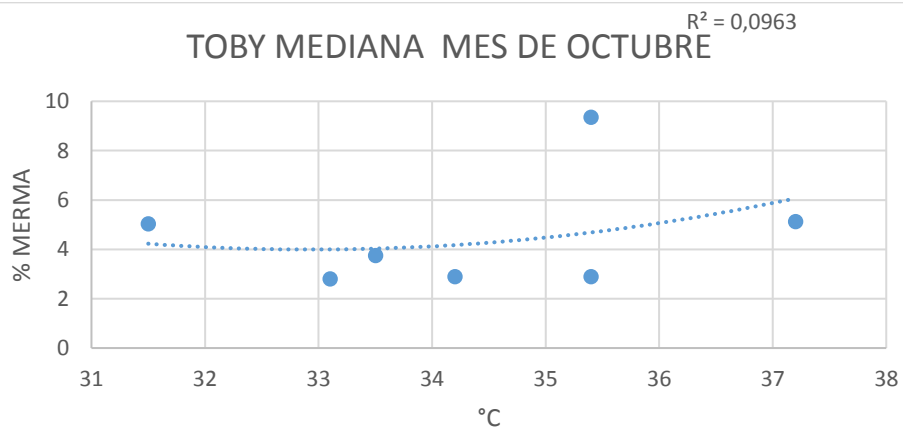
PAN FRANCES TOBY		
Fecha	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	37,1	49,15
20/09/2018	35,5	10,34
27/09/2018	36,6	13,33
28/09/2018	34,5	25,84
09/10/2018	36,2	0
12/10/2018	35	13,54
16/10/2018	33,1	8,79
25/10/2018	35,3	5,5

PAN FRANCES TOBY MES DE SEPTIEMBRE Y OCTUBRE



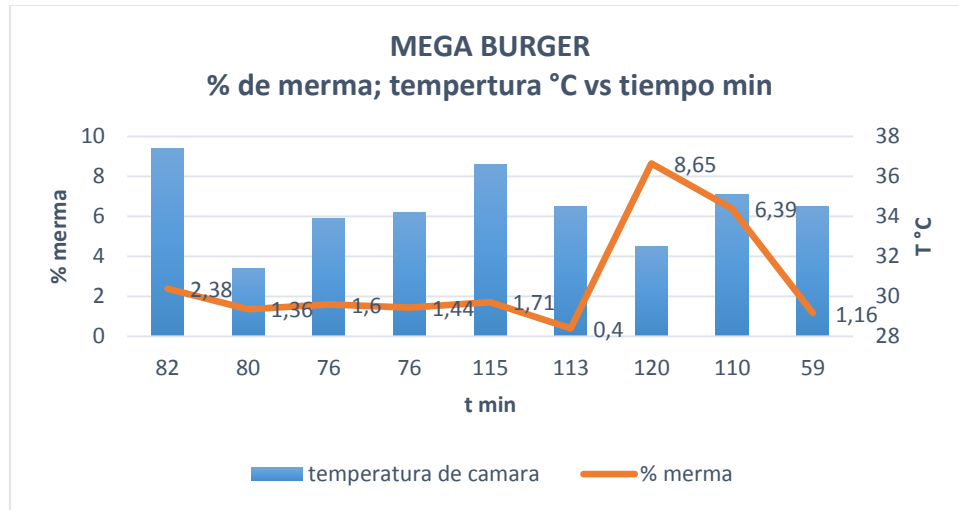
fecha	TOBY MEDIANA	
	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	37,4	2,09
19/09/2018	32,2	7,29
27/09/2018	37,3	7,5
28/09/2018	34,5	5,34
09/10/2018	31,5	5,03
12/10/2018	35,4	9,35
16/10/2018	33,1	2,8
17/10/2018	33,5	3,75
24/10/2018	34,2	2,9
25/10/2018	35,4	2,9
30/10/2018	37,2	5,13

TOBY MEDIANA MES DE OCTUBRE



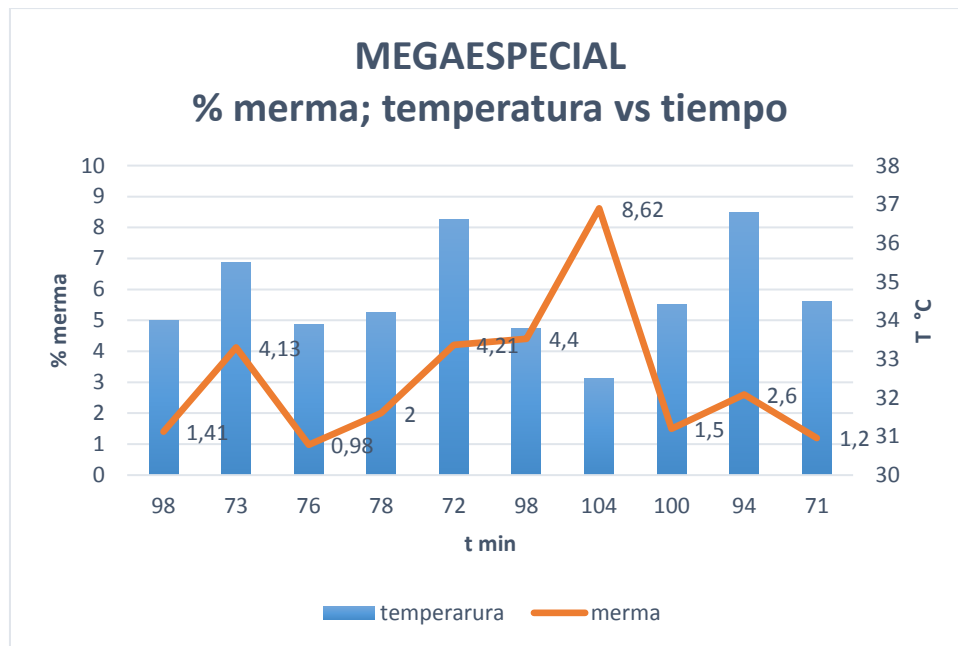
DATOS DE TEMPERATURA Y % DE MERMA VERSUS TIEMPO DE ESTADÍA EN CÁMARA POR PRODUCTO

MEGA BURGER			
fecha	% merma	Tiempo min	temperatura de cámara °C
18/09/2018	2,38	82	37,4
19/09/2018	1,36	80	31,4
20/09/2018	1,6	76	33,9
21/09/2018	1,44	76	34,2
27/09/2018	1,71	115	36,6
17/10/2018	0,4	113	34,5
24/10/2018	8,65	120	32,5
26/10/2018	6,39	110	35,1
30/10/2018	1,16	59	34,5



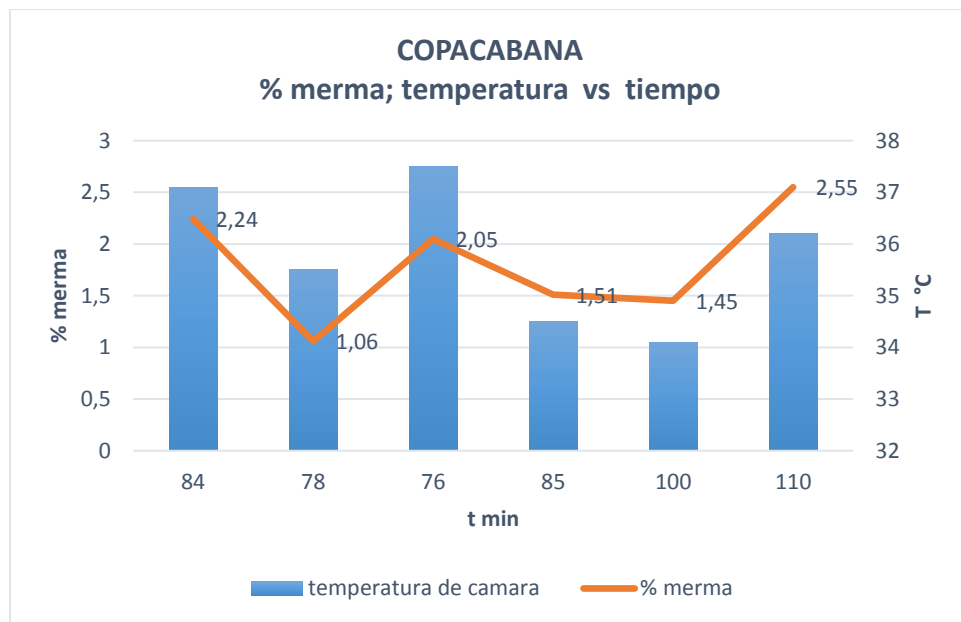
<i>Tiempo mínimo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>
59	34,5	1,16	113	34,5	0,4

MEGA ESPECIAL			
fecha	Temperatura °C	Tiempo min	merma %
18/09/2018	34	98	1,41
19/09/2018	35,5	73	4,13
20/09/2018	33,9	76	0,98
21/09/2018	34,2	78	2
27/09/2018	36,6	72	4,21
03/10/2018	33,8	98	4,4
24/10/2018	32,5	104	8,62
25/10/2018	34,4	100	1,5
26/10/2018	36,8	94	2,6
30/10/2018	34,5	71	1,2



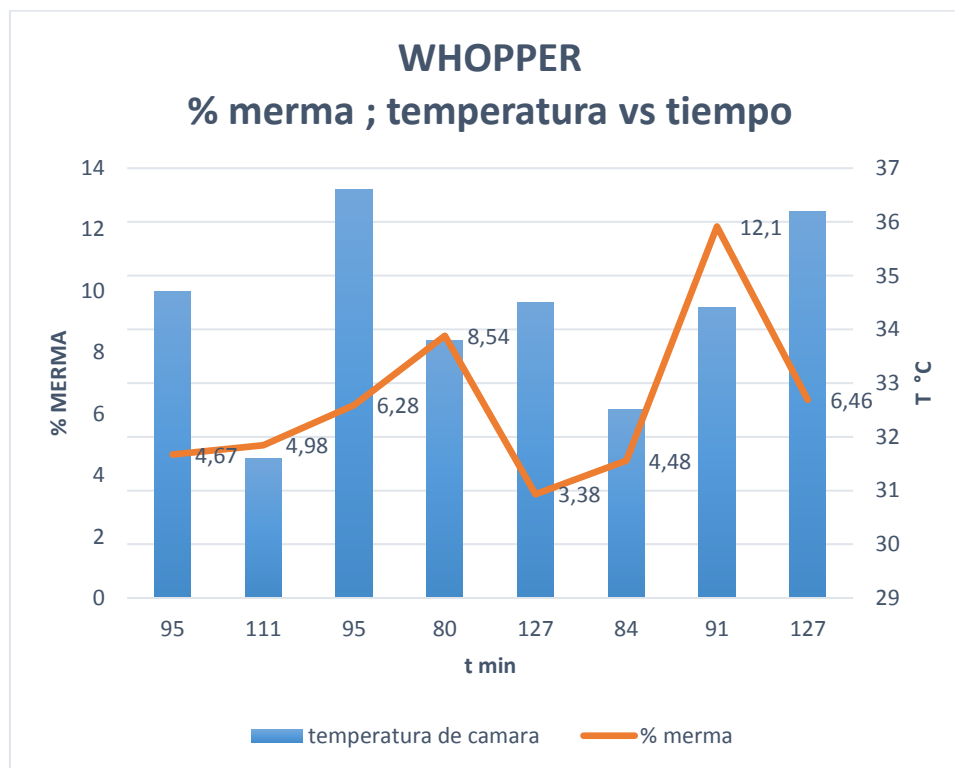
<i>Tiempo mínimo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>
76	33,9	0,98	100	34,4	1,50

COPACABANA			
fecha	Tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	84	37,1	2,24
20/09/2018	78	35,5	1,06
21/09/2018	76	37,5	2,05
04/10/2018	85	34,5	1,51
25/10/2018	100	34,1	1,45
30/10/2018	110	36,2	2,55



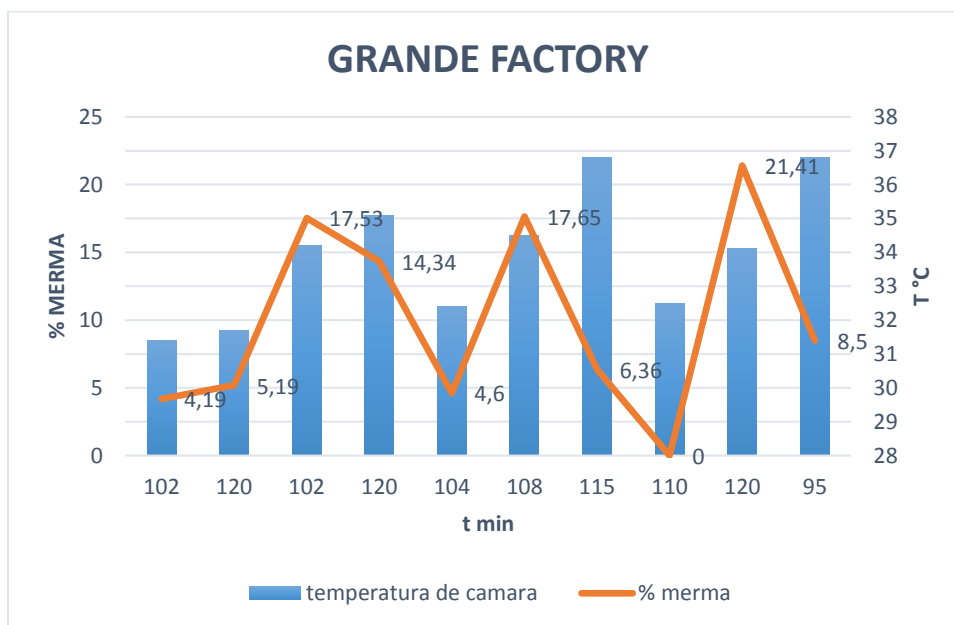
<i>Tiempo mínimo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>
78	35,5	1,06	100	34,1	1,45

WHOPPER			
fecha	Tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	95	34,7	4,67
19/09/2018	111	31,6	4,98
27/09/2018	95	36,6	6,28
03/10/2018	80	33,8	8,54
04/10/2018	127	34,5	3,38
24/10/2018	84	32,5	4,48
25/10/2018	91	34,4	12,1
30/10/2018	127	36,2	6,46



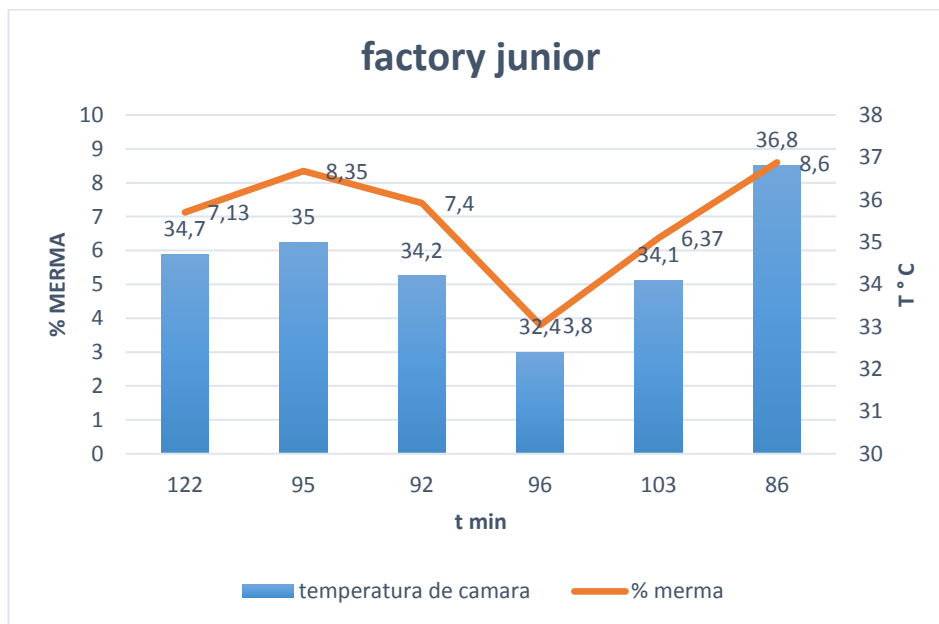
<i>Tiempo mínimo recomendado min</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado min</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>% merma</i>
84	32,5	4,48	127	34,5	3,38

GRANDE FACTORY			
fecha	Tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
19/09/2018	102	31,4	4,19
20/09/2018	120	31,7	5,19
21/09/2018	102	34,2	17,53
27/09/2018	120	35,1	14,34
28/09/2018	104	32,4	4,6
04/10/2018	108	34,5	17,65
09/10/2018	115	36,8	6,36
24/10/2018	110	32,5	0
25/10/2018	95	34,1	21,41
26/10/2018	95	36,8	8,5



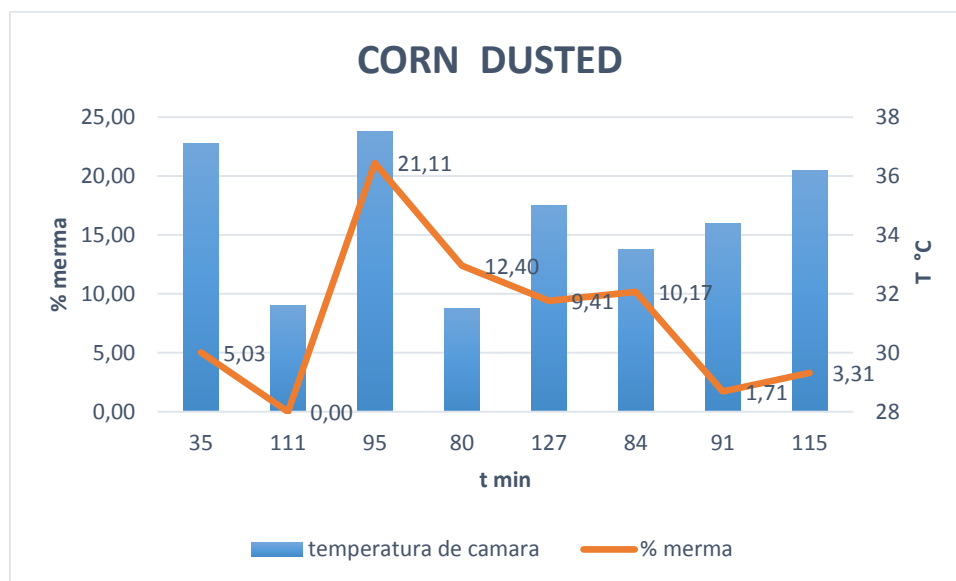
<i>Tiempo mínimo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>
102	31,4	4,19	110	32,5	0

FACTORY JUNIOR			
fecha	Tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
19/09/2018	122	34,7	7,13
20/09/2018	95	35	8,35
21/09/2018	92	34,2	7,4
28/09/2018	96	32,4	3,8
25/10/2018	103	34,1	6,37
26/10/2018	86	36,8	8,6



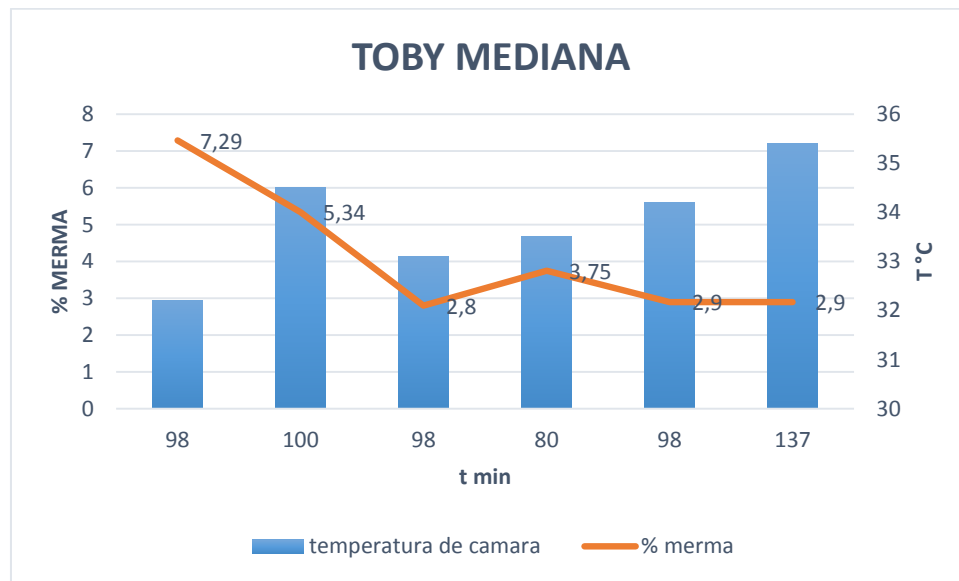
<i>Tiempo mínimo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>
96	32,4	3,8	103	34,1	6,37

CORN DUSTED			
fecha	Tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	35	37,1	5,03
19/09/2018	111	31,6	0,00
21/09/2018	95	37,5	21,11
09/10/2018	80	31,5	12,40
12/10/2018	127	35	9,41
17/10/2018	84	33,5	10,17
25/10/2018	91	34,4	1,71
30/10/2018	115	36,2	3,31



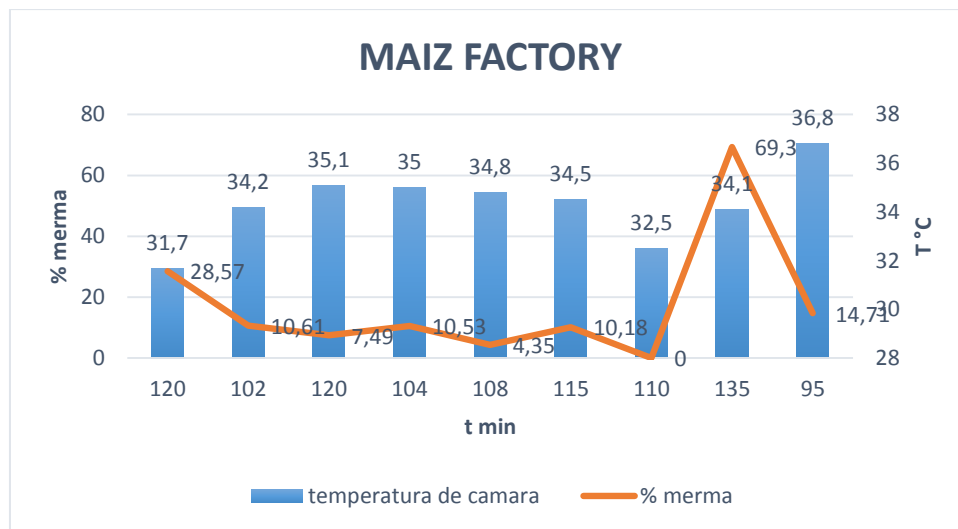
<i>Tiempo mínimo recomendado</i> min	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado</i> min	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>
91	34,4	1,71	111	31,6	0

TOBY MEDIANA			
fecha	Tiempo en Minutos	temperatura de cámara °C	% merma
19/09/2018	98	32,2	7,29
28/09/2018	100	34,5	5,34
16/10/2018	98	33,1	2,8
17/10/2018	80	33,5	3,75
24/10/2018	98	34,2	2,9
25/10/2018	137	35,4	2,9



<i>Tiempo mínimo recomendado min</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado min</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>% merma</i>
98	33,1	2,8	137	35,4	2,9

MAIZ FACTORY			
fecha	Tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
20/09/2018	120	31,7	28,57
21/09/2018	102	34,2	10,61
27/09/2018	120	35,1	7,49
12/10/2018	104	35	10,53
16/10/2018	108	34,8	4,35
17/10/2018	115	34,5	10,18
24/10/2018	110	32,5	0
25/10/2018	135	34,1	69,3
26/10/2018	95	36,8	14,71



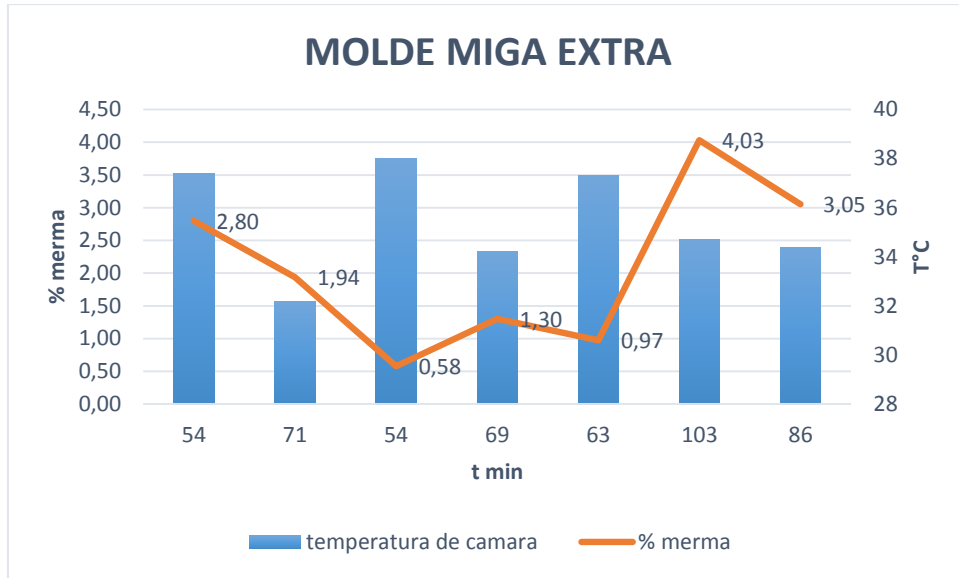
<i>Tiempo mínimo recomendado</i> <i>min</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>	<i>Tiempo máximo recomendado</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>% merma</i>
108	34,8	4,35	110	32,5	0

RESULTADO DE LOS RANGOS MINIMOS Y MAXIMOS DE TIEMPO MEDIDOS POR PRODUCTO

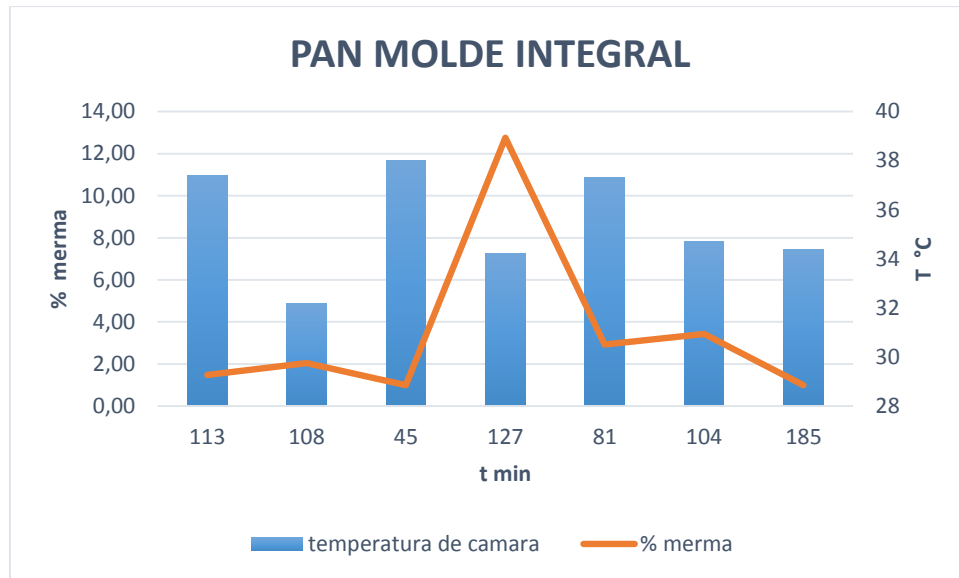
Producto	Tiempo minimo	Temperatura °C min	% merma	Tiempo maximo	Temperatura °C max	% de merma
MEGA BURGER	59	34,5	1,16	113	34,5	0,4
MEGA ESPECIAL	76	33,9	0,98	100	34,4	1,5
COPACABANA	85	34,5	1,51	100	34,1	1,45
WHOPPER	84	32,5	4,48	127	34,5	3,38
GRANDE FACTORY	102	31,4	4,19	110	32,5	0
FACTORY JUNIOR	96	32,4	3,8	103	34,1	6,37
CORN DUSTED	91	34,4	1,71	111	31,6	0
TOBY MEDIANA	98	33,1	2,8	98	34,2	2,9
MAIZ FACTORY	108	34,8	4,35	110	32,5	0
Temperatura	promedio	33,5		promedio	33,6	
	desviación estándar	1,196		desviación estándar	1,092	
	varianza	1,430		varianza	1,193	
tiempo	promedio	88,778		promedio	108,000	
	desviación estándar	14,889		desviación estándar	9,055	
	varianza	221,69		varianza	82,000	
% merma	promedio	2,776		promedio	1,778	
	desviación estándar	1,458		desviación estándar	2,135	
	varianza	2,126		varianza	4,560	

DATOS ESTADÍSTICOS PARA MOLDES

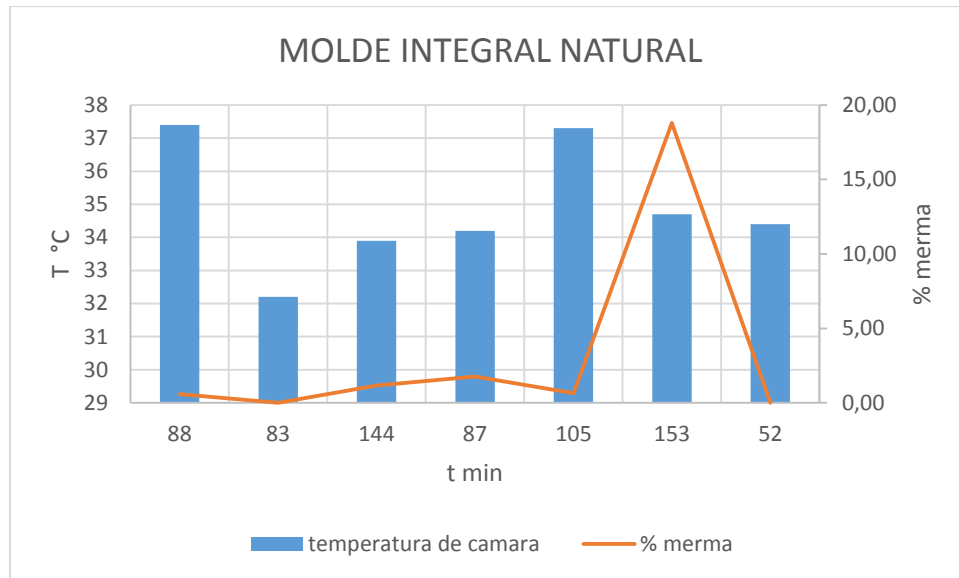
MOLDE EXTRA			
fecha	Tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	54	37,4	2,80
19/09/2018	71	32,2	1,94
20/09/2018	54	38	0,58
21/09/2018	69	34,2	1,30
27/09/2018	63	37,3	0,97
24/10/2018	103	34,7	4,03
25/10/2018	86	34,4	3,05



MOLDE INTEGRAL			
fecha	tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	113	37,4	1,49
19/09/2018	108	32,2	2,04
20/09/2018	45	38	1,00
21/09/2018	127	34,2	12,8
27/09/2018	81	37,3	2,93
24/10/2018	104	34,7	3,43
25/10/2018	185	34,4	1



MOLDE NATURAL INTEGRAL			
fecha	tiempo min	temperatura de cámara °C	% merma
18/09/2018	88	37,4	0,58
19/09/2018	83	32,2	0,00
20/09/2018	144	33,9	1,16
21/09/2018	87	34,2	1,76
27/09/2018	105	37,3	0,65
24/10/2018	153	34,7	18,8
25/10/2018	52	34,4	0



Para los moldes los factores más comunes de merma son:

Quemado por olvido del hornero.

Exceso de maduración por falta de horno libre en este caso se puede reprocesar.

Aplastado por un desmolde en caliente estos panes si no enfrían antes de ser sacados son en extremo flexibles y susceptibles a bajar su volumen en el caso de pan molde integral.

Otro de los problemas presentados es que salgan sucios por un exceso de manteca.

Los problemas presentados en el proceso del estudio fueron

1. No se toma la temperatura del agua llegando a tener temperatura de masa en bollo desde 27 hasta 33,8 °C generando bolsas de CO₂ en la masa.

Cuando se informa que la temperatura de la cámara se encuentra arriba de los 35 °C los horneros dicen que es normal la temperatura que siempre trabajan de ese modo pero esto ocasiona que los panes en especial los Factory tengan ampollas en la corteza.

2. No se da datos de la fuerza de la harina al amasador y si se lo hace el amasador duda de la veracidad de la información provocando que los panes tengan un crecimiento brusco durante el horneado si la masa es fuerte, contrariamente si la masa es floja esta no toma volumen en el horno produciendo panes planos

3. El ingreso del vapor no está controlado por un regulador de flujo externo ya que el hornero por factor tiempo incrementa la salida de vapor haciendo que se sature la cámara hasta el 100% de humedad provocando condensación sobre la masa y posterior ahuecamiento.
4. No se puede medir el pH de la masa ya que el pH-metro se encuentra en lácteos y no pueden prestar por que realizan mediciones constantemente según ingeniero Justo de lácteos.
5. Algunas veces cuando las masas ya presentan ampollas el hornero procede a quitarlas de las latas antes del ingreso al horno o unir las y hornearlas para pan molido, está también la mala colocación de latas produciendo que se aplasten los panes ya sea por el mal estado de las latas o de los carros.

CONCLUSIONES

Tomando los resultados de mes de septiembre se ve un incremento del porcentaje de merma con respecto a la temperatura. La temperatura óptima es hasta los $33,5 \pm 1,196$ °C quedando el porcentaje de merma por debajo del 10%.

La variación que se presenta en el mes de octubre puede deberse a la fuerza de la masa produciendo datos muy dispersos y a pesar de esto aún existe la misma tendencia.

Para el producto Factory grande según los resultados la temperatura ideal está por debajo de los 34° al igual que para los Factory junior y pan francés.

Porcentaje de merma en función de la temperatura por producto						
producto	Temperatura mínima °C	% merma	Promedio de% de merma de Temperatura dentro de los 34°C		Temperatura máxima °C	% merma
Mega Burger	31,4	1,36	34,8	1,99%	35,1	6,39
Mega especial	33,9	0,98	34,2	2%	36,6	4,21
Copacabana	33,5	0,48	34,5	1,51%	35,4	4,73
Regular	32,2	0,92	34,5	1,79%	36,2	10,17
Whopper	32,5	4,48	34,5	6,57%	36,8	11,18
Factory grande	32,5	0	34,5	13,20%	36,5	18,21
Factory junior	32,5	0	34,5	6,71%	36,5	16,33
Maiz Factory	32,5	0	34,5	8,38%	36,8	14,71
Pan King especial	35,5	0,87	34,6	3,02%	37,2	22,87
Big King	34,2	3,8	34,7	6,88%	37,8	28,9
Toby mini	31,7	1,65	34,3	7,31%	35,3	21,84
Toby Mediana	33,1	2,8	34,35	4,12%	37,2	5,13
Pan Frances	33,1	8,79	34,5	25,84%	37,1	49,15

<i>Porcentaje de merma y temperatura en función del tiempo de estadía en cámara</i>						
<i>producto</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>Menor Tiempo en cámara minutos</i>	<i>% merma</i>	<i>Temperatura</i> °C	<i>Mayor Tiempo en cámara minutos</i>	<i>% merma</i>
Mega Burger	34	59	1,16	32,5	120	8,65
Mega especial	34,5	71	1,2	32,5	104	8,62
Copacabana	35,5	78	1,06	36,2	110	2,55
Whopper	32,5	84	4,48	36,42	127	6,46
Factory grande	31,4	119	4,19	35,1	120	14,34
Factory junior	36,8	86	8,6	34,7	122	7,13
Maiz Factory	36,8	95	14,71	34,1	135	69,3
Corn dusted	37,1	35	5,03	35,0	127	9,41
Toby mediana	33,5	80	3,75	35,4	137	2,9

Tiempo y temperatura óptimos de estadía y en la cámara de fermentación

producto	Tiempo mínimo recomendado min	T °C	% merma	Tiempo máximo recomendado o min	T °C	% merma
Mega Burger	59	34,5	1,16	113	34,5	0,4
Mega especial	76	33,9	0,98	100	34,4	1,50
Copacabana	85	34,5	1,06	100	34,1	1,45
Whopper	84	32,5	4,48	127	34,5	3,38
Factory grande	102	31,4	4,19	110	32,5	0
Factory junior	96	32,4	3,8	103	34,1	6,37
Maiz Factory	108	34,8	4,35	110	32,5	0
Corn dusted	91	34,4	1,71	111	31,6	0
Toby mediana	98	33,1	2,8	137	35,4	2,9

Se puede observar que con un buen control de la temperatura de la cámara se puede generar una caída en el porcentaje de merma las temperaturas mínimas de 32,3 a 34,7 ayudan a este efecto, el tiempo de maduración está bien correlacionado con la temperatura de la cámara si se excede en tiempo aun en temperaturas bajas este produce incremento de porcentaje merma, el tiempo de maduración está también definido por la fuerza de la harina sin este dato de fuerza el amasador debe proceder a experimentar con la cantidad de levadura en los panes que produce y en función a esto bajar o subir tanto levadura como mejoradores.