ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"D*esarrollo de un Mejorador con Tecnología Enzimática para el Mejoramiento de Textura y Volumen en Pan de Molde en una Industria Panificadora"*

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentado por:

HÉCTOR ENRIQUE CORTÁZAR LASCANO

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

A mis padres quienes en todo momento de mi carrera me apoyaron y supieron guiarme hasta la culminación de la misma, a todos los profesores que tuve durante mis años de estudio ya que sin su correcto direccionamiento y sin los conocimientos por ellos otorgados, nada de esto hubiera sido factible y a Dios por haber puesto en mi vida a las personas citadas anteriormente.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA E HIJOS QUIENES CON SACRIFICIO Y AMOR HAN SABIDO APOYARME EN CADA PASO QUE HE DECIDIDO EMPRENDER, A MIS PADRES SIN CUYO SACRIFICIO HOY NO PODRÍA ESTAR EN EL LUGAR EN EL QUE ESTOY.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Patricio Cáceres C.
DIRECTOR

Ing. Grace Vásquez V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe de Trabajo Profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la Espol)

_____

Héctor Enrique Cortázar Lascano

RESUMEN

Para la elaboración de productos panificados entran en juego una serie de factores los mismos que inciden de manera directa en la calidad del producto terminado. Estos factores pueden ser tanto en el proceso como en la formulación de las masas tomando en cuenta las reacciones químicas que ocurren en el proceso de elaboración de pan.

El objetivo principal de este trabajo fue realizar estudios en el proceso de elaboración de pan de molde en una empresa panificadora a fin de solucionar problemas de colapsamiento de las paredes laterales del producto y a la vez mejorar la sensación de suavidad en el producto final logrando extender así la vida útil de anaquel del producto de 11 a 15 días.

El diseño y desarrollo de las diferentes alternativas de mejoradores fue realizado en un centro de tecnología para productos panificados de una compañía dedicada a dar soluciones a la industria de panificación. Posteriormente las aplicaciones desarrolladas fueron implementadas en la planta industrial del cliente. Se aborda además la temática de la legislación española para la industria de panificación en donde se enfatiza la importancia del uso de enzimas en el proceso en lugar de emulsificantes. El diseño de

las pruebas con sus respectivas variables y niveles fue sometido a análisis estadísticos para que cada prueba aplicada y evaluada con texturómetro midiendo resilencia y suavidad junto con análisis sensorial, arrojen los resultados adecuados en costos y calidad. La implementación de las mezclas enzimáticas se detalla en el proceso de elaboración con su diagrama de flujo y un estudio de los costos directos.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…..II

ÍNDICE GENERAL……..…..IV

ABREVIATURAS……..…....VI

SIMBOLOGÍA……...VII

ÍNDICE DE FIGURAS……...VIII

ÍNDICE DE TABLAS…….IX

INTRODUCCIÓN…….……...1

CAPÍTULO 1

1. Diagnostico y análisis de la situación……...4

1.1 Principios de Panificación ...……...……4

1.2 Situación Actual……..11

1.2.1 Industria de Panificación...…….11

1.2.2 Principales industrias panificadoras en España……..…….12

1.2.3 Mercado de panificación español……..…….13

1.2.4 Legislación vigente ……..……..….16

1.2.5 Descripción del tema……..……..……..….18

1.3 Enzimas en la industria de panificación…….....19

1.4 Tecnología para evaluar correcto funcionaiento de una línea de panificación 25

1.5 Proceso de elaboración de mejoradores de panificación 33

1.6 Utilización de mejoradores en elaboración de productos de panadería 32

CAPÍTULO 2

2. Planteamiento del problema y solución 35

2.1 Observaciones 35

2.2 Desarrollo de mezclas enzimáticas 40

2.3 Formulación del pan..... 55

2.4 Descripción del proceso 56

2.5 Diagrama de flujo 60

2.6 Descripción de equipos 62

2.7 Análisis de costos directos en la formulación del pan 66

CAPÍTULO 3

3. Conclusiones y Recomendaciones 68

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
g/Kg:	gramos por kilogramo
DATEM:	Esteres de ácido tartárico diacetilado con mono y Diglicéridos.
SSL:	Estearoil 2—lactil.lactato de Sodio
CSL:	Estearoil 2-lactil-lactato de calcio
FAO:	Food and Agriculture Organization (La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
OMS:	Organización Mundial de la Salud
RH:	Relative Humidity (Humedad Relativa)
CMC:	Carboximetilcelulosa
Kgf/s:	Kilogramos fuerza sobre segundo
MARM:	Ministerio de Agricultura y Recursos Mineros
AESAN:	Agencia Española de Sanidad

SIMBOLOGÍA

°C	Grado centígrado

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Participación de los tipos de pan en el consumo	11
Figura 1.2	Consumo de pan en función a características de hogares	15
Figura 1.3	Escort	27
Figura 1.4	Curva de desempeño óptimo en una cámara	28
Figura 1.5	Condiciones de fermentación ideales	28
Figura 1.6	Condiciones de fermentación deficientes	29
Figura 1.7	Variación de temperatura interna del pan	30
Figura 1.8	M.O.L.E	31
Figura 1.9	Curva de horneo para pan de molde	32
Figura 2.1	Colapsamiento de paredes laterales del pan	37
Figura 2.2	Lectura de M.O.L.E. en proceso de pan de molde	38
Figura 2.3	Lectura de M.O.L.E. final en proceso de pan de molde	39
Figura 2.4	Texturómetro	47
Figura 2.5	Medias y errores Estandar al día 0	49
Figura 2.6	Medias y errores Estandar al día 8	51
Figura 2.7	Medias y errores Estandar al día 15	53
Figura 2.8	Divisora	57
Figura 2.9	Correcto moldeado de pan de molde	58
Figura 2.10	Diagrama de flujo de pan de molde	61
Figura 2.11	Cámara de fermentación	64
Figura 2.12	Horno	65

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Listado de emulgentes permitidos 17
Tabla 2 Temperaturas de las zonas de horneo 37
Tabla 3 Fórmula de mejorador desarrollado 41
Tabla 4 Factores y niveles de experimento 42
Tabla 5 Fórmula de pan de molde blanco 43
Tabla 6 Fórmulas para pruebas experimentales 44
Tabla 7 Resultado de análisis de varianza, día 0 48
Tabla 8 Grupos homogéneos, día 0 49
Tabla 9 Resultado de análisis de varianza, día 8 50
Tabla 10 Grupos homogéneos, día 8 50
Tabla 11 Resultado de análisis de varianza, día 15 52
Tabla 12 Grupos homogéneos, día 15 52
Tabla 13 Resultado de análisis de varianza 54
Tabla 14 Grupos homogéneos en volumen 54
Tabla 15 Fórmula final de pan de molde 56
Tabla 16 Cálculo de costos en fórmula pan de molde 66

INTRODUCCIÓN

La industria de la panificación representa hoy en día una de las industrias con una participación importante en el segmento de Alimentos y Bebidas con apróximadamente un tercio del total de este segmento.

Por este motivo las industrias relacionadas con este segmento tienen el desafío de mejorar y optimizar constantemente sus procesos y productos a fin de hacer llegar a los consumidores productos que cumplan con sus expectativas.

Otro importante desafío que tienen las industrias es el de mejorar sus costos dada la crisis que viene sufriendo España en los últimos años. Esta mejora de costos puede venir dada por varios factores entre estos, optimizando procesos, reduciendo costos en la formulación (manteniendo o mejorando calidad) y disminuyendo las devoluciones que tienen del mercado por caducidad del producto. Es por esto que mientras más días pueda tener una industria su producto en percha, esto representará más ventas y menos devoluciones.

Hoy en día hay una gran cantidad de aditivos a usarse para la elaboración de productos panificados destacando entre estos a los emulsificantes y las enzimas.

El principal problema con el uso de los primeros es su alto costo y la necesidad de que estos sean rotulados en los empaques del producto terminado. Sin embargo con el uso de enzimas se logra disminuir el impacto en costos y además estas no están en la obligación de ser rotuladas en los empaques.

El presente informe se referirá a trabajos realizados en una industria panificadora a fin de lograr cumplir tres objetivos básicos:

- Mejoras en calidad (colapsamiento de paredes y por ende mejoras en volumen)
- Aumento de vida útil del producto desde el punto de vista sensorial (suavidad).
- Disminución de costos.

Son tres capítulos los que se detallan en este informe:

- En el primer capítulo se detallan principios básicos de panificación, una breve reseña de lo que hoy es la industria de panificación detallando principales industrias y datos relacionados al mercado así

como datos acerca de los aditivos que hoy están permitidos para este tipo de productos.

- En el segundo capítulo se detallan las observaciones realizadas en la industria en la cual se hizo el trabajo, así como una explicación de las pruebas realizadas y datos de las mismas. Se incluye además una breve descripción de equipos y proceso para elaboración de pan de moldes y por último un costeo relacionado con los ensayos realizados.

- Finalmente en el tercer capítulo se mencionan las conclusiones y recomendaciones obtenidas luego de este trabajo.

CAPÍTULO 1

1. DIAGNÓTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

1.1 Principios de Panificación

De acuerdo a la norma ecuatoriana INEN 93 1979-06, se define al pan de la siguiente manera: “es el producto alimenticio que resulta de la cocción de la masa fermentada proveniente de la mezcla de harina de trigo y ciertos ingredientes básicos”.

Históricamente el pan es el alimento por excelencia. Forma parte de la dieta básica en países de Europa, Asia, América, Oriente Medio y la India. Encabeza la pirámide de la recientemente galardonada dieta mediterránea como Patrimonio de la Humanidad, ejemplo a seguir de forma saludable de comer. Y, además, es un componente simbólico importantísimo de diversas religiones, especialmente del cristianismo donde se identifica con el cuerpo de Cristo y forma

parte del Padre nuestro, una de las oraciones más universales. Con sólo harina de cereales y agua se logra obtener uno de los pilares de la alimentación más completos y populares del mundo.

Existe una gran diversidad de panes, los cuales se pueden elaborar de manera artesanal así como de manera industrial, sin embargo todos coinciden en gran parte en los ingredientes utilizados para su elaboración.

Los ingredientes imprescindibles en la elaboración pan son sólo dos: harina y agua. En muchos casos se utiliza la sal, que es un Componente opcional que aporta sabor y da fortaleza a la masa. En otros muchos casos se emplea la levadura, pero continúan existiendo lugares donde el pan ácimo es el preferido de la población.

Harina

La harina de un cereal, generalmente trigo, o de la mezcla de ellos es el principal ingrediente en la elaboración del pan. Entre sus componentes está el gluten, una de las proteínas insolubles en agua que proporciona a la masa un aspecto compacto y fácilmente manipulable. El gluten acapara, además, el dióxido de carbono que

se libera durante la fermentación y provoca la hinchazón de la masa. Estas proteínas, inertes en un medio seco, crean cadenas de aminoácidos que dan la textura final a la masa. La composición del gluten, que por sí mismo no aporta aroma al pan, viene marcada por la gliadina, que proporciona la cualidad pegajosa a la masa, y la glutenina, que le da resistencia y fortaleza.

El almidón, que representa alrededor del 70% del peso de la harina, se presenta en forma de gránulos que poseen dos moléculas claramente diferenciadas: amilosa y amilopectina, que se encargan de absorber el agua poco a poco y de repartirla de manera uniforme y homogénea hasta dar una estructura semisólida a la masa. La harina, junto a los lípidos de los granos del cereal, es la encargada de otorgar los olores característicos que se percibe del pan recién hecho.

El porcentaje de gluten define el tipo de harina que se va a utilizar en la elaboración del pan. Las harinas de fuerza, las más utilizadas en España, son aquellas que poseen un alto contenido en gluten, que puede superar el 11% del peso total, hace que requiera más fuerza, al ser más resistente, al estirado de la masa manual. Las

harinas más débiles son las que contienen menos gluten en su composición y, por tanto, son de más fácil manipulación.

Las primeras son bastante habituales en el gusto español aunque en muchos casos se opta por la mezcla de harinas e incluso de cereales. La harina de trigo es muy rica en gluten y por tanto crea una estructura esponjosa, mientras las procedentes de cebada o avena poseen menos gluten, cuentan con menos capacidad para retener el dióxido de carbono y sus masas son menos esponjosas.

Agua

El agua, cuando se añade a la harina, tiene como misión activar las proteínas de la harina para que la masa sea más blanda y maleable. La proporción de agua empleada en la elaboración del pan condiciona la consistencia final de la masa y afecta a las cualidades del pan y a su resultado final. El agua puede representar entre un 45% y un 80% para el caso de los panes más artesanos. Un estudio de la dureza del agua a emplear es fundamental a la hora de elaborar el pan...

Sal

La sal, cuando se emplea, refuerza los sabores y aromas del pan y afecta a la textura final de la masa. En general, la sal representa un 2% del peso de la harina.

Contribuye a la formación del color marrón de la corteza del pan, ya que retarda la fermentación y genera mayores azúcares que dan este color.

El uso de la sal, con su efecto fungicida, alarga la vida del pan, aunque su uso en los panes artesanos se restringe o se elimina. Las políticas de prevención de la hipertensión han hecho que disminuya considerablemente el porcentaje de sal en los panes. En España se estableció en 2009 en 16,3 gramos por kilo de harina frente a los 22 gramos que se empleaban con anterioridad.

Levadura

La levadura es un conjunto de microorganismos unicelulares, de la familia de los hongos, que se alimentan de almidón y de los azúcares existentes en la harina. Este proceso da lugar a una fermentación alcohólica que libera etanol y dióxido de carbono en forma de gas. Este proceso hace que el alcohol se evapore cuando

la masa está en el horno y el pan aumente su volumen. Las levaduras del pan (Saccharomyces cerevisiae) son las mismas que producen la fermentación en la elaboración del vino o la cerveza.

Las levaduras son de diversos tipos. Así, las levaduras secas, cada vez más empleadas por los profesionales de la panadería, por su larga vida media, se reactivan cuando entran en un medio acuoso; la levadura fresca se obtiene de una fermentación y posteriormente se refrigera como pasta comprimida que tiene escasa vida útil.

La cantidad de levadura que usa el panadero en cada elaboración oscila, según el tipo de masa, entre el 0,5 y el 4% del total del peso de la harina.

Azúcar

Es un ingrediente comúnmente empleado en los productos de panificación, tiene varias funciones por las cuales se usa, la principal es por sabor en los productos pues dará dulzor a la formula, pero también tiene incidencia en el tiempo de vida de los productos, controla la fermentación, pues es el principal.

Grasa

Los productos que se emplean pueden ser mantecas (sólidas) o aceites (líquidos), adicional se pueden clasificar por su origen en animal o vegetal, sin embargo hay una gran cantidad de variantes dependiendo de su procesamiento y mezclas.

Las dos principales funciones de las grasas en los productos de panificación son la formación de una película lubricante que afectan la textura del pan volviéndolo más blando, y el segundo efecto es la retención de aire durante las operaciones de mezclado, batido o laminado.

Otros Aditivos permitidos

Existen además una serie de aditivos utilizados para la elaboración del pan cuyo uso va a depender de las características que se le quiera otorgar al producto terminado.

Entre estos aditivos existen emulsificantes, oxidantes, etc. cuyas dosis van a depender de la legislación vigente en cada país, y las enzimas las cuales no tienen dosis máxima por legislación sino por aplicación.

1.2 Situación Actual

1.2.1 Industria de Panificación en España.

En España, al igual que en este país, los panes industriales no tienen la mayor participación dentro del total de consumo. El mayor consumo de pan viene dado por los panes artesanales y los panes congelados tanto a nivel de consumo en hogares así como en el comercio en general. Ver figura 1.1

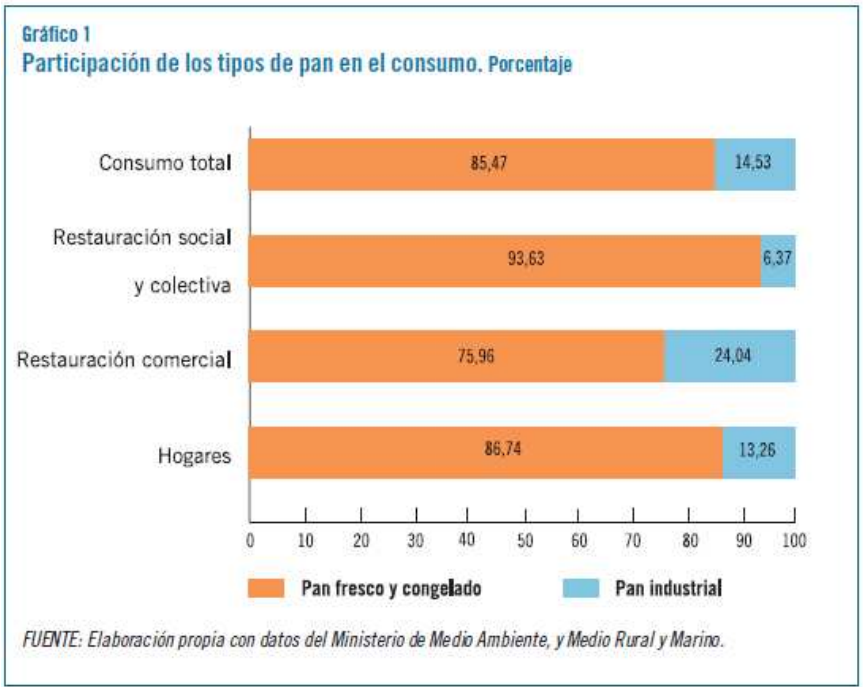

FIGURA 1.1 PARTICIPACIÓN DE LOS TIPOS DE PAN EN EL CONSUMO

Fuente: Boletín difusión y consumo enero – febrero 2011

De acuerdo al boletín Difusión y Consumo en la edición de Enero – Febrero del 2011, en la actualidad, cada español consume al año cerca de 46 kilos de pan y gasta en este producto en torno a 116 euros, destacando especialmente la demanda en el hogar (80,9% del consumo y 81,3% del gasto).

No obstante, conviene apuntar que durante los últimos años se ha producido una progresiva minoración en la demanda per cápita de este producto (por ejemplo, en 1987 cada español consumía más de 65 kilos o en 1999 se llegaba hasta los 58 kilos).

1.2.2 Principales Industrias Panificadoras en España.

En España, al igual que en el paìs una posición muy destacada en la industria alimentaria española y tiene un peso muy importante en la economía nacional. De hecho está configurado por 179.031 empresas de las cuales 8,41% se dedican a la producción y 91,59% se dedican a la comercialización lo que supone la tercera parte de todas las empresas del sector alimentación y bebidas.

Las principales industrias panificadoras en España son:

- **Bimbo Iberia**

Es una de las mayores organizaciones del sector alimentario en la Península Ibérica.

Cuenta con una participación del 23,9% en la fabricación de pan de molde en España, siendo la industria líder en este rubro.

- **Panrico**

Grupo Panrico, también conocido como Panrico Donuts, es un grupo de alimentación español fundado en 1962, que se dedica a la elaboración y distribución de pan de molde y bollería industrial.

Tiene una participación del 9% en la fabricación de pan de molde en España ocupando el segundo lugar en este rubro.

1.2.3 Mercado de Panificación Español

El consumo de pan en España disminuyó más de un 10% hasta marzo del 2010 de acuerdo a datos del MARM, convirtiéndose no solo en el producto de mayor descenso en consumo sino también en su precio que cayó un 13%

durante el mismo período. Sin embargo de acuerdo a estudios realizados las ventas de pan tanto como harinas han subido desde mediados del 2010 en adelante al igual que la producción industrial de dichos productos.

El pan industrial hasta abril y mayo del 2010 según datos de la consultora Kantar, descendió ligeramente un 0,4% hasta los 579,2 millones de euros, mientras que en volumen aumentó casi un 5% llegando hasta las 203.174 toneladas.

En España se producen anualmente alrededor de 2,3 millones de toneladas de pan de las que algo más del 81% corresponden a pan sin envasar y el restante 19% por panes envasados o industriales. A estos datos hay que añadir alrededor de 600.000 toneladas de masa congelada por un valor cercano a los 900 millones de euros.

A continuación en la figura 1.2, se detalla estudios sobre el consumo de los diferentes tipos de pan en España tomando en función de características de hogares.

Consumo de pan en función de las características de los hogares

		CONSUMO POR ENCIMA DE LA MEDIA	CONSUMO POR DEBAJO DE LA MEDIA
CLASE SOCIAL	Alta y media alta	Industrial sin corteza, industrial enriquecido	Fresco normal, fresco sin sal
	Media	Industrial fresco, industrial seco	Fresco integral, fresco sin sal
	Media baja	Fresco integral, industrial integral	Fresco sin sal, industrial sin corteza
	Baja	Fresco normal, fresco sin sal	Industrial sin corteza, industrial enriquecido
COMPOSICIÓN DEL HOGAR	Sin niños	Fresco integral, fresco sin sal	Industrial fresco, industrial sin corteza
	Niños < 6 años	Industrial fresco, industrial sin corteza	Fresco integral, fresco sin sal
	Niños 6-15 años	Industrial sin corteza, industrial fresco	Fresco sin sal, industrial integral
SITUACIÓN MERCADO LABORAL	Activa	Industrial sin corteza, industrial enriquecido	Fresco sin sal, fresco integral
	No activa	Fresco sin sal, fresco integral	Industrial sin corteza, industrial enriquecido
EDAD	< 35 años	Industrial fresco, industrial sin corteza	Fresco integral, fresco sin sal
	35-49 años	Industrial sin corteza, industrial enriquecido	Fresco sin sal, industrial integral
	50-64 años	Fresco sin sal, fresco integral	Industrial normal, industrial sin corteza
	> 65 años	Fresco sin sal, fresco integral	Industrial normal, industrial sin corteza
TAMAÑO DEL HOGAR	1 persona	Fresco integral, industrial integral	Industrial sin corteza
	2 personas	Fresco integral, industrial integral	Industrial normal, industrial sin corteza
	3 personas	Fresco sin sal, industrial sin corteza	Fresco integral, industrial integral
	4 personas	Industrial normal, industrial integral	Fresco sin sal, fresco integral
	5 y más personas	Industrial normal	Fresco integral, industrial integral
TAMAÑO MUNICIPIO RESIDENCIA	< 2.000 habitantes	Fresco normal	Fresco integral, fresco envasado
	2.000-10.000 habitantes	Fresco integral, fresco sin sal	Industrial integral, industrial normal
	10.001-100.000 habitantes	Industrial sin corteza, industrial enriquecido	Fresco integral, fresco normal
	100.001-500.000 habitantes	Fresco envasado, industrial integral	–
	> 500.000 habitantes	Industrial integral, industrial enriquecido	Fresco sin sal, industrial sin corteza
TIPOLOGÍA HOGAR	Jóvenes independientes	Industrial integral, industrial enriquecido	Fresco normal, fresco sin sal
	Parejas jóvenes sin hijos	Industrial integral, industrial enriquecido	Fresco integral, fresco normal
	Parejas con hijos pequeños	Industrial normal, industrial sin corteza	Fresco sin sal, fresco integral
	Hogares monoparentales	Industrial sin corteza, industrial enriquecido	Fresco sin sal, fresco integral
	Parejas adultas sin hijos	Fresco sin sal, fresco integral	Industrial sin corteza, industrial normal

FIGURA 1.2 CONSUMO DE PAN EN FUNCIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS HOGARES

Fuente: Boletín difusión y consumo enero – febrero 2011

1.2.4 Legislación Vigente

La legislación vigente en España viene dada por la AESAN Existe además una referencia internacional dada por el "Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos alimentarios" que evalúa estos productos y revisa su seguridad. De esta forma las Directivas Europeas que, posteriormente, se incorporan a la legislación nacional de los Estados miembros, gozan de la máxima seguridad.

Para efectos del trabajo se va a regir exclusivamente a los ingredientes que son objeto de este estudio: emulsificantes y enzimas.

Emulgentes

Tabla 1. Listado de emulgentes permitidos

Producto	Número	Dosis Máxima de uso
Lecitina de Soja	E-322	2g/Kg de Harina
Mono y diglicéridos de los ácidos grasos alimenticios	E-471	3g/KG de harina
Esteres de los mono y diglicéridos de los ácidos grasos alimenticios con los ácidos:		3g/Kg de harina aislados o en conjunto.
Acético	E472a)	
Tartárico	E-472 d)	
Monoacetil Tartárico y diacetil Tartárico	E-472 e)	

Elaborado por: Héctor Cortázar L. 2012

Coadyuvantes de fermentación

Fermentos amilolíticos (amilasas) y fungal-amilasas, hemicelulasas, proteasas y lipasas se usa la cantidad suficiente para obtener el efecto deseado.

1.2.5 Descripción del Tema

El uso de emulsificantes en la industria de panificación es de vital importancia por los diferentes beneficios que otorgan los mismos tanto a las masas como al producto terminado.

Estos beneficios van desde los relacionados con volumen y calidad de miga en los panes (migas más cerradas) hasta los relacionados con la vida útil de los mismos.

Los emulsificantes más usados en la industria de panificación son:

- Mono-diglicéridos destilados
- Esteres de ácido tartárico diacetilado con mono y digliceridos (DATEM).
- Estearoil 2—lactil.lactato de Sodio (SSL).
- Estearoil 2-lactil-lactato de calcio (CSL).

Sin embargo, aun cuando su uso está permitido y comprobado dan beneficios importantes en la calidad del pan, dos son las razones principales por las cuales se busca disminuir o eliminar su uso en las fórmulas:

- Etiquetas más limpias.- Dado que las enzimas no cuenta con número E no es necesaria su rotulación en las etiquetas.
- Costos.- La relación costo-dosis es mayor en el caso de los emulsificantes que en el caso de las enzimas.

Existe una importante tendencia a realizar en lo posible la eliminación total de los emulsificantes en la elaboración de productos panificados.

1.3 Enzimas en la Industria de Panificación.

Las enzimas son proteínas que actúan como catalizadores de las diferentes reacciones bioquímicas que constituyen el metabolismo de los seres vivos. Para que se produzca una determinada reacción, es necesaria la presencia de una determinada enzima, y la mayor o menor cantidad de éste suele modificar la velocidad de la reacción controlada.

Las enzimas que nos resultan de interés para este trabajo son las amilasas, hemicelulasas y lipasas. Tanto las contenidas en la harina como las adicionadas en el molino o en la panadería, actúan en las diferentes partes del proceso de panificación. Su presencia en cantidades superiores o inferiores a las necesarias, afectará a la calidad del producto final, tanto a su volumen y aspecto, como a su conservación.

La concentración natural de estas enzimas en los cereales panificables depende en gran medida de las condiciones climatológicas durante las últimas fases del cultivo del trigo. Si madurado el grano, éste estuvo expuesto a un ambiente húmedo, se produce su germinación. En este momento se produce una activación general de las enzimas amilásicas, que pueden aparecer en exceso en la harina resultante de la molienda.

Si por el contrario, la maduración y recolección del trigo se realizó en clima seco, el contenido de enzimas puede llegar a ser insuficiente. Por esta razón, para resolver esta insuficiencia enzimática, es necesario añadirlas a la harina o a la masa.

Actualmente, la mayor parte de las enzimas producidas industrialmente para su utilización en los procesos de panificación, se producen mediante fermentaciones de microorganismos seleccionados. Antes, la falta de amilasas se corregía habitualmente mediante la adición de malta, que no es más que el producto de la germinación controlada del trigo o de la cebada, según su destino para la fabricación de pan o cerveza.

Amilasas

El almidón se compone de dos tipos de moléculas de estructura diferente: la amilosa, que está formada por unidades de glucosa que forman cadenas lineales, y de amilopectina, cuyas cadenas de unidades de glucosa están ramificadas. La producción de azúcares fermentables para la levadura se realiza mediante rotura de estas cadenas de moléculas de glucosa por acción de las amilasas, lo que se denomina hidrólisis enzimática. La eficacia de este proceso depende de la temperatura y del grado de hidratación del almidón. Su máximo se alcanza cuando se gelifica el almidón, en los inicios de la cocción.

Las amilasas presentes en la harina al inicio del amasado comienzan su actividad en el momento en que se añade el agua. El

almidón roto durante la molturación del grano de trigo es más rápidamente hidratado, y por tanto, más fácilmente atacable por las enzimas. Estas, actúan en acción combinada: la alfa amilasa va cortando las cadenas lineales en fracciones de menor longitud, llamadas dextrinas, mientras que la beta amilasa va cortando las cadenas en moléculas de maltosa, formada por dos unidades de glucosa.

Como el contenido en beta amilasa del trigo es generalmente suficiente para la actividad requerida en la fermentación, sólo se controla el contenido de alfa amilasa de las harinas antes de su utilización. Durante la fermentación, continúa la acción de las amilasas, y en el momento de introducir el pan en el horno aumenta la actividad hasta el momento en que la temperatura interna de la masa alcanza los límites térmicos de inactivación.

Dependiendo del tamaño de las elaboraciones así como de la temperatura del horno, después de unos 10 minutos aproximadamente, las enzimas de la levadura se desactivan y la célula muere. A medida que aumenta la temperatura de la masa en el horno (76°C), comienza a producirse la gelatinización con lo cual, el almidón se hincha y forma un gel más o menos rígido, en función

de la cantidad de alfa-amilasas presentes, y de su origen. De estos dos factores dependerá el tiempo durante el que se sigue produciendo dextrinización en la masa, en la miga en formación. No obstante, una acción excesivamente prolongada aumenta el volumen del pan con riesgo de derrumbamiento de su estructura, y el resultado de una miga pegajosa, por el contrario, una rápida estabilización de la miga dará un volumen escaso.

Tipos

Las alfa-amilasas pueden obtenerse a partir de hongos o de bacterias.

- Amilasa de origen fúngico.- Se producen por fermentación de una cepa del hongo Aspergillus niger, y es la más utilizada en la fabricación del pan, como alternativa a la harina de malta.

- La alfa-amilasa Bacteriana o maltogénica.- Se produce a partir de la bacteria Bacillus subtilis, y es muy resistente al calor por lo que a temperaturas de 70 a 90º C alcanza su máxima velocidad de reacción. Su principal función es la de evitar la retrogradación del almidón (cuando la amilosa pierde elasticidad al enfriarse) lo que causa sequedad en el pan.

Hemicelulasas

Estas enzimas actúan sobre las pentosanas (Denominación colectiva de las enzimas, que disocian hemicelulosas) es decir, componentes de membranas celulares vegetales. Las hemicelulasas se utilizan, a veces en combinación con amilasa, como enzima de panificación para la mejora de las propiedades de la masa (facilidad de paso por las máquinas, estabilidad) y para la optimización del producto (volumen, consistencia, durabilidad).

Pentosanasas.

Enzima perteneciente a la familia de las hemicelulasas, que descompone el pentosano. Dado que los pentosanos en la harina de trigo se tratan en su mayor parte de xilano, las pentosanasas efectivas al panificar pertenecen en su mayor parte a la subfamilia de las xilanasas.

Xilanasas.

Las xilanasas pertenecen al grupo de enzimas de las pentosanasas. Estas pueden disgregar diferentes sustancias existentes en la estructura de soporte de las membranas celulares vegetales en el caso de la xilanasas, el xilano. Las xilanasas se utilizan como enzima de panificación para mejorar propiedades en

la masas (dilatabilidad, facilidad de paso por las máquinas, estabilidad) y para la optimización del producto terminado (volumen).

Lipasas.

Las lipasas son enzimas que convierten lípidos no polares en diglicéridos y monoglicéridos, es decir emulsificantes.

Lipoxigenasas

La harina de soja activa es el principal portador del enzima lipoxigenasa. En la fabricación de pan de molde y pan de hamburguesas y, en general, en aquellos panes que se desee potenciar la blancura de la miga está recomendado el uso de entre 5 y 10 g/kg. de harina de soja activa.

El efecto de la lipoxigenasa sobre el ácido linoleico, es la formación de hidroxiperóxidos, que producen una oxidación acoplada de sustancias lipófilas, como los pigmentos carotenoides. Esta oxidación ocurre durante la etapa de amasado y da lugar a una miga más blanca y brillante, al mismo tiempo que aumenta el volumen del pan

1.4 Tecnología para Evaluar Correcto Funcionamiento de una Línea de Panificación.

Uno de los factores más importantes para asegurar un producto terminado de excelente calidad es el proceso de producción.

Muchas veces los defectos ocurren no por un desbalance de fórmula ni por la calidad de las materias primas usadas, sino por la calidad del proceso empleado.

Algunos son los factores, dentro del proceso, que inciden en la calidad final sin embargo dos son los más críticos: fermentación y horneo.

A continuación se detalla los equipos utilizados para evaluar estas dos etapas.

Fermentación.- La etapa de fermentación en cámara es para permitir a la barra de pan que se relaje y airee para alcanzar el volumen máximo antes de su entrada al horno.

Los principales factores de influencia en esta etapa son: Temperatura, humedad relativa y tiempo.

Temperatura de cámara: 38°C – 40°C.

Humedad: 80% a 85%

Tiempo: 55 – 60 minutos.

Temperatura de salida de masa: Entre 36 – 39°C.

El equipo utilizado para evaluar el proceso fermentativo (las cámaras de fermentación) se llama escort. Ver figura 1.3

FIGURA 1.3 ESCORT

El escort data es un registrador de datos que permite identificar dentro de la cámara de fermentación, las variaciones tanto de humedad como de temperatura que se registran en la misma.

A continuación se detallan diferentes gráficas con diferentes desempeños en una cámara de fermentación:

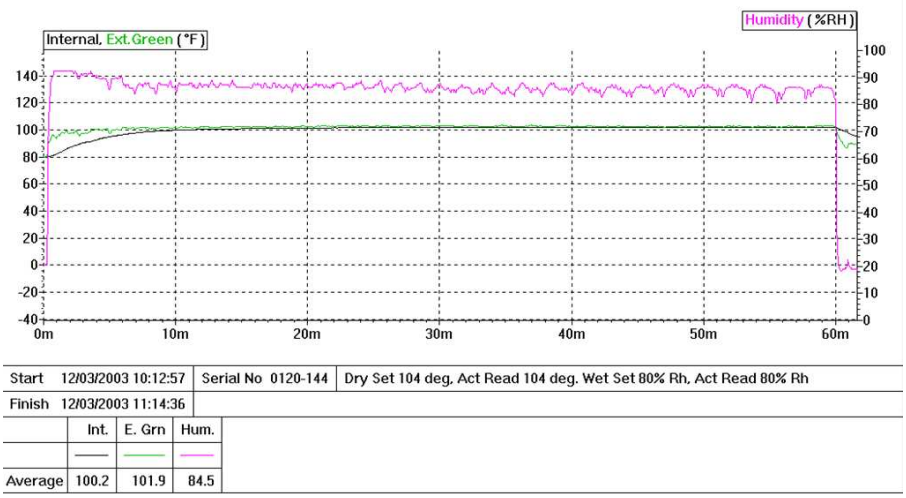

FIGURA 1.4 CURVA DE DESEMPEÑO ÓPTIMO EN UNA CÁMARA

Como se puede observar en las figuras 1.4 y 1.5 el desempeño de la cámara de fermentación es el adecuado alcanzado los valores de humedad y temperatura idóneos para esta etapa del proceso.

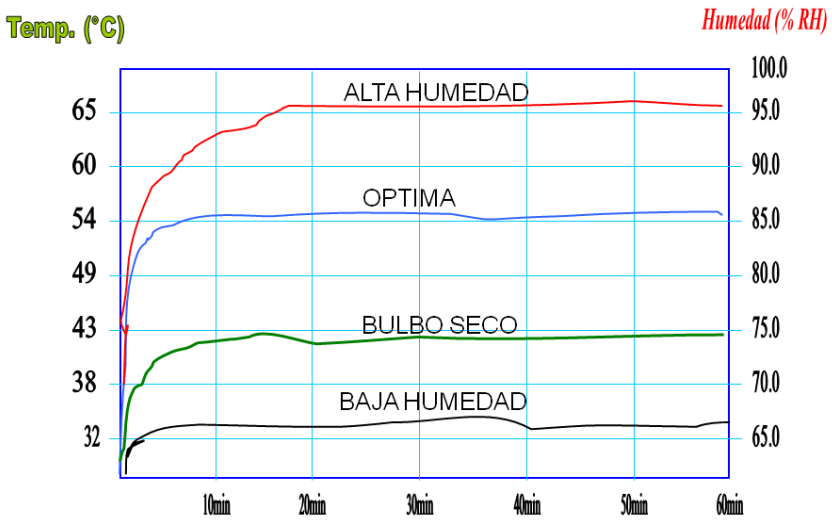

FIGURA 1.5 CONDICIONES DE FERMENTACIÓN IDEALES

La figura 1.6 muestra desempeños deficientes en una cámara de fermentación al existir grandes variaciones de humedad en el interior de la cámara.

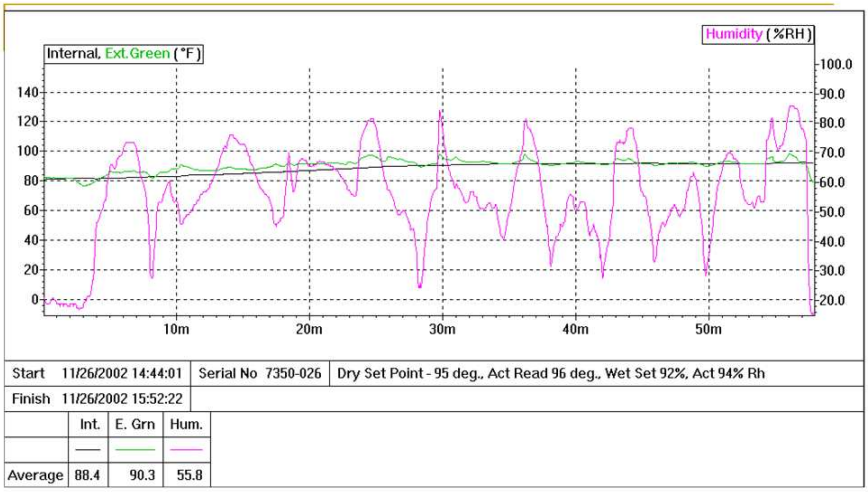

FIGURA 1.6 CONDICIONES DE FERMENTACIÓN DEFICIENTES.

Horneo

Controlar las temperaturas dentro del horno es de vital importancia para permitir así a la masa de pan llegar a las temperaturas óptimas en los momentos que así son necesarios.

Hay 3 etapas dentro del proceso de horneo vitales para asegurar la calidad del producto terminado:

- Inactivación de levadura.- La inactivación de la levadura se produce a los 63°C, temperatura que debe ser alcanzada a la mitad del tiempo de horneo total.

- Gelatinización del almidón.- La temperatura de gelatinización de almidón es de 76°C, la misma que debe ser alcanzada al 65% del tiempo total de horneo.

- Llegada.- Es la temperatura final a la que debe llegar el pan la misma que es de 94°C. Esta debe ser alcanzada al 88% del tiempo total de horneo y debe ser mantenida hasta la salida del pan del horno.

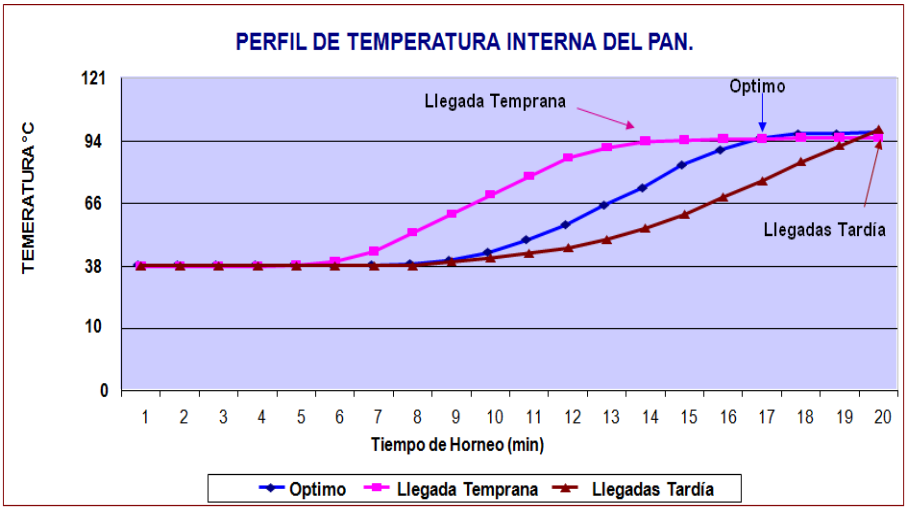

FIGURA 1.7 VARIACIÓN DE TEMPERATURA INTERNA DEL PAN

Para identificar si se están cumpliendo estos parámetros se utilizan diferentes equipos los cuales registran estas temperaturas las mismas que luego son procesadas y graficadas por un programa

En la figura 1.7 se puede observar el perfil adecuado de la temperatura interna del pan.

Uno de esos equipos es el M.O.L.E. el cual se lo puede observar en figura 1.8.

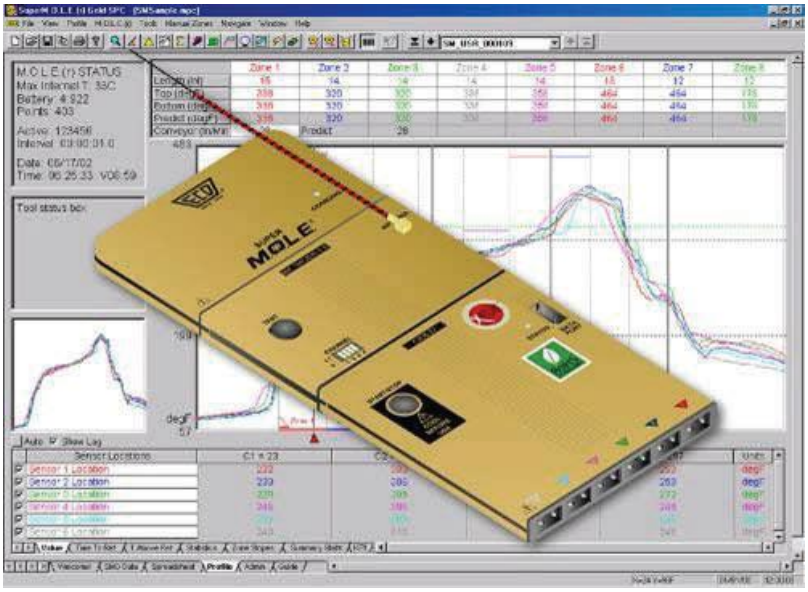

FIGURA 1.8 M.O.L.E.

Este equipo consta de termocuplas, software y caja que funciona como barrera térmica protectora para el equipo.

Consta de 6 termocuplas las mismas que son introducidas tanto en el centro de la masa de pan antes de entrar al horno, así como fuera de la masa para registrar temperaturas tanto en el interior de las masas como en el horno.

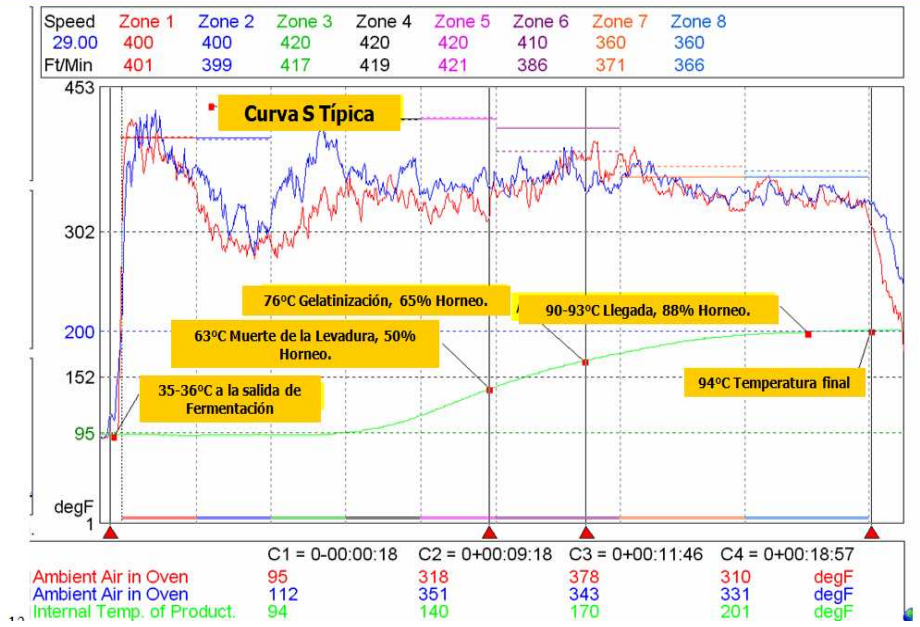

FIG. 1.9 CURVA DE HORNEO PARA PAN TIPO MOLDE

En la figura 1.9 se ilustra cada una de las etapas en un proceso de horneo de pan de molde, detallando temperaturas y tiempos.

1.5 Proceso de Elaboración de Mejoradores de Panificación.

A continuación se detalla el proceso de elaboración de mejoradores para panificación.

- Pesar todos los ingredientes de acuerdo a la fórmula

- Introducir en mezclador los ingredientes de mayor proporción en la fórmula. Por ejemplo: harinas, emulsificantes si fuera el caso.
- Mezclar durante 5 minutos.
- Añadir los ingredientes de menor proporción en la fórmula
- Mezclar durante 15 minutos
- Descargar la mezcla en coches tolvas limpias. Taparlas e identificar correctamente.

1.6 Utilización de Mejoradores en Elaboración de Productos de Panadería.

El uso de aditivos es un hecho generalizado en la industria panadera. Bajo la denominación común de mejorantes o mejoradores, el panadero aporta a la masa mezclas de aditivos autorizados que le suministran las compañías comerciales especializadas. Los violentos cambios introducidos en el sistema de panificación tradicional, tanto por la mecanización como por el acortamiento de los procesos, hacen necesario contar con estos aliados. Con los mejorantes, se pueden paliar los efectos del amasado cada vez más intenso, más rápido, de la tan agresiva división automática, de la reducción de las fermentaciones y reposos, de los nuevos formatos comerciales, con piezas cada vez

más largas y finas, del desplazamiento de los hornos de solera por los de aire forzado o rotativos.

A grandes rasgos, se puede decir que la función que cumplen los mejorantes es la de reforzar las características de la harina, para que la masa resultante pueda ser manipulada en procesos mecanizados.

CAPÍTULO 2

2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA Y SOLUCIÓN

2.1 Observaciones

La elaboración de este aditivo enzimático partió por un requerimiento realizado por una compañía de gran participación en el mercado español debido a que estaban teniendo algunos problemas con su producto líder el cual es el pan de molde blanco.

Estos problemas fundamentalmente eran:

- Colapsamiento de las paredes laterales del pan de molde blanco.
- Aún cuando microbiológicamente el producto no presentaba ningún defecto hasta los 12 días después de su elaboración, sensorialmente el producto se tornaba seco.
- Otra causa para el desarrollo de este aditivo, era poder bajar costos de formulación.

Este último punto no era el más importante, ya que si se lograban solucionar los dos primeros puntos aún a mayor costo, el desarrollo del aditivo ya era justificado.

Como se mencionó en el capítulo anterior, son varios los factores que influyen en la calidad del producto terminado motivo por el cual previo al desarrollo del aditivo, se procedió a realizar un relevamiento del proceso productivo del cliente para determinar posibles defectos en el mismo.

A continuación se detalla brevemente los resultados del relevamiento efectuado:

- Visita a cliente para realizar pruebas con M.O.L.E. en la línea de pan blanco. El producto terminado del cliente presenta colapsamiento de las paredes laterales como se puede observar en la figura 2.1, el mismo que se da luego de enfriado (1 – 2 días).

FIGURA 2.1 COLAPSAMIENTO DE PAREDES LATERALES DEL PAN

Se utilizó el M.O.L.E. en las diferentes líneas, concentrándose en la línea de pan blanco grande. Con termómetro digital se revisó la temperatura interna del pan, la cual era de 95°C.

Las temperaturas de las diferentes zonas del horno eran:

TABLA 2
TEMPERATURAS DE LAS ZONAS DE HORNO

Zona 1	203°C
Zona 2	210°C
Zona 3	268°C
Zona 4	252°C
Zona 5	251 °C

Elaborado por: Héctor Cortázar L. 2012

La primera lectura que dio el M.O.L.E, arrojó el siguiente gráfico:

FIGURA. 2.2 LECTURA DE M.O.L.E EN PROCESO PAN DE MOLDE

Este gráfico confirma que el horno no funcionaba correctamente ya que la temperatura de inactivación de levadura se obtiene luego del 70% del tiempo total de horneo y la temperatura final es de 94°C. ya al 91% del tiempo total de horneo.

Adicionalmente, el tiempo de horneo estaba por debajo de lo seteado ya que se programaba para 32 minutos y el tiempo real era de 28 minutos.

Luego de esta lectura, la temperatura de la zona 1 fue incrementada en 50°C. y la de la última zona se bajó en 20°C.

Este cambio arrojó la siguiente lectura:

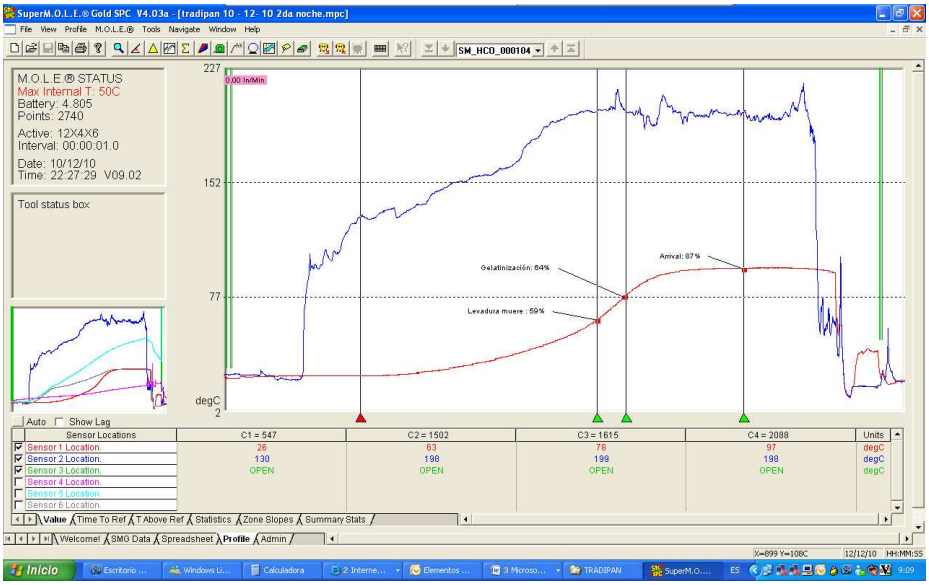

FIGURA 2.3 LECTURA DE M.O.L.E FINAL EN PROCESO DE PAN DE MOLDE

Como se puede observar en la figura 2.3, la temperatura final alcanzada Es de 97°C. y se alcanza al 85% del tiempo total de horneo.

El horno tenía problemas no solo con temperaturas erróneas si no con el tiempo total de horneo (horno programado para 32 minutos de horneo y el tiempo real era de 28 minutos). Sin embargo era necesario aún realizar ajustes para evitar colapsamiento y debido a que las temperaturas de horneo alcanzaron los 97°C. era necesario reforzar aún más el tema de suavidad del producto terminado a los 12 días.

Una vez realizado este relevamiento en planta se procedió a realizar ya las pruebas en laboratorio con diferentes cantidades de una mezcla de enzimas a fin de lograr eliminar el defecto de colapsamiento y de incrementar la vida útil luego de los doce días.

2.2 Desarrollo de Mezclas Enzimáticas

Para el desarrollo del aditivo enzimático que reemplazaría el aditivo utilizado por el cliente se determinó el uso de 4 enzimas básicamente:

- Xilanasas.- Para mejorar volumen y reforzar la red de gluten (disminuir así problemas de colapsamiento).
- Lipasas.- Para reemplazo de emulsificantes y reforzar red de gluten.
- Amilasa maltogénica.- Con la finalidad de mejorar la suavidad del producto terminado luego de 12 días de su elaboración.
- Alfa amilasa.- Con la finalidad de obtener un volumen acorde al producto patrón de ellos.

De acuerdo a especificaciones de los fabricantes se procedió a formular el mejorador a usar, utilizando dosis media de estos aditivos.

La fórmula finalmente usada fue:

TABLA 3

FÓRMULA DE MEJORADOR DESARROLLADO

LIPASA Y HEMICELULASA	0,60%
AMILASA	0,10%
LIPASA	0,20%
AZODICARBONAMIDA	0,23%
ACIDO ASCORBICO	1,00%
HARINA DE TRIGO REPOSTERA	77,27%
HARINA DE SOYA	20,00%
ALFA AMILASA MALTOGENICA	0,60%

Elaborado por: Héctor Cortázar L. 2011

El mejorador fue diseñado para dosificarlo del 0,75 – 1,25% en relación a la harina. Conforme con la dosis máxima y mínima recomendada para cada aditivo.

Variables y Niveles para Pruebas Experimentales.

De acuerdo a esto se realizan tres pruebas con una dosis diferente de la mezcla de enzimas.

Prueba 1.- Con una dosis del 0,75% en relación a la harina

Prueba 2.- Con una dosis del 1% en relación a la harina

Prueba 3.- Con una dosis del 1,25% en relación a la harina.

Todas las pruebas se realizan frente a una prueba patrón utilizando los aditivos que el cliente usaba.

El objetivo de las pruebas experimentales fue probar a diferentes dosis cual de todas evita de mejor forma el colapsamiento de las paredes laterales y con cual se logra mejores resultados en términos de vida útil.

Todas las corridas se realizaron por triplicado y los resultados serán evaluados y comparados frente a fórmula actual del cliente.

TABLA 4

FACTORES Y NIVELES DE EXPERIMENTO

Prueba de aditivo			
Variable	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Dosis de mejorador	0,75%	1%	1,25 %

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

Se consideró un diseño de 3^1, es decir, compuesto por una variable (dosis de aditivo) a 3 niveles: bajo, medio y alto.

Las Variables Fijas son el resto de ingredientes usados en la fórmula del cliente y las condiciones del proceso.

La fórmula utilizada para las pruebas es la que se detalla a continuación.

TABLA 5

FÓRMULA DE PAN DE MOLDE BLANCO

Fórmula	
Ingredientes en gramos	
Harina	1400
Agua a 20°C	715
Levadura	100
Gluten	25
Vinagre	18
Propianato de calcio	5,2
Azúcar	56
Sal	28
Aceite	42
CMC	3,8
Ácido ascórbico	0,042
Ácido sórbico	2
MONODIGLICÉRIDOS	5,6
DATEM	5,6
CF1	2,8

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

En todas las corridas se empleó esta fórmula. Los cambios que se realizaron fueron eliminando los emulsificantes y el aditivo usado por el cliente, reemplazándolo por el aditivo diseñado.

Las pruebas quedaron de la siguiente manera:

TABLA 6

FÓRMULAS PARA PRUEBAS EXPERIMENTALES

Formula				
Ingredientes en gramos	Patrón	Prueba	Prueba	Prueba
	0	1	2	3
Harina	1400	1400	1400	1400
Agua a 20°C	715	715	715	715
Levadura	100	100	100	100
Gluten	25	25	25	25
Vinagre	18	18	18	18
Propianato de calcio	5,2	5,2	5,2	5,2
Azúcar	56	56	56	56
Sal	28	28	28	28
Aceite	42	42	42	42
CMC	3,8	3,8	3,8	3,8
Acido ascórbico	0,042	0,042	0,042	0,042
Acido sórbico	2	2	2	2
MONODIGLICERIDOS	5,6			
DATEM	5,6			
CF1	2,8			
Mejorador pan de molde		10,5	14	17,5

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

Para realizar los análisis de textura y volumen se emplearon las siguientes técnicas.

Determinación de Volumen.

Principio:

Medida del volumen desplazado en el transcurso de la determinación.

Materiales y Equipos:

- Bolitas de polietileno
- Recipientes metálicos o moldes
- Regla de metal
- Probeta

Procedimiento:

- Introducir el pan en un recipiente de metal más grande que la muestra.

- Cubrir la muestra con las bolitas de polietileno y con una regla de metal, envasar al nivel del recipiente.

- Sacar la muestra con cuidado de no dejar caer las bolitas de polietileno.

- Con una probeta graduada reemplazar el espacio dejado por la muestra con bolitas de polietileno y envasar al nivel del recipiente.

- Anotar el volumen representado por las bolitas de polietileno usadas.

Interpretación de Resultados:

Los resultados se expresan en centímetros cúbicos.

Determinación de textura

Para medir la textura de las muestra se usó un texturómetro modelo TA.XT plus (Figura 2.4) el cual mide la fuerza necesaria para introducir la punta del equipo sobre la superficie de la muestra a medir.

Las unidades de lectura vienen dadas en Kg.f/s con lo cual a mayor lectura, mayor es la fuerza necesaria para introducir la punta del equipo en la muestra.

FIGURA 2.4 TEXTURÓMETRO

Análisis de resultados.- Se realizaron para el caso de textura 3 lecturas:

- Primera lectura al día 0
- Segunda lectura al día 8
- Tercera lectura al día 15

Los datos obtenidos en la lectura del texturómetro se pueden observar en el apéndice A.

A continuación se detallan los análisis estadísticos de los datos

Resultados al día 0.

TABLA 7

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA, DÍA 0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio
Entre grupos	84,2027	3	28,0676
Intra grupos	38,2935	8	4,78669
Total (Corr.)	122,496	11	

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

Según el valor P de 0,02 de la tabla 7 el cual es inferior a 0,05 se puede afirmar que hay una diferencia significativa con un 95% de confianza.

En el contraste múltiple de rango de la tabla 8 se pueden apreciar los grupos homogéneos.

TABLA 8

GRUPOS HOMOGÉNEOS, DÍA 0

Contraste Múltiple de Rango

Método: 95,0 porcentaje LSD			
	Frec.	Media	Grupos homogéne
P3	3	280,907	X
P2	3	282,9	XX
P0	3	285,826	XX
P1	3	287,804	X

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

En la figura 2.5 de medias y errores se puede comprobar así mismo los grupos homogéneos.

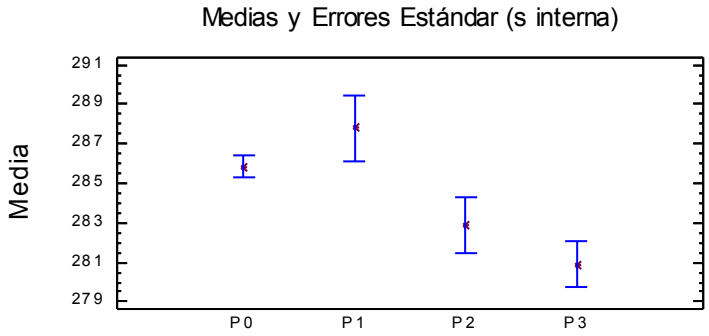

FIGURA 2.5 MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR AL DÍA 0

Como conclusión previa a se puede decir que la prueba 2 es igual a la prueba 3 al día 0, sin embargo la prueba 0 (prueba patrón) no es igual a la prueba 3

Resultados al día 8

TABLA 9

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA, DÍA 8

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio
Entre grupos	35966,7	3	11988,9
Intra grupos	68,4803	8	8,56004
Total (Corr.)	36035,1	11	

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

Según el valor P de 0,0000 de la tabla 9 el cual es inferior a 0,05 se puede afirmar que hay una diferencia significativa con un 99% de confianza.

En el contraste múltiple de rango de la tabla 10 se pueden apreciar los grupos homogéneos.

TABLA 10

GRUPOS HOMOGÉNEOS, DÍA 8

Contraste Múltiple de Rango

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Frec.	Media	Grupos homogéne
P38	3	281,602	X
P28	3	284,13	X
P18	3	387,044	X
P08	3	397,177	X

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

En la figura 2.6 de medias y errores se puede comprobar así mismo los grupos homogéneos.

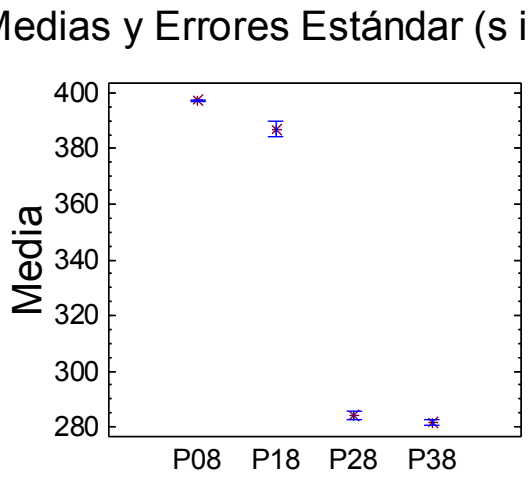

FIGURA 2.6 MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR AL DÍA 8

A los 8 días no hay diferencia significativa entre la prueba 2 y la prueba 3 pero ya se marcan diferencias con la prueba patrón y con la prueba 1.

Resultados al día 15

TABLA 11

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA, DÍA 15

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio
Entre grupos	32319,1	3	10773,0
Intra grupos	47,8808	8	5,9851
Total (Corr.)	32367,0	11	

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

Según el valor P de 0,0000, de la tabla 11, el cual es inferior a 0,01 se puede afirmar que hay una diferencia significativa con un 99% de confianza.

En el contraste múltiple de rango de la tabla 12 se pueden apreciar los grupos homogéneos.

TABLA 12
GRUPOS HOMOGÉNEOS, DÍA 15

Contraste Múltiple de Rango

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Frec.	Media	Grupos homogéne
P312	3	296,361	X
P212	3	296,775	X
P112	3	395,059	X
P012	3	405,169	X

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

En la figura 2.7 de medias y errores se puede comprobar así mismo los grupos homogéneos.

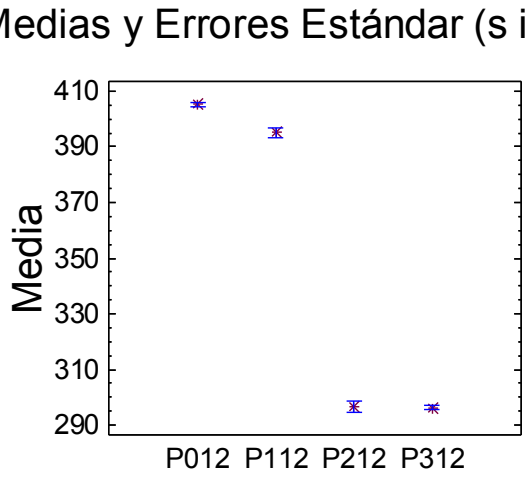

FIGURA. 2.7 MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR AL DÍA 15

La prueba 2 y la prueba 3 son iguales, en ese caso da igual usar el nivel máximo como el medio. Las otras son diferentes. Faltaría analizar el volumen para definir la dosis adecuada

Volumen

Para el caso de volumen se realizó una sola lectura que fue al día 0 ya que este no varía con el tiempo.

TABLA 13

RESULTADOS ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio
Entre grupos	267189,0	3	89062,9
Intra grupos	5754,0	8	719,25
Total (Corr.)	272943,0	11	

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

Según el valor P de 0,0000 el cual es inferior a 0,01 se puede afirmar que hay una diferencia significativa con un 99% de confianza.

En el contraste múltiple de rango se pueden apreciar los grupos homogéneos.

TABLA 14
GRUPOS HOMOGÉNEOS EN VOLUMEN

Contraste Múltiple de Rango

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Frec.	Media	Grupos homogéne
P0	3	2921,67	X
P1	3	3105,33	X
P2	3	3272,0	X
P3	3	3291,67	X

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

La prueba 2 y la prueba 3 son iguales en volumen y son diferentes a las otras dos.

En conclusión resulta indistinto usar mejorante en dosis del 1% como al 1,25%. Se toma la dosis de 1% (prueba 2) por que el costo sería menor con resultados semejantes. Por lo tanto el uso de enzimas en reemplazo de emulsificantes resulta positivo al alcanzarse mejores características relacionadas con volumen y textura del pan tipo molde, por ende se lograría una mejora en la vida útil ya que se retarda la retrogradación del almidón.

2.3 Formulación del pan

Luego de analizados los resultados obtenidos, la fórmula final queda de la siguiente manera como se ve en tabla 15:

TABLA 15

FÓRMULA FINAL DE PAN DE MOLDE

Fórmula	Gramos
Ingredientes en gramos	Prueba
	2
Harina	1400
Agua a 20°C	715
Levadura	100
Gluten	25
Vinagre	18
Propianato de calcio	5,2
Azúcar	56
Sal	28
Aceite	42
CMC	3,8
Acido ascórbico	0,042
Acido sórbico	2
Mejorador pan de molde	14

Elaborado por: Héctor Cortázar 2012

2.4 Descripción del proceso

El proceso de elaboración del pan de molde se detalla a continuación:

Recepción de materias primas

Pesado de ingredientes de la fórmula,- Esta etapa es considerada un Punto crítico de control

Amasado.- En este proceso se mezclan los ingredientes de forma homogénea y se forma la red de gluten. Este proceso depende del

tipo de amasadora empleada. Generalmente puede tomar entre 4 – 12 minutos. Esta etapa es considerada un punto crítico de control.

División.- Etapa de proceso que consiste en dividir la masa total en porciones de acuerdo al peso deseado .El pan de molde sin corteza patrón contiene los siguientes ingredientes: harina de trigo fortificada, agua, azúcar, levadura fresca, grasa vegetal, sal, acondicionador de masa, propionato de calcio y sorbato de potasio. Esta etapa es considerada un Punto crítico de control. Ver figura 2.8

FIGURA 2.8 DIVISORA

Boleo.- Consiste en dar forma redonda a la masa para evitar que las masas se peguen y además retener el gas.

Acondicionamiento.- Etapa en la cual la masa luego de boleada se pre fermenta para otorgar flexibilidad a la misma.

Moldeo.- Etapa que consiste en laminar la masa y dar forma deseada. Es importante realizar un moldeo apropiado para evitar formación de agujeros posteriormente en la miga de pan. Esta etapa es considerada un punto crítico de control. Ver figura 2.9

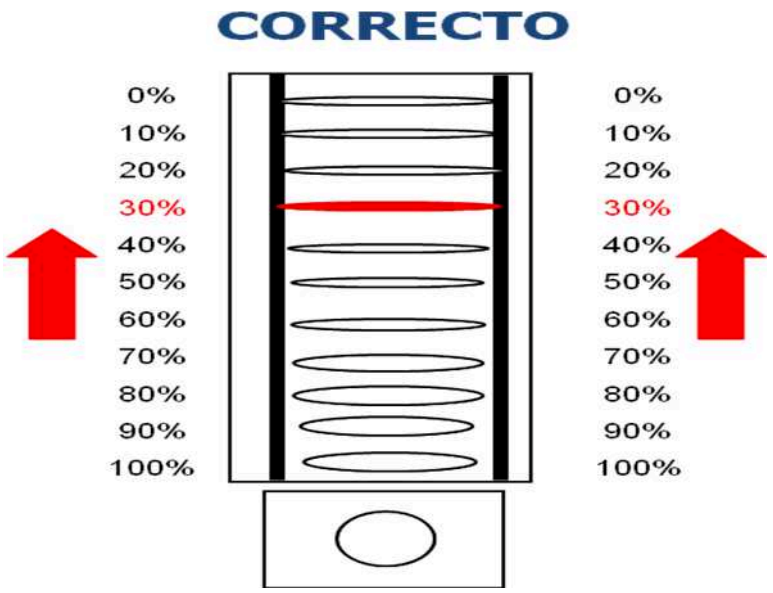

FIGURA 2.9 CORRECTO MOLDEADO DE PAN DE MOLDE

Fermentación.- Etapa que consiste en aplicar calor y vapor a los moldes de pan con la finalidad de dar condiciones apropiadas a la levadura para su generación de CO2. Esta etapa es considerada un punto crítico de control.

Horneo.- Posteriormente los panes son sometidos a cocción para obtener finalmente el producto terminado. Esta etapa es considerada un Punto crítico de control.

Enfriado.- Luego el producto es transportado a través de bandas en un ambiente aséptico con la finalidad de enfriarlo hasta llegar a una temperatura entre 35 – 37°C. ideal para el proceso posterior. Esta etapa es considerada un punto crítico de control.

Rebanado.- El producto para este proceso debe tener una temperatura de 35 – 37°C.

Empacado.- El empacado se realiza en fundas de polietileno de alta densidad y en diferentes formatos

Almacenamiento.- Se almacena en cámaras a temperatura ambiente (aprox. 25°C) hasta su liberación**.**

2.5 Diagrama de flujo

De acuerdo al proceso detallado líneas arriba, a continuación se detalla un diagrama del flujo en la figura 2.10

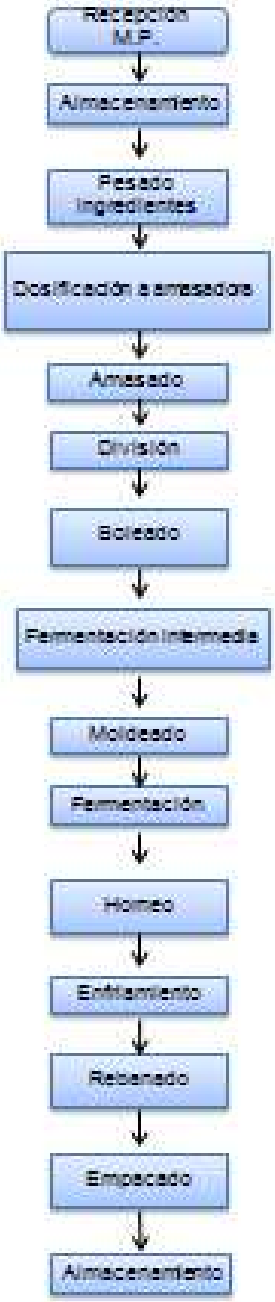

FIGURA 2.10 DIAGRAMA DE FLUJO DE PAN DE MOLDE

2.6 Descripción de Equipos

Los equipos necesarios para la fabricación de pan de molde de manera industrial, son:

- **Amasadora espiral.-** La amasadora espiral está diseñada para todo tipo de masas. Tiene un amasado de dos velocidades, de fácil manejo, y reduce drásticamente los tiempos de amasado de las amasadoras tradicionales de horquilla o de brazos verticales.

- **Divisora volumétrica.-** No requieren peso previo del conjunto de la masa ya que la totalidad de la misma se vacía en la tolva de la divisora. Esta tolva debe estar permanentemente cargada, ello implica una correcta cadencia entre el amasado y el vaciado de modo tal que la divisora tenga permanentemente masa para dividir. La integración de este equipo es indispensable en una línea de producción industrial, si queremos evitar la ruptura de la continuidad.

- **Pre-fermentadora.-** Esta cámara constituida por perchas que pueden contener pequeños bolsillos o un recipiente continuo sin divisiones, recibe las masas recién divididas.

  Estas especie de perchas móviles que se desplazan en sentido vertical y horizontal permiten que la masa repose luego de la división y/o bollado. Es decir que se recupere de las tensiones a las que fue sometida.

  El bollado se justifica por la degradación que se produce, aunque sea muy leve, de la masa durante el proceso de división en continuo. La finalidad es reconstituir la homogeneidad de la masa. Esta debe ser una red continua sin desgarros para evitar que la masa se venga abajo durante la fermentación final. Por esto es importante el bollado seguido de un período de reposo, que permite reducir la tenacidad de la masa producida durante el bollado.

- **Moldeadora.-** Las máquinas industriales son generalmente de tipo horizontal. En las plantas industriales se dispone de más espacio y esto permite realizar los tratamientos mecánicos sobre

la masa de manera progresiva, asegurando una producción importante -1.500 a 2.500 piezas por hora.

- **Cámara de Fermentación.-** consta de una cabina en la cual se inyecta vapor a temperatura alrededor de los 37°C para dar condiciones óptimas a la levadura para la generación de CO2, como se puede observar en la figura

FIGURA 2.11 CÁMARA DE FERMENTACIÓN

- **Horno.-** Existen varios tipos de hornos para productos panificados. El más recomendado para elaboración de p de molde son los hornos de túnel como el que se observa en la figura 2.12

FIGURA 2.12 HORNO DE TÚNEL

Estos hornos constan, dependiendo del horno de diferentes zonas de calentamiento cada una provista de su propio quemador. La temperatura de cada zona será la necesaria para lograr las curvas óptimas de calor dentro del pan como se pudo ver en el capítulo anterior.

- **Enfriador.-** Bandas transportadoras en un ambiente aséptico.
- **Rebanadora.-** La rebanadora es un equipo en el cual se corta el pan en tajadas. El grosor de las tajadas dependerá de la separación existente entre las cuchillas.
- **Enfundadora.-** Para el envasado automático del pan de molde
- **Atadora**

2.7 Análisis de Costos Directos en la Fabricación del Pan.

Para analizar los costos de fabricación únicamente se tomará en cuenta el costo relacionado con las materias primas ya que al no variar ninguna consideración en particular en el proceso, los costos relacionados a este (mano de obra y energía) se mantienen constantes.

TABLA 16

CÁLCULO DE COSTOS EN FÓRMULA PAN DE MOLDE

Producto	Kilos	Costo/kilo	Costo fórmula patrón	Costo fórmula Prueba 2
Harina	1,4	$ 1,02	$ 1,42	$ 1,42
Agua a 20°C	0,715	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
Levadura	0,1	$ 4,84	$ 0,48	$ 0,48
Gluten	0,025	$ 5,60	$ 0,14	$ 0,14
Vinagre	0,018	$ 1,20	$ 0,02	$ 0,02
Propianato de calcio	0,0052	$ 2,94	$ 0,02	$ 0,02
Azúcar	0,056	$ 1,00	$ 0,06	$ 0,06
Sal	0,028	$ 0,26	$ 0,01	$ 0,01
Aceite	0,042	$ 1,96	$ 0,08	$ 0,08
CMC	0,0038	$ 3,92	$ 0,01	$ 0,01
Acido ascórbico	0,00042	$ 6,30	$ 0,00	$ 0,00
Acido sórbico	0,002	$ 6,00	$ 0,01	$ 0,01
MONODIGLICERIDOS	0,0056	$ 6,30	$ 0,04	
DATEM	0,0056	$ 7,84	$ 0,04	
CF1	0,0028	$ 38,00	$ 0,11	
Mejorador pan de molde	0,0014	$ 62,85		$ 0,09
TOTAL			$ 2,44	$ 2,35

Elaborada por: Héctor Cortázar 2012

Como se puede observar en la tabla 16, con la propuesta de mejorador se pueden reducir un 4% en los costos de materias primas en comparación con la prueba patrón.

CAPÍTULO 3

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- El uso del aditivo enzimático puede reemplazar al uso de emulsificantes (en este caso) ya que se logró cumplir con las expectativas iniciales de la industria que fueron a eliminar colapsamiento de las paredes y mejorar suavidad del producto. La dosis ideal de mejorador para este caso fue del 1%.

- El ahorro en costos al usar el mejorador desarrollado en lugar del empleado en la fórmula patrón fue del 4% (considerando para este análisis únicamente los costos relacionados a materia prima) lo cual contribuyó al plan de reducción de costos deseado por el cliente.

RECOMENDACIONES:

- Se sugiere realizar, antes de cualquier modificación en una fórmula, una revisión a las etapas críticas del proceso ya que estas son de gran influencia en la calidad del producto terminado.

- Realizar monitoreos constantes a las líneas de producción para asegurar su correcto funcionamiento ya que este factor puede incidir en las características sensoriales del pan.

- Se recomienda realizar aplicaciones en otros productos panificados a fin de evaluar el comportamiento de este aditivo en diferentes formulaciones.

- Considero conveniente, ya que se obtuvieron resultados, probar con otras mezclas enzimáticas que pueden generar incluso mejores resultados a los obtenidos en este estudio.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Hoja Resultados Texturómetro

Textura (kgf/s)	Día 0	Día 8	Día 12
Prueba 0	285,78	397,65	405,23
Prueba 0	286,79	396,65	404,15
Prueba 0	284,908	397,23	406,12
Prueba 1	290,257	392,22	397,35
Prueba 1	288,567	382,26	396,55
Prueba 1	284,59	386,65	391,29
Prueba 2	281,345	283,17	299,56
Prueba 2	281,678	282,32	293,11
Prueba 2	285,678	286,9	297,65
Prueba 3	282,865	283,28	295,32
Prueba 3	278,876	279,77	296,31
Prueba 3	280,98	281,77	297,45

Hojas resultados volumen

Día 0	Volumen c.c.
Prueba 0	2950
Prueba 0	2925
Prueba 0	2890
Prueba 1	3120
Prueba 1	3095
Prueba 1	3101
Prueba 2	3226
Prueba 2	3290
Prueba 2	3300
Prueba 3	3276
Prueba 3	3298

Prueba 3	3301

BIBLIOGRAFÍA

1. Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios, CODEX STAN 192-1995, Rev. 2011. pp 158
2. U.S. Code of Federal Regulations: 21 CFR, Food and Drugs. CFR 184-1081, 184.1221 y 184.1784
3. Revista difusión y consumo, edición enero – febrero 2011
4. Vigésimo Informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, Ginebra, 1976, Serie de informes técnicos de la OMS Nº 599.
5. AIB, American Institute of Baking, Uso de enzimas en panificación, Kansas, 2006
6. CALDERON, B. Conceptos básicos del statgraphics, UNIZAR, Zaragoza. www.unizar.es/3w/Materiales/doctorado/Manualstatg2.1.pdf
7. Danisco Cultor. Unos de enzimas en panificación, Brasil, 2004