

**DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE SORBATO DE POTASIO,
PROPIONATO DE CALCIO Y EXTRACTO DE TORONJA CON MAYOR
SINERGISMO EN EL INCREMENTO DE LA VIDA DE ANAQUEL DE UN PAN
DE MOLDE**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería




**DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE SORBATO DE POTASIO,
PROPIONATO DE CALCIO Y EXTRACTO DE TORONJA CON MAYOR
SINERGISMO EN EL INCREMENTO DE LA VIDA DE ANAQUEL DE UN PAN
DE MOLDE**

Trabajo de graduación presentado por Vladimir Iván Pérez Soto
para optar al grado académico de Maestría en Tecnología de
Alimentos y Gestión

Guatemala,


2015

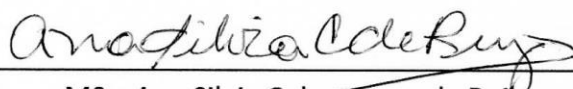
Vo.Bo. :

(f) 
MSc. Hilda Piedad Palma de Martini
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 
MSc. Hilda Piedad Palma de Martini

(f) 
Dra. ~~Marializ~~ Gramajo Rodríguez

(f) 
MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: Guatemala 20 de noviembre 2015

CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
CAPÍTULOS	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	2
A. El pan	4
1. Materia prima para su elaboración	5
a. Harina	5
b. Edulcorante	6
c. Sal	6
d. Agua	7
e. Levadura	7
a. Otros ingredientes	8
B. Conservantes	9
1. Propionato de sodio	10
2. Sorbato de potasio	11
3. Extracto de semilla de toronja	12
C. Alteraciones microbiológicas de productos de panificación	13
1. Alteración por mohos	14
2. Alteración bacteriana	14
D. Proceso de elaboración del pan	15
1. Formulación	15
2. Mezclado	15
3. Refinamiento	15
4. Forjado	16
5. Fermentación	16
6. Cocción	17

	7. Envasado	17
III.	JUSTIFICACIÓN	18
IV.	OBJETIVOS	21
	A. Generales	21
	B. Específicos	21
V.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	22
	A. Definición operacional de las variables	22
	B. Variables independientes	23
	C. Variables dependientes	23
	D. Delimitación del campo de estudio	23
	E. Recursos Humanos	23
	F. Recursos materiales disponibles y equipo	24
	1. Materia prima y aditivos	24
	2. Equipo a utilizar	24
	3. Equipo de laboratorio a utilizar	25
	G. Técnica cuantitativa	25
	1. Diseño general	25
	H. Recolección y ordenamiento de la información	26
	I. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	26
	1. Metodología experimental para la determinación del crecimiento de mohos en el pan de molde	26
	2. Metodología de análisis organoléptico del producto de panificación realizado con la mezcla de preservantes	28
	3. Metodología de análisis del tiempo de vida en anaquel de un pan de molde	29
	J. Análisis estadístico	30
VI.	RESULTADOS	33
	A. Formulaciones	33
	1. Combinación de preservantes	33
	2. Tiempo de vida en anaquel primera corrida	34

3.	Tiempo de vida en anaquel segunda corrida	35
4.	Tiempo de vida en anaquel tercera corrida	36
5.	Tiempo de vida en anaquel a diferentes temperaturas	37
6.	Promedio de la prueba Hedónica	38
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
VIII.	CONCLUSIONES	46
IX.	RECOMENDACIONES	47
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
XI.	ANEXOS	51
A.	Pruebas Hedónicas	51

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Aditivos permitidos según el RTCA para productos de panificación	9
Tabla 2. Ficha técnica: propionato de sodio	11
Tabla 3. Ficha técnica: sorbato de potasio	12
Tabla 4. Definición operacional de las variables para el proceso	22
Tabla 5. Prueba hedónica	29
Tabla 6. Datos típicos para el diseño de bloques al azar	30
Tabla 7. Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio	32
Tabla 8. Formulaciones de las muestras	33
Tabla 9. Tiempo de vida en anaquel: 1ra corrida a condiciones comerciales	34
Tabla 10. Tiempo de vida en anaquel: 2da corrida a condiciones comerciales	35
Tabla 11. Tiempo de vida en anaquel: 3ra corrida a condiciones comerciales	36
Tabla 12. Tiempo de vida en anaquel a diferentes temperaturas	37
Tabla 13. Promedio de la prueba hedónica	38
Tabla 14. Análisis de la varianza del tiempo de vida en anaquel	38
Tabla 15. Cuadro de análisis de la varianza	39
Tabla 16. Prueba hedónica 1ra formulación	51
Tabla 17. Prueba hedónica 2da formulación	52
Tabla 18. Prueba hedónica 3ra formulación	52
Tabla 19. Prueba hedónica 4ta formulación	53
Tabla 20. Prueba hedónica 5ta formulación	53
Tabla 21. Prueba hedónica 6ta formulación	54
Tabla 22. Prueba hedónica 7ta formulación	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Tipos de harina	6
Figura 2. Levaduras	8
Figura 3. Pérdida de cereales	19

RESUMEN

En el área de procesamiento de alimentos de Panificadora La Corona y en el laboratorio de alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala, se realizó el análisis del sinergismo de conservantes en un pan de molde y su impacto en la vida de anaquel.

Se tuvo por objeto establecer el efecto conservador de cada uno de los preservantes a utilizar de manera separada y de forma conjunta, permitiendo establecer la diferencia entre cada uno de los conservantes y su efecto en conjunto. Se utilizó sorbato de potasio, propionato de calcio y extracto de semilla de toronja y se determinó su tiempo de vida en anaquel.

Para determinar el tiempo de vida en anaquel se realizó un solo lote con diferentes formulaciones de conservantes adicionados. En este proceso se realizaron siete formulaciones en triplicado para la definición estadística. Estas muestras consisten en:

- a. Propionato de calcio
- b. Sorbato de potasio
- c. Extracto de toronja
- d. Propionato de calcio y sorbato de potasio
- e. Propionato de calcio y extracto de toronja.
- f. Sorbato de potasio y extracto de toronja.
- g. Propionato de calcio, sorbato de potasio y extracto de toronja.

Debido a que el tiempo de vida en anaquel de los productos de panificación en el caso de los fermentados son de baja duración, 15 días aproximadamente, se realizó bajo condiciones comerciales (temperatura y presión ambiental) debido a que no interrumpe el ciclo del estudio. Así también en cuanto a las dosificaciones del conservante se utilizarán las dosis máximas permitidas por las regulaciones del RTCA de aditivos o el CODEX.

Se midió las variaciones sensoriales del producto y su aceptación por parte del consumidor mediante un examen hedónico utilizando la escala hedónica de puntos.

La muestra de Sorbato de Potasio demostró los mejores resultados de vida en anaquel en conjunto con la muestra de Propionato de Calcio y muestra de la mezcla de ambos. Estas muestras contenían propionato de calcio y sorbato de potasio. Obteniendo los mejores resultados sensoriales el propionato de calcio. Para determinar el efecto de la temperatura en la vida de anaquel se realizó una variación de temperatura de 35 °C, 4 °C y temperatura ambiente. Estableciendo que la conservación a 4°C maneja los mejores tiempos de vida en anaquel y teniendo correlación con respecto a las mismas formulaciones a temperatura ambiente.

I. INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial y cuyo valor monetario afecta directamente la canasta básica de la familia. A nivel comercial cuenta con características que desfavorecen la reducción del valor económico que este tiene, como lo es su vulnerabilidad a la descomposición por crecimiento de mohos. Para un crecimiento microbiológico solo es necesario un medio y un sustrato en el caso del pan la elevada actividad de agua que contiene y la cantidad de nutrientes básicos que tiene lo hace un alimento sujeto a una descomposición acelerada a pesar del uso de conservantes.

La industria ha tomado esta serie de desventajas y creó productos alternativos o procesos para remediar la descomposición acelerada; estos procesos básicamente consisten en un reproceso térmico y una reducción de la actividad de agua en el producto. A pesar de estas soluciones se contabiliza que la rentabilidad del producto disminuye notablemente y el consumo de los subproductos del pan procesado son mínimos. Con el fin de abarcar el mercado sin necesidad de tener pérdida por la descomposición del alimento la industria absorbe un porcentaje de pérdida en la cantidad de producto que se vende, es decir que dentro del producto que se vende se aumenta todo aquel que se descompone para cumplir con los fines comerciales.

La prolongación del tiempo de vida en anaquel por medio de la determinación de la mejor combinación de conservantes tendría repercusiones económicas en torno al mercado y de principal importancia en un producto de consumo básico.

II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

En el año 2008 en la Universidad de Caldas, Colombia, se planteó la investigación de realizar el reemplazo del conservante, propionato de calcio, por el extracto de romero debido a su poder antifúngico y micostático. Se realizó una extracción del compuesto por medio de un equipo soxhlet y se sometió a un análisis comparativo de sus características sensoriales por medio de un análisis sensorial hedónico y de perfil. Los resultados obtenidos se analizaron por medio de una varianza y un gráfico radial sin embargo no se presentó una desviación significativa y los atributos físicos se mantuvieron constantes. Una de las desventajas del estudio fue que el producto final conservo el sabor a romero de manera muy predominante (Mejía, 2008).

En el Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental de la Universidad de las Américas Puebla en el año 2011 se realizó una investigación documental que consistió en identificar el cambio de las características sensoriales del pan en su deterioro y los posibles aditivos comerciales que tienen un alto impacto en la preservación de estas características. Dentro de estas podemos encontrar la dureza de la miga, textura correosa de la corteza, pérdida de agua y cambios de sabor; estas alteraciones son causadas por un conjunto de fenómenos complejos como lo son la retrogradación del almidón, migración de agua, alteraciones en los compuestos del aroma y del sabor y las interacciones almidón-gluten. Concluyendo que los más efectivos son las amilasas y la HPMC, así como también se pueden considerar los procesos alternativos como el uso de masas congeladas y el horneado en dos etapas (Quintan, 2013).

En enero de 2011 en el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia en la ciudad de la Habana, Cuba, se determinó cómo la aplicación de una solución al 1% de propionato de calcio y sorbato de potasio al panqué en el momento del envasado aumentó el tiempo de vida en anaquel 103 días a 141. A las formulaciones de panqué se les adicionó 0.15% de propionato de calcio y

0.07% de sorbato de potasio. Estas muestras fueron envasadas en bolsas de polipropileno, embalaron en cajas de cartón corrugado y se almacenaron a temperatura ambiente. Este estudio demostró el sinergismo que puede existir en varios parámetros que están directamente interrelacionados con el crecimiento microbiano (Álvarez, 2011).

En la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción se estudió la “Influencia del envasado sobre la vida útil del pan precocido”. El estudio analiza una nueva alternativa de conservación a través del envasado en una atmósfera modificada por medio del reemplazo de oxígeno por dióxido de carbono y nitrógeno. Se realizaron diferentes concentraciones de atmósferas modificadas sometiendo a análisis microbiológicos, físico-químicos y sensoriales. El estudio concluyó con el incremento de 8 días de vida en anaquel extras al tiempo de vida comercial.

En la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en noviembre de 2007 se evaluaron las características de calidad de pan integral tipo sándwich, fabricado por panificadoras guatemaltecas: frescura, contenido de preservante (propionato de calcio) y condiciones de almacenamiento. El estudio se basó en las normas COGUANOR para determinación de frescura y del contenido de preservante, sin embargo, se hizo la comparación con el Codex Alimentarius, concluyendo que los panes sándwich contenían menos del límite máximo permisible de 0.38 g/Kg (Tinoco, 2007).

En la Universidad Nacional de Callao, Perú, en la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos se realizó el estudio del efecto del propionato de calcio y biocitrol sobre el crecimiento de mohos en el pan de molde blanco. Se hicieron formulaciones de 1500, 2000 y 3500 ppm de propionato de calcio almacenados a una temperatura de 19 °C, realizándose pruebas fisicoquímicas y microbiológicas cada 48 horas. Así mismo se hicieron formulaciones de 1500, 2000 y 2500 ppm de biocitrol concluyendo que la mejor muestra fue P-3500 con 16.5 días de vida

en anaquel y para el biocitrol fue de B-2000 con 12 días de vida en anaquel. Finalmente se determinó que la temperatura de almacenamiento afecto entre un 16-20% la vida en anaquel (Hernández, 2011).

En la Universidad del Zulia en Venezuela, Maracaibo, se desarrolló la investigación de la composición y actividad microbiana del aceite esencial de toronja (*Citrus paradisi*). Se obtuvo el aceite esencial de las cortezas de toronja cultivadas en la región de zuliana, por el método de hidrodestilación y se caracterizó empleando las técnicas de cromatografía de gas con detección FID y cromatografía de gas-espectrometría de masa. La actividad microbiana del aceite esencial de toronja se realizó mediante la prueba de susceptibilidad Bauer-Kirby. Se identificaron 38 componentes en el aceite esencial de toronja. El monoterpeno limoneno fue el componente más abundante con un 65.49%, aldehídos 2.45%, alcoholes 3.62%. Todas las bacterias ensayadas *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocitogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella spp.*, fueron resistentes al aceite esencial de toronja (Soto, 2010).

A. EL PAN

El pan ha formado parte de la dieta básica de muchos países del mundo a lo largo de miles de años e incluso hoy en día constituye una parte importante en la dieta diaria. Su consumo se ha debido a ser alimento básico de calidad a la vez nutritivo y delicioso (Sheasby, 2005).

Inicialmente el pan se horneaba en hornos de piedras que debido a ser poco prácticos se dejaron de usar con el paso del tiempo. A lo largo de los siglos se fueron creando amplia gama de panes incorporando ingredientes y aromatizantes, de manera que surgió una variedad de deliciosos sabores. Todos estos panes presentan diferentes formas, tamaños, texturas y olores.

Las tiendas especializadas y supermercados presentan hoy en día una variedad de panes que se elaboran de maneras industriales y que han dejado muy por atrás las técnicas artesanales.

Dentro de las técnicas más rudimentarias del pan se encuentra el pan sin fermentar y sin conservantes, debido a que existía poco conocimiento sobre los procesos de fermentación y descomposición del pan las maneras artesanales de la producción de pan consistieron en la elaboración de panes altamente salados para inhibir el crecimiento microbiológico y al mismo tiempo de muy baja actividad de agua por las horneadas excesivas (Reinhart, 1998).

1. Materia prima para su elaboración. El pan incluye ingredientes básicos e ingredientes secundarios, dentro de los básicos podemos considerar: harina, levadura, agua y sal. Por otra parte, los secundarios son todos aquellos que han dado diferentes sabores y preservado las características del pan como leche, queso, enzimas, frutas, jamones, ácidos y preservantes.

a. Harina. La harina tiene que ser en su mayor composición de trigo debido a que esta contiene almidones y amilopectinas que confieren características vitales al pan además de contener proteínas como la gliadina y gluteína que dado los esfuerzos mecánicos o manuales producen uniones denominadas gluten, este es lo que le confiere al pan la capacidad de ser leudado y que pueda conservarse suave (Sheasby, 2005).

Actualmente se adicionan una variedad de harinas a diferentes tipos de pan para obtener diferentes sabores y texturas, dentro de estas se pueden encontrar: harina de arroz, centeno, salvado, soya, maíz, salpor y otras.

Figura No. 1 Tipos de harina



Fuente: <http://ileypanes3.tripod.com/id309.html>

b. Edulcorante. Esencialmente en panadería se utiliza el azúcar como edulcorante fundamental, aunque hoy en día se están haciendo sustituciones con edulcorantes no calóricos como la sucralosa para contribuir en las reducciones calóricas de las dietas.

El azúcar tiende a contribuir de manera insignificante al proceso de leudado debido a que una levadura se alimenta de esta en el momento en donde se dan las inversiones de la sacarosa a fructuosa y glucosa confiriéndole al pan mayor cantidad de levaduras disponibles para una fermentación final.

Además de contribuir a la fermentación el azúcar confiere sabores dulces y logra equilibrar el balance ácido que provoca la fermentación por la producción de etanol. Tiende a mejorar la pigmentación del producto final por su contenido de vitamina A se obtiene pigmentaciones de color dorado (Sheasby, 2005).

c. Sal. Este producto tiende a ser utilizado en cantidades menores por su capacidad de inhibir el funcionamiento de la levadura en el proceso de fabricación y además de poder obtener sabores de mala percepción para el consumidor.

Les confiere solidez a los productos finales y logra potenciar el sabor del producto aun así este sea un pan dulce (Sheasby, 2005).

d. Agua. Uno de los ingredientes de mayor importancia dentro de la fabricación, su principal labor es proveer de un medio a la levadura para poder reaccionar con los azúcares simples de la harina y lograr obtener un pan esponjoso y suave.

Dependiendo del tipo de producto se puede llegar a tener una retención de agua de aproximadamente 60% base harina, lo cual conlleva a tener actividades de agua elevadas para el crecimiento microbiano en este tipo de productos (Sheasby, 2005).

e. Levadura. La levadura de panificación es un microorganismo unicelular denominado *Saccharomyces cerevisiae* cuya principal función es alimentarse del almidón existente en las harinas para dar proceso a la fermentación alcohólica cuyo resultado es etanol y dióxido de carbono. El gas liberado permite que el pan se esponje debido a que este lo retiene por medio del gluten contenido en la harina. La reacción que ocurre en el proceso es la siguiente:

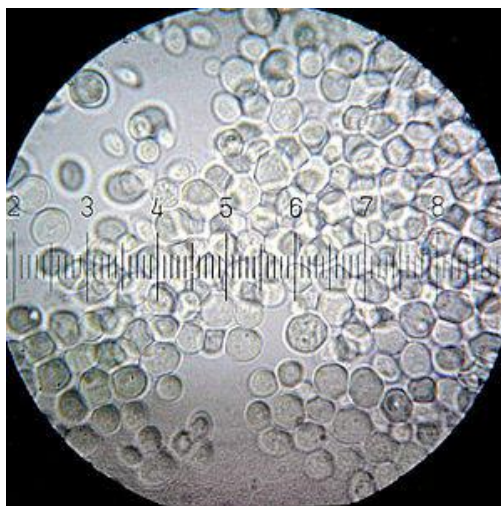


Comercialmente se conoce la levadura fresca, la levadura en polvo, la levadura química y la levadura natural. Uno de los inconvenientes industriales para poder preservar el pan durante una mayor cantidad de tiempo es que la levadura es un microorganismo que se encuentra categorizado dentro de la familia de los hongos y esto ocasiona que los preservantes que podrían conservar el producto lo matan al mismo tiempo e inhiben su funcionamiento de leudado.

Teniendo en cuenta esta problemática se han utilizado ingredientes que sean más compatibles con el producto y que al mismo tiempo su espectro de

acción antimicrobiana sea específica para evitar que dañe el proceso matando la levadura.

Figura No. 2 Levaduras



Fuente: <http://en.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces>

f. Otros ingredientes. Dentro de este grupo de ingredientes podemos localizar mejoradores de sabor y otros elementos que favorecen la preservación de las características sensoriales, como:

- ✓ Las grasas como lo son la mantequilla, manteca, tocino de cerdo y variedad de aceites horneables.
- ✓ Variedad de semillas como girasol, sésamo, ajonjolí, etc.
- ✓ Frutas secas, cristalizadas, en conserva o en jalea.
- ✓ Leche en polvo.
- ✓ Huevo o en su defecto clara o yema.
- ✓ Además, enzimas alfa-amilasas que favorecen el fermentado de la masa.
- ✓ Vitaminas para elaboración de alimentos enriquecidos.
- ✓ Proteasas y lipoxidasas para obtener mejores rendimientos del pan
- ✓ Antioxidantes como el BHA Y BHT
- ✓ Ácido ascórbico para reforzar las propiedades físicas del pan
- ✓ Lecitina como emulsificante
- ✓ Propionato de calcio como fungicida.

B. PRESERVANTES

Son sustancias químicas considerados aditivos alimenticios que permiten combatir el florecimiento de hongos en este caso en la fabricación de los productos de panadería. Los productos de panadería tendrían que mantenerse un máximo de 5 días, si estos no tuvieran preservantes, teniendo con esto una repercusión económica notable.

Para que su efectividad sea más notable sobre la masa se tienen que tener valores de pH cercanos a 5.3 y para esto se puede adicionar ácido láctico o ácido cítrico en una proporción de 1 a 2 g/Kg. Si bien estos no son productos antimicrobianos sino reguladores de pH, su efectividad se basa en alterar uno de los medios vitales para el crecimiento microbiano (Reinhart, 1998).

Tabla No. 1

Aditivos permitidos según RTCA para productos de panificación

Aditivo	Productos de panadería
Sulfato de Aluminio y Sodio	BPM
Aceite Mineral	3,000 mg/Kg
Ácido Tanico	100 mg/Kg
Adipatos	500 mg/Kg
Alginato de Propilenglicol	3000 mg/Kg
Benzoatos	1000 mg/Kg
BHA Butilhidroxianisol	200 mg/Kg
BHT Butilhidroxitolueno	200 mg/Kg
Cantaxantina	BPM
Cera de Carnauba	BPM
Color Caramelo, CLASE II	50,000 mg/Kg
Diacetato de sodio	4000 mg/Kg
Eritrosina	BPM
Ésteres de ascorbilo	1000 mg/Kg

Continuación Tabla No.1

Esteres de Propilenglicol de ácidos grasos	15,000 mg/Kg
Esteres Diacetiltartáricos y de los ácidos grasos Deglicerol	20,000 mg/Kg
Fosfatos	BPM
Indigotina	300 mg/Kg
Pimaricina	BPM
Sorbatos	2000 mg/Kg
Tartracina	300 mg/Kg
Tartratos	10,000 mg/Kg
Tocoferoles	200 mg/Kg
Verde Sólido FCF	100 mg/Kg

Fuente: Reglamento Técnico Centroamericano

Se puede notar que en la Tabla No. 1 se encuentra el extracto de semilla de toronja debido a que esta no es un compuesto específico sino un conjunto de compuestos químicos que en conjunto tiene el efecto antimicrobiano. Para esto industrialmente se utiliza una dosis de 0.2% sobre base harina.

1. Propionato de sodio. Sal sódica del ácido propanoico, recogido en el Codex Alimentarius con el código de E-281. Es un ácido graso de cadena corta y las sales se usan como conservantes especialmente en panadería. Es uno de los más efectivos contra mohos y de baja efectividad contra levaduras y bacterias. Se utiliza especialmente en sales, ya que el ácido tiene un olor muy fuerte y su costo es económicamente sustentable.

Es un inhibidor de moho elaborado con alta tecnología cuyas propiedades garantizan una buena protección contra mohos y crecimiento microbiano, su actividad se potencializa a un pH 5, sin embargo, funciona a niveles más altos de pH.

Tabla No.2

Ficha técnica: propionato de sodio

Denominación química	Propionato de sodio
Formula química	$C_6H_{10}Na_2O_4$
Peso molecular	186.22 g/mol
Determinación	Contenido no inferior al 99% después de secarse durante 2 horas a 105°C
Identificación	
pH de la solución al 10%	7.5-10.5
Humedad	5% máximo en peso
Densidad aparente	0.3-0.9 g/ml
Densidad	1.25 g/cc
Granulometría	90% en malla 200 y 100% en malla 100

Fuente: Ficha Técnica Distribuidora Caribe, S.A.

Es clasificado como unos productos GRAS, generalmente reconocidos como seguros, de la FDA en el 121.101 para aditivos de alimentos.

2. Sorbato de potasio. Es un conservante suave cuya principal aplicación es en vinos, cuidado personal y repostería. Clasificada como una sal de potasio del ácido sórbico.

Este compuesto por su alta acción antimicrobiana se debe de utilizar en dosificaciones menores al 0.1% en productos fermentados debido a que inhibe la acción de la levadura y en el caso de conservaciones líquidas no debe mezclarse con iones calcio debido a que produce precipitación. Por lo tanto, en las combinaciones con propionato de calcio se debe de sustituir por propionato de sodio para una óptima acción sinérgica.

El sorbato de potasio puede ser incorporado directamente en productos durante su preparación o por tratamiento de superficies.

Este aditivo cumple con los requisitos del código alimentario, standards of U.S..Code of Federal Regulation (FDA: Food and Drug Administration) y lista positiva de aditivos E de la comunidad económica europea (CEE) bajo el número E 202.

Tabla No. 3

Ficha técnica: Sorbato de Potasio

Denominación química	Sorbato de potasio
Formula química	C ₆ H ₇ O ₂ K
Peso molecular	150.22
Determinación	Contenido no inferior al 99%
Identificación	
Humedad	5% máximo en peso
Densidad aparente	0.3-0.9 g/ml
Densidad	1.36 g/cc
Granulometría	90% en malla 200 y 100% en malla 100

Fuente: Ficha Técnica Distribuidora Caribe, S.A.

3. Extracto de semilla de toronja. Se obtiene a partir de las semillas, membranas y pulpa de la toronja. Tiene un fuerte poder antimicrobiano incluso mucho mayor a la plata coloidal, el cloro y el alcohol isopropilico. Dentro de las características de este extracto se pueden resaltar sus propiedades antibacteriales, antisépticas y purificadoras.

Su ingesta ayuda a limpiar el cuerpo de sustancias dañinas, los virus, las infecciones y los hongos además de fortalecer el sistema inmunológico.

El extracto de toronja si bien tiene un sabor ácido su efecto es alcalinizante dentro del cuerpo y tiende a ser utilizado en dietas que pretenden fomentar la alcalinidad en el organismo y regular el pH del cuerpo. El exceso de ácido dentro

del cuerpo tiende a oxidar y ocasionar enfermedades por lo que debe existir un equilibrio o pH cercanos a la neutralidad.

Su principal ingrediente activo es denominado “citricidal” y se origina de la conversión de los bioflavonoides en compuestos capaces de combatir alrededor de 800 tipos de bacterias y virus, así como un centenar de hongos.

El producto comercial es una combinación de elementos naturales dentro de los cuales se encuentra: bioflavonoides, aminoácidos, ácidos grasos, oligosacáridos, polifenoles, tocoferoles, ácido ascórbico y ácido dihidroascórbico.

El extracto a pesar de ser obtenido a partir de la pulpa, las membranas y las semillas se considera que esta última es la que más principios activos tiene. En cuanto a su contenido de bioflavonoides se tiene alrededor de 600 mg/100 mL y de vitamina C de 3g/100 mL. Es por ello que tiene un gran efecto contra el daño oxidativo, el alto contenido de antioxidantes le proporciona esta característica.

C. ALTERACIONES MICROBIOLÓGICAS DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN

Todos los productos de panadería son sometidos a un tratamiento térmico que podría considerarse como una pasteurización comercial debido a que se hornean a una temperatura de alrededor de los 350°F por un tiempo estimado de 25 minutos sin embargo desde el momento en que sale del proceso se ve expuesto a contaminación por aire, superficies de contacto, manipuladores y demás equipo de embalaje.

En el caso de pan las principales alteraciones microbiológicas que presenta es la formación de colonias de mohos y bacterias.

1. Alteración por mohos. Esta contaminación se debe a la inactivación de las esporas de mohos durante el horneado además de las superficies contaminadas presentes durante el proceso. Debido a que el pan cuenta con los parámetros óptimos para ser un buen medio de cultivo de la espora esta se reproduce.

Los principales mohos que intervienen en la alteración del pan son:

- *Rhizopus nigricans*, cuyo micelio es de color blanco y de aspecto algodonoso, posee un moteado negro correspondiente a los espongiarios.
- *Penicillium expansum*, cuyas esporas son de color verde.
- *Aspergillus niger*, cuyas cabezas conidiales tienen un color verde pardo que produce un pigmento amarillo que se esparce en el pan.
- *Monilia*, cuyos conidios de color rosado confieren un tono rosado o rojizo a su micelio (Tortora, 2007)

Lo primordial en la conservación del pan es que representan un riesgo para la salud en especial la producción de micotoxinas que son altamente nocivas y producen tumores en el hígado.

2. Alteración bacteriana. En otros panes no es tan común la producción de mohos, sino que se presenta la descomposición de forma diferente como lo es el ahilamiento que es causado por una variante mucoide de *Bacillus subtilis* o *Bacillus licheniformis*. El microorganismo causante se denomina *Bacillus subtilis*, este se encuentra en el suelo, en el polvo o en el aire (Tortora, 2007).

Las condiciones que favorecen a la aparición de esta alteración son un periodo lento de enfriamiento por encima de 25°C, pH superior a 5, un elevado nivel de esporas y una pieza de pan húmedo. Estos microorganismos fácilmente germinan y se desarrollan en un marco dentro de 36 y 48 horas. En el interior ocasionan una masa marrón, fibrosa y blanda con olor a melón.

D. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN

Para la elaboración del pan se puede dividir en etapas: formulación, mezclado de ingredientes, refinamiento, forjado, fermentación, cocción y envasado.

1. Formulación. Esta etapa es una de las más importantes en la elaboración de un pan de molde. En esta se pesan los ingredientes como: harina, azúcar, huevos, levadura, manteca, polvo leudante, preservante, mejoradores de masa, agua y sal.

Cada uno de los ingredientes va a tener una relación directa con el producto final debido a que altera las características organolépticas. Y cualquier desbalance en la fórmula va a resultar con productos de mala calidad.

2. Mezclado. El mezclado es la integración de todos los ingredientes secos con agua en máquinas de gran capacidad y fuerza. Debido a que las masas tienden a tener una gran tenacidad y elasticidad se necesita equipo con capacidades altas para poder obtener un mezclado adecuado.

Es importante destacar que el tiempo de mezclado debe de manejarse con debido cuidado porque un exceso de mezclado puede hacer perder la elasticidad de la masa y su capacidad de retención de gas. Por el contrario, si el tiempo de mezclado es muy bajo se obtendrán productos de muy mala calidad.

3. Refinamiento. El refinamiento corresponde a la eliminación de gas que se incorporó en el mezclado o subproducto de la fermentación que está ocurriendo. Además de la eliminación del gas también se terminan de formar el gluten producto de la unión de la gliadina y gluteína.

Esta etapa es la más importante en cuanto al volumen obtenido del producto y sus características visuales. Para esta etapa del proceso se utiliza un equipo denominado cilindro que tiene la función de laminar la masa que se le introduzca al equipo.

4. Forjado. El forjado es el proceso artesanal de pesar y figurar cada uno de los panes que se elaboran desde figuras simples hasta las más complejas.

5. Fermentación. La fermentación consiste básicamente en el crecimiento del volumen del pan bajo condiciones controladas. La fermentación es la descomposición de los azúcares en las masas por las levaduras adicionadas, estas producen como subproductos dióxido de carbono y etanol.

Debido a que previamente se formaron las estructuras del gluten la masa tiene ahora la capacidad de retención de gas y permitir el crecimiento del producto.

Para que las levaduras se activen va a depender de tres aspectos: alimento, medio y temperatura. El alimento se lo proporcionan todos los azúcares contenidos en la harina, el medio lo proporcionamos al incorporar agua a la masa y temperatura en la cámara de fermentación.

La fermentación se controla bajo dos condiciones temperatura y % de humedad. En promedio se utilizan temperaturas de 43°C y una humedad relativa del 85%.

Esta etapa es perjudicada si durante la formulación se adiciona una dosis elevada de preservantes debido a que el moho y las levaduras son afectas de igual manera por el propionato de calcio y sorbato de potasio. Si fuera este el caso provocaría que el pan que se obtenga sea un producto de bajo volumen y de textura sólida.

6. Cocción. La cocción es el sometimiento del producto a una temperatura de 180°C para una serie de reacciones que van a desarrollar el sabor, color y textura del producto. El proceso normalmente varió en tiempo debido al tamaño del producto horneado y puede ir desde 8 minutos hasta una hora y media.

El producto al llegar a una temperatura de 144°C comienza una serie de reacciones denominadas Maillard, en esta etapa se dan una serie de cambios organolépticos dentro de estos podemos hablar: pardeamiento de la masa a una tonalidad amarilla por la caramelización del azúcar contenido en el producto, pérdida de humedad, mejoramiento del volumen por la fermentación y desarrollo de sabores.

7. Envasado. El envasado permite proteger a los productos de cualquier contaminación externa y al mismo tiempo conservar sus características organolépticas de mejor forma. Pueden utilizarse diferentes materiales como: polietileno, polipropileno, cartón y combinaciones de los mismos.

III. JUSTIFICACIÓN

La Organización de las Naciones para la Agricultura y Alimentación reporta que el mundo desperdicia cada año 1,300 millones de toneladas de alimento cada año mientras que 870 millones de personas pasan hambre. Acorde a su informe sobre la Iniciativa Mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos (Iniciativa de reducción de pérdidas de alimentos FAO, 2014)

De acuerdo a los informes de la FAO los consumidores no logran planificar sus compras y reaccionan exageradamente a las fechas de caducidad y consumo preferente. Este desperdicio de alimentos tiene un impacto de 750,000 millones de dólares anuales.

Además del impacto social y económico también tiene un impacto ambiental debido a que las pérdidas de alimentos representan un desperdicio de los recursos e insumos utilizados en la producción de los alimentos como tierra, agua y energía incrementando inútilmente las emisiones de gases de efecto invernadero.

En los países de ingresos bajos las pérdidas de alimentos son consecuencia de las limitaciones técnicas y de la gestión relacionada con técnicas de cultivo, almacenamiento, transporte, procesamiento, instalaciones frigoríficas, infraestructuras, sistema de envasado y comercialización.

Las pérdidas y desperdicios de alimentos tienen un impacto en varios frentes dentro de los cuales se puede resaltar el impacto ambiental, inseguridad alimentaria, estado nutricional, valor económico, disponibilidad y precio de los alimentos.

La iniciativa mundial SAVE FOOD sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos es una herramienta que propone la FAO para minimizar

los impactos negativos que conllevan. Esta iniciativa se fundamenta en cuatro pilares: colaboración y coordinación, aumentar la sensibilización, investigación y proyectos que implementen estrategias de reducción de pérdidas de alimentos.

Figura No. 3 Pérdida de cereales



Fuente: Iniciativa de reducción de pérdidas de alimentos FAO, 2014

Si el avance tecnológico de los alimentos lo podemos encaminar a mejorar las técnicas de conservación sin que tenga impactos negativos en la salud podríamos reducir el desperdicio de estos alimentos teniendo un impacto de gran escala a nivel mundial en los sectores de: ambiente, desnutrición, tasa de mortalidad por desnutrición, reducción del gasto familiar en la canasta básica y enfermedades derivadas por alimentos contaminados.

Es considerable que todas estas técnicas de conservación deben encaminarse hoy en día a que no tengan ningún efecto nocivo sobre la salud de quienes ingieren los alimentos, es por ello que se debe comenzar a utilizar subproductos naturales que tienen los efectos deseados.

Si se obtiene un efecto sinérgico de los conservantes pudiendo extender el tiempo de vida de los productos de panificación por mínimo que sea tendrá una repercusión económica alta y lograr reducir los desperdicios a nivel de Guatemala en alrededor de un 18% (Iniciativa de reducción de pérdidas de alimentos FAO, 2014)

La industria de panificación nacional ha manejado problemáticas de pérdidas por descomposición de mohos debido al mal manejo de los denominados antimohos. El antimoho es una mezcla de propionato de sodio y fécula de maíz con indicaciones de adicionarlo a las masas en un 2% peso harina, este es un gran problema debido a que la disposición comercial no permite la correcta adición del propionato de sodio y provoca productos de baja vida en anaquel.

Debido a que la industria la manejan, particularmente personas de baja escolaridad son casi inalcanzable que la industria panificadora nacional avance en la tecnificación alimentaria y evolucione a obtener productos de más vida en anaquel y mejores características organolépticas.

Es importante avanzar en la correcta utilización de los aditivos alimentarios y al mismo tiempo consideremos todos aquellos productos que tienen su obtención de productos naturales como lo es el extracto de toronja. Con función de obtener productos mínimamente procesados y con ingredientes más naturales podemos considerar todos los aditivos alimentarios que tienen procedencia natural.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Determinar la formulación de sorbato de potasio, propionato de calcio y extracto de toronja que establezca el mayor sinergismo en el incremento de la vida de anaquel de un pan de molde sin alterar las características sensoriales del producto.

B. Objetivos específicos

1. Determinar el tiempo de vida en anaquel del pan de molde bajo condiciones comerciales de las combinaciones de conservantes.
2. Determinar las variaciones sensoriales en el pan de cada combinación de conservantes.
3. Determinar el efecto de la temperatura de almacenamiento en el tiempo de vida en anaquel del pan de molde de las diferentes formulaciones de conservantes.

VI. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

A. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

Por medio del análisis de las producciones diarias de pan y estudios de conservación de este, se determinó los factores que influyen directamente en las propiedades de conservación del pan y se estableció las variables a modificar en base a los parámetros que se mantendrán constantes.

Tabla No.4 “Definición operacional de las variables para el proceso”

No.	Variable	Fórmula química	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	No Controlables
Análisis del proceso para la fabricación del pan de molde						
1.	Actividad de agua	H ₂ O	X		X	
2.	Temperatura de cocción	_____	X		X	
3.	Tiempo de cocción	_____	X		X	
4.	Preservantes	Sorbato de potasio, extracto de semilla de toronja y propionato de potasio		X	X	
Análisis de la caracterización sensorial						
1	Textura	1-10		X		X
2	Sabor	1-10		X		X
3	Olor	1-10		X		X
4	Color	1-10		X		X

Continuación Tabla No. 4

5	Tiempo de vida en anaquel	Días		X		X
---	---------------------------	------	--	---	--	---

B. VARIABLES INDEPENDIENTES

Para la fabricación del pan de molde se utilizó el mismo lote de producción para evitar pesos no uniformes que pudieran alterar el resultado final.

C. VARIABLES DEPENDIENTES

VARIABLE DEPENDIENTE	OBJETO
Textura	Análisis sensorial hedónico
Sabor	Análisis sensorial hedónico
Olor	Análisis sensorial hedónico
Color	Análisis sensorial hedónico
Tiempo de vida en anaquel	Análisis microbiológico y aparición de mohos

D. DELIMITACIÓN DEL CAMPO DE ESTUDIO

- Industrial: Alimenticia.
- Proceso: Análisis del sinergismo de los conservantes en un pan de molde

E. RECURSOS HUMANOS

Investigador: Vladimir Iván Pérez Soto
 Asesora: Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
 Colaboradores: Mynor Alay

F. RECURSOS MATERIALES DISPONIBLES Y EQUIPO

Para la fabricación se dispuso de todas las materias primas utilizadas en la industria panadera además de los conservantes obtenidos de una distribuidora local de aditivos alimenticios y del equipo necesario para su preparación.

1. Materia prima y aditivos

- Harina dura
- Harina semidura
- Manteca vegetal
- Azúcar
- Levadura fresca
- Leche en polvo
- Sal
- Propionato de calcio
- Sorbato de potasio
- Extracto de la semilla de toronja
- Petrifilm para recuento de mohos y levaduras
- Tampon Butterfield
- Hidróxido de sodio
- Ácido clorhídrico
- Pipeta

2. Equipos a utilizar

- Amasadora PetroBerto
- Refinadora Rondo
- Laminadora GPaniz

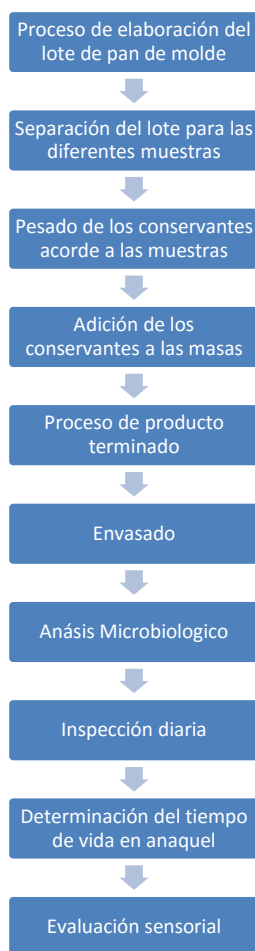
- Pesa Tecnipesa
- Horno de convección BakeryAid
- Cámara de fermentación
- Incubadora

3. Equipo de laboratorio a utilizar

- Microscopio

G. TÉCNICA CUANTITAVA

1. DISEÑO GENERAL



H. RECOLECCIÓN Y ORDENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La evaluación del sinergismo de los conservadores del pan de molde se realizó por medio de la fabricación de un lote de pan de molde con la misma formulación, pero con diferentes mezclas de preservantes. Para el control de su dosificación nos regulamos bajo el RTCA de aditivos y el CODEX alimentarius.

Al pan de molde como producto final se le realizó un análisis sensorial hedónico y un análisis microbiológico para determinar sus cambios organolépticos y sus tiempos de vida en anaquel.

I. TABULACIÓN, ORDENAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Metodología experimental para la determinación del crecimiento de mohos en el pan de molde.

- Materia prima: pan de molde y petrifilm para conteo de mohos y levaduras.
- Análisis microbiológico: el análisis microbiológico para determinar el crecimiento de mohos mediante su visualización en la corteza del pan y el conteo de colonias de mohos y levaduras en petrifilm.

Preparación de la muestra:

- Se almacenó los paquetes cerrados a una temperatura menor a 8°C. Las placas se usaron antes de su fecha de caducidad. En áreas de alta humedad, donde la condensación puede ser inconvenientes, es recomendable que los paquetes se atemperen al ambiente del lugar de trabajo antes de abrirlos.

- Para usar las placas, se sacó el paquete del congelador, se retiró el número de placas necesarias y se guardó el resto bajo las mismas condiciones descritas anteriormente.
- Se preparó una dilución 1:10 de la muestra. Se pipeteó la muestra en un contenedor estéril apropiado.
- Se adicionó uno de los siguientes diluyentes estériles: tampón Butterfield (tampón IDF fosfato, 0.0425 g/L de KH_2PO_4 y con pH ajustado a 7.2); agua de peptona al 0.1%; diluyente de sal peptonada (método ISO 6867); buffer de agua de peptona (método ISO 6579); solución salina (0.85 a 0.90%); caldo letheen libre de bisulfato o agua destilada.
- Se homogenizó la muestra y se ajustó el pH de la muestra diluida entre 6.6 y 7.2: para productos ácidos usar solución 1N de NaOH y para productos básicos: una solución 1N de HCl
- Se colocó la placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levantar la lámina semitransparente superior.
- Con la pipeta perpendicular a la placa petrifilm, se colocó 1 mL de la muestra en el centro de la película cuadrícula inferior.
- Se liberó la película superior dejando que caiga sobre la dilución. No se deslizó hacia abajo.
- Con el lado rugoso hacia abajo se colocó el dispensador o esparcidor sobre la película superior, cubriendo totalmente la muestra.
- Se presionó suavemente el dispensador o esparcidor para distribuir la muestra sobre el área circular. No se giró ni desligó el dispensador.
- Se levantó el dispensador o esparcidor. Se esperó por al menos 1 minuto a que se solidifique el gel y se procedió a la incubación.
- Se incubó las placas caras arriba en grupos de no más de 20 piezas. Fue necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente de agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.
- Las placas petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz.

El tiempo de incubación y la temperatura varían según el método. El método que se utilizó fue el AOAC método oficial 990.12 incubando 48 hrs (+/- 3 hrs) a 35°C (+/- 1 hrs)

Se realizó un conteo de mohos y levaduras a cada formulación de conservante establecida y debida a que son siete formulaciones diferentes y dos repeticiones por tres temperaturas diferentes se analizó cuarenta y dos muestras microbiológicas.

2. Metodología de análisis organoléptico del producto de panificación realizado con la mezcla de preservantes. Se utilizó la escala hedónica de 9 puntos debido a que se considerado una escala bipolar, donde el objetivo es simplemente determinar si existen diferencias entre los productos en la aceptación del consumidor. La evaluación la conformó un grupo de clientes y personal de la planta capacitados previamente para el corrimiento de la experimentación.

Se solicitó a los consumidores evaluar muestras codificadas de varios productos, indicando cuanto les agrada cada muestra, marcando una de las categorías en la escala, que va desde “me gusta extremadamente” hasta “me disgusta extremadamente”. Los resultados se presentaron gráficamente y textualmente. Las muestras se presentaron en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos. El orden de presentación de las muestras fue aleatorizado para cada panelista. En un orden de presentación balanceado, cada muestra se sirvió en cada una de las posibles posiciones que puede ocupar en número igual de veces.

Para el análisis de los datos, los puntajes numéricos para cada muestra, se tabularon y analizaron utilizando análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para determinar si existían diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. En el análisis de varianza, la

varianza total se divide entre la varianza asignada a diferentes fuentes específicas. La varianza de las medias entre muestras se comparó con la varianza de dentro de las muestras (llamada también error experimental aleatorio). Si las muestras no son diferentes, la varianza de las medias entre muestras será similar al error experimental. La varianza correspondiente a los panelistas o a otros efectos de agrupación en bloque, puede también compararse con el error experimental aleatorio (Ramírez, 2012)

Tabla No. 5
Prueba Hedónica

Nombre: _____				
Fecha: _____				
INSTRUCCIONES				
Frente a usted se presentan cuatro muestras de pan sandwich . Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.				
Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría	
1	me disgusta extremadamente	6	me gusta levemente	
2	me disgusta mucho	7	me gusta moderadamente	
3	me disgusta moderadamente	8	me gusta mucho	
4	me disgusta levemente	9	me gusta extremadamente	
5	no me gusta ni me disgusta			
CÓDIGO	Calificación para cada atributo			
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA

Fuente: Ramírez N, (2012) Análisis Sensorial.

Esta prueba evaluó características de aroma, textura, sabor y color en todas las combinaciones de preservantes.

3. Metodología de análisis del tiempo de vida en anaquel de un pan de molde. Para esto se llevó la misma trayectoria que lleva un pan comercial y se mantuvo en observación diaria para determinar su crecimiento microbiano hasta que se determinó el número de días de vida en anaquel. Y se determinó la

diferencia significativa entre el uso de conservantes por medio de un conteo de mohos y levadura del método petrifilm.

J. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La prueba hedónica y la vida en anaquel se sometió a pruebas estadísticas de validación, como lo son el análisis de varianza, la prueba Tukey, la prueba DMS y la prueba Fisher; para verificar que cumpliera los parámetros.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente por medio de un análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorio con la distribución de Fisher, esto se debe a que se tratan más de dos niveles.

El diseño para el tratamiento es el siguiente:

Tabla No. 6 “Datos típicos para el diseño de bloques al azar”

Tratamientos	Bloques		Promedio
	1	2	
1	Y _{1,1}	Y _{1,2}	Y _{1prom}
2	Y _{2,1}	Y _{2,2}	Y _{2prom}
3	Y _{3,1}	Y _{3,2}	Y _{3prom}
4	Y _{4,1}	Y _{4,2}	Y _{4prom}
5	Y _{5,1}	Y _{5,2}	Y _{5prom}
6	Y _{6,1}	Y _{6,2}	Y _{6prom}
7	Y _{7,1}	Y _{7,2}	Y _{7prom}
8	Y _{8,1}	Y _{8,2}	Y _{8prom}
9	Y _{9,1}	Y _{9,2}	Y _{9prom}
Promedio	Y _{1prom}	Y _{2prom}	Y

- Donde:

Y_{i,j} = total de las observaciones bajo el i,j-ésimo tratamiento

y = promedio total de las observaciones bajo el i,j -ésimo tratamiento

$Y_{a,b}$ = datos obtenidos para cada observación bajo cada tratamiento

Generalmente el procedimiento para un diseño de bloque aleatorio consiste en seleccionar b bloques y en ejecutar una repetición completa del experimento en cada bloque, con un solo factor con a niveles. Las observaciones pueden representarse por medio de un modelo estadístico lineal.

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

- Donde:
 - y_{ij} = observación
 - μ = media general
 - τ_i = efecto del tratamiento i ésimo
 - β_j = efecto del bloque j ésimo
 - ε_{ij} = error aleatorio

Los efectos de bloque y tratamiento se definieron como desviaciones respecto a la media general. Como el interés es probar la igualdad de los efectos del tratamiento, siendo

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1: \tau_i \neq 0 \text{ al menos una } i$$

Las operaciones para el análisis de varianza se resumen en la siguiente tabla, así como las fórmulas para el cálculo de suma de cuadrados (Miller, 2002).

Tabla No. 7 “Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio”

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F _o
Tratamientos	a $\sum_{i=1}^a y_i^2 / b - y^2 / ab$	$a - 1$	$(SS_{\text{tratamientos}}) / (a - 1)$	$(MS_{\text{tratamientos}}) / MS_E$
Bloques	b $\sum_{j=1}^b y_j^2 / a - y^2 / ab$	$b - 1$	$(SS_{\text{bloques}}) / (b - 1)$	
Error	SS_E (por sustracción)	$(a - 1)(b - 1)$	$(SS_E) / [(a - 1)(b - 1)]$	
Total	$A \ b$ $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - y^2 / ab$	$ab - 1$		

Fuente: MILLER, J.C. *Estadística para química analítica*

La hipótesis nula de ningún efecto de tratamiento se prueba mediante la razón de Fisher, que se define como: $F = \frac{MS_{\text{Tratamientos}}}{MS_E}$ donde $MS_{\text{Tratamientos}}$ es la media cuadrática de los tratamientos y MS_E es la media cuadrática del error; y que para un nivel de confianza $\alpha = 0.05$ y con 2 grados de libertad para tratamientos y 5 para bloques.

VII. RESULTADOS

A. Formulaciones

1. Combinación de preservantes. Se hicieron siete formulaciones diferentes para el análisis de la actividad del preservante en el tiempo de vida en anaquel. Para el mismo se utilizó las indicaciones del RTCA para su dosificación permitida.

Tabla No. 8

“Formulaciones de las muestras”

FORMULACIÓN	Propionato de calcio	Sorbato de potasio	Extracto de toronja
Muestra 1	4.8 onz		
Muestra 2		1.6 onz	
Muestra 3			1.6 onz
Muestra 4	2.4 onz	0.8 onz	
Muestra 5	2.4 onz		0.8 onz
Muestra 6		0.8 onz	0.8 onz
Muestra 7	1.6 onz	0.5 onz	0.5 onz

2. Tiempo de vida en anaquel primera corrida. Los análisis del tiempo de vida en anaquel para la primera repetición de las siete formulaciones diferentes bajo condiciones comerciales (temperatura y humedad) establecieron los siguientes resultados:

Tabla No. 9

Tiempo de vida en anaquel

1ra. Corrida a condiciones comerciales

Formulación	Tiempo de vida en anaquel (días)
Muestra 1	14
Muestra 2	16
Muestra 3	12
Muestra 4	15
Muestra 5	13
Muestra 6	11
Muestra 7	10

3. Tiempo de vida en anaquel segunda corrida. Los análisis del tiempo de vida en anaquel para la segunda repetición de las siete formulaciones diferentes bajo condiciones comerciales (temperatura y humedad) establecieron los siguientes resultados:

Tabla No. 10

Tiempo de vida en anaquel
2da. Corrida a condiciones comerciales

Formulación	Tiempo de vida en anaquel (días)
Muestra 1	13
Muestra 2	15
Muestra 3	11
Muestra 4	15
Muestra 5	12
Muestra 6	10
Muestra 7	10

4. Tiempo de vida en anaquel tercera corrida. Los análisis del tiempo de vida en anaquel para la tercera repetición de las siete formulaciones diferentes bajo condiciones comerciales (temperatura y humedad) establecieron los siguientes resultados:

Tabla No. 11

Tiempo de vida en anaquel
3ra. Corrida a condiciones comerciales

Formulación	Tiempo de vida en anaquel (días)
Muestra 1	14
Muestra 2	16
Muestra 3	11
Muestra 4	15
Muestra 5	13
Muestra 6	11
Muestra 7	10

5. Tiempo de vida en anaquel a diferentes temperaturas. Se evaluó el tiempo de vida en anaquel bajo condiciones de temperaturas diferentes para establecer el efecto que puede tener en el aumento o disminución de la cantidad de días y se concluyó los siguientes resultados:

Tabla No. 12

Tiempo de vida en anaquel (días) a diferentes temperaturas

	Tiempo de vida en anaquel (días)	
	35°C	4°C
Muestra 1	12	43
Muestra 2	13	48
Muestra 3	10	41
Muestra 4	13	45
Muestra 5	11	39
Muestra 6	9	36
Muestra 7	7	31

6. Promedio de la prueba Hedónica. Se realizó una prueba Hedónica a diez panelistas de los cuales se obtuvieron un total de 280 datos para los mismos se realizó un promedio de los valores y se resumieron en el siguiente cuadro:

Tabla No. 13

Promedio de la Prueba Hedónica

Formulación No.	Color	Olor	Sabor	Textura
1	8	8.4	8.1	8
2	8.1	7.8	7.4	7.6
3	8	8.2	7.3	7.7
4	8.2	8	7.6	7.2
5	8.2	7.8	7.3	7.5
6	8.1	8	6.9	7.7
7	8	8.4	8.2	7.8

Tabla No. 14

Análisis de la varianza del tiempo de vida en anaquel

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Medidas	7	1,0	1,0	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla No. 15
Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	28.00	6	4.67	Sd	sd
Analista	28.00	6	4.67	Sd	sd
Error	0.00	0	0		
Total	28.00	6			

Fuente: elaboración propia.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se tuvo por objeto la determinación de la formulación de sorbato de potasio, propionato de calcio y extracto de toronja que establezca el mayor sinergismo en el incremento de la vida de anaquel sin alterar las características sensoriales del producto.

A medida que la industria va evolucionando hemos tratado de obtener procesos industriales más benéficos para la salud y una de las practicas comunes es la incorporación de aditivos naturales que puedan tener el mismo efecto de los que actualmente se utilizan, es por ello que un objetivo del estudio es determinar el efecto del extracto de toronja y determinar la posibilidad de su incorporación industrial.

Para la evaluación se partió de siete formulaciones diferentes basadas en la dosificación máxima permitida por el RTCA, se utilizaron las formulaciones en la Tabla No. 9 con diferentes variaciones entre los tres preservantes. Cada formulación se repitió tres veces para poder analizarlas estadísticamente y poder determinar si algún tratamiento se aleja mucho de su población media y tiene que ser descartado.

Se elaboró la masa correspondiente del pan sándwich y el mismo se cortó en lotes de una libra y media para poder agregar individualmente su preservante correspondiente debidamente incorporado posteriormente. Una vez formado y fermentado se horneó por un tiempo de 40 min a una temperatura de 180°C y se dejó reposar alrededor de 8 horas para poder proceder a cortarlo.

Una vez elaborado, cortado y empacado se dejó en la bodega de almacenamiento y se fue evaluando día con día hasta ir determinando el tiempo de vida en anaquel. En la primera corrida se determinó que la muestra que

contiene sorbato de potasio se conservó durante 16 días y así mismo la muestra que contenía sorbato de potasio en combinación con propionato de calcio mantuvo su vida de anaquel en 15 días.

En el caso de las muestras con extracto de toronja se conservaron con una menor cantidad de días, en la formulación de extracto de toronja como único conservante se obtuvo 12 días de tiempo de vida en anaquel contrario a los 16 días del sorbato de potasio. Y en la combinación de los tres preservantes fue la combinación de menor cantidad de días de vida de anaquel, debido a que cada uno de los conservantes diferentes al sorbato de potasio reducían su tiempo de vida en anaquel al sumar el efecto se sumo efectos menores en comparativa al efecto de un solo conservante puro. Las muestras se mantuvieron a una temperatura ambiente, debidamente selladas y en una habitación con aireación y sin luz solar directa.

En la segunda corrida se procedió a hacer exactamente el mismo procedimiento de elaboración sin embargo la muestra de sorbato de potasio perdió un día de vida en anaquel y su combinación con propionato de calcio obtuvo los mismos 15 días de vida en anaquel. Puede que se vea afectado el posicionamiento del pan de molde en el momento del enfriamiento, alguna contaminación microbiológica posterior al horneado o una elevación de las temperaturas ambientales de estos días para perder un día de vida en anaquel.

Así mismo se mantuvo los 10 días de la muestra de combinación de los tres preservantes y siendo esta una vez más la muestra de menor cantidad de días de vida en anaquel. Las muestras de sorbato de potasio fueron las que tienen mayor conservación con un aproximado de 16 días de vida en anaquel.

Se volvió a aplicar el mismo procedimiento para la corrida No. 3 y en esta se vuelve a mostrar el comportamiento que tuvo en la primera corrida. Cabe resaltar que reincide el sorbato de potasio en ser uno de los conservantes de

mayor fuerza y en su combinación con propionato de calcio se mantiene un buen tiempo de vida en anaquel. El sorbato de potasio tiene mayor poder antifungico comparado con el propionato de calcio debido a que el moho es un microbio con mayor selectividad al propionato.

Como objetivo específico se pretendió evaluar el efecto del preservante a diferentes temperaturas en el tiempo de vida en anaquel. Para la evaluación del pan de molde a temperatura de 35°C se procedió a utilizar un fermentador y excluyendo el % de humedad relativa que manejan y solo utilizando la resistencia. Se elevó la temperatura a 35°C para verificar el tiempo de vida en anaquel del pan de molde y su efecto sobre su conservación.

Debido a que comercialmente la temperatura no se mantiene constante sino fluctúa durante el día, mantener la temperatura a 35°C constante acelera la vida de anaquel y en este caso disminuyó en una media de 2 días por cada formulación y en el caso de la formulación que contiene los 3 preservantes la disminuyó hasta 3 días completos.

La temperatura tiene un efecto de aceleración en el crecimiento microbiológico y el preservante no logra poner las barreras adecuadas para poder dar más tiempo de vida en anaquel.

En la corrida de 4°C se utilizó una cámara fría para la evaluación de este producto. Se mantuvo la temperatura en la cámara fría, en este punto se logra un crecimiento muy lento de microorganismos por efecto de las bajas temperaturas sin embargo siempre se da la producción de moho debido a que no son temperaturas de congelación.

En el caso de temperaturas de congelación inactivan completamente las esporas y retardarían la vida en anaquel hasta en un lapso de diez meses, pero las propiedades organolépticas del pan se ven afectadas notablemente

empezando por la deshidratación a la que se ve sometida; es por ello que este proceso solo se deja para panes precocidos quienes tienen más agua y a pesar de ello su tiempo de vida con respecto a sus características sensoriales es muy corto por la pérdida de agua.

Se denota que la formulación que mantuvo mejor condicionamiento en cuanto al tiempo de vida en anaquel a una temperatura de 4 °C corresponde a la muestra No. 2 con sorbato de potasio y la segunda muestra con mejor vida de anaquel corresponde a la formulación de sorbato de potasio y propionato de sodio.

Así mismo se ve reflejado que la muestra de extracto de toronja, sorbato de potasio y propionato de sodio tienen el mejor tiempo de vida en anaquel a una temperatura de 4 °C.

Cabe resaltar que el sorbato de potasio tiene la mejor capacidad de preservar el pan de molde sin embargo es conveniente utilizar una sustancia como diluyente debido a que la dosificación es muy baja y su poder de preservación afecta notablemente a la levadura que se utiliza para la fermentación del pan de molde.

En el caso de las diferentes formulaciones se pudo notar durante la fermentación la forma en la que se vieron afectadas debido al preservante, en el caso de las muestras 2 y 4 tuvieron un tiempo de fermentación de alrededor de 4 horas y media para una dosificación de levadura del 2% base seca. Mientras que para las otras formulaciones el tiempo de fermentación estuvo alrededor de 3 horas a 3 horas y media. El propionato de sodio tiene un efecto más ligero en el tiempo de fermentación, una vida de anaquel relativamente equivalente al sorbato de potasio y una dosificación más alta que permite una mejor dispersión.

La prueba hedónica se procedió hacérselas a un grupo objetivo como es el caso de los clientes del producto. Se efectuó 10 pruebas hedónicas a cada una

de las 7 formulaciones para un total de 70 pruebas sensoriales. Se evaluó color, olor, sabor y textura con una calificación de 1 a 9 con el objetivo de poder cuantificar la prueba.

Se pudo determinar que en el caso del color no es una característica que se vea afectada directamente por el tipo de preservante que se utiliza debido a que la característica sensorial tuvo una media de 8 en las diferentes formulaciones y fue calificada como me gusta mucho. El color como característica sensorial en el caso del pan de molde se debe a las reacciones de Maillard que ocurren en el horneado del pan y como derivado de las reacciones de fermentación y de los azúcares que posee el producto sin embargo el preservante no reacciona como tal para pigmentar el producto por lo que no es una variable que se vea afectada directamente.

En el caso del olor si es una característica sensorial que se ve afectada por su formulación de preservante debido a que estos mantienen un olor desagradable y fuerte. Se ve que el preservante más notorio en el producto es el sorbato de potasio a pesar de ser este el que tiene más tiempo de vida en anaquel es el que más identifica al consumidor. El consumidor distingue el olor y lo afecta directamente al calificarlo como me gusta moderadamente debido a que todavía persiste el olor del pan de molde.

La calificación del sabor se afecta en base a los preservantes de sorbato de potasio y el extracto de semilla de toronja, y su cuantificación se ve afectada por si solos y en conjunto. En el caso de la muestra que contiene sorbato de potasio y extracto de semilla de toronja obtiene la media más baja de 6.9 siendo calificada como me gusta levemente y comparándola con la muestra de propionato de calcio obtiene una calificación de 8.1 con un me gusta mucho a pesar de tener la misma formulación la masa madre y solo diferir de los preservantes se puede concluir que los preservantes si afectan directamente el sabor y presentan calificaciones negativas por parte del consumidor.

El consumidor distingue como la textura menos gustosa la formulación de sorbato de potasio y propionato de calcio; sin embargo, la mejor calificada es la formulación de propionato de calcio. Esta característica se ve alterada debido a que la fermentación es afectada por el preservante y esto conlleva que no se dé un producto de buen volumen sino más compacto.

Estadísticamente el producto que obtiene las mejores características sensoriales evaluadas por el consumidor es la muestra No.1 que consiste en propionato de calcio.

IX. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la formulación No. 1, que corresponde al preservante sorbato de calcio obtuvo el mayor tiempo de vida en anaquel con 16 días de vida en anaquel.
2. No existe sinergismo entre preservantes que supere la capacidad antifúngica y micostática del propionato de calcio.
3. El preservante propionato de calcio fue el que incremento la vida de anaquel sin alterar las características sensoriales del producto en comparación con los otros preservantes.
4. La temperatura de 4°C obtuvo el mayor tiempo de vida en anaquel con respecto a su análisis de las temperaturas con 48 días y manteniendo la correspondencia del comportamiento de los preservantes a temperatura ambiente.
5. Las características sensoriales más afectadas por los diferentes preservantes fueron sabor y textura.
6. El sorbato de potasio es un excelente sustituto del propionato de calcio sin embargo se ven afectadas las características sensoriales.

X. RECOMENDACIONES

- Evaluar la capacidad anti fúngica de cada uno de los preservantes por medio de colonias previamente cultivadas.
- Determinar la pureza de cada uno de los preservantes previamente.
- Verificar las Buenas Prácticas de Manufactura para que no existan contaminaciones externas.
- Evaluar el efecto de la temperatura de congelamiento y su efecto sobre la cristalización de la amilopectina.
- Evaluar el tiempo de vida en anaquel del producto sin preservante para tener un parámetro de control.
- Evaluar las características sensoriales del producto todos los días del tiempo de vida en anaquel para determinar su variación.
- Evaluar sensorialmente el almacenado a diferentes temperaturas.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adarme V. Tania. 2008. *Evaluación de cuatro antimicrobianos para el control de levaduras contaminantes de un proceso de fermentación de ácido cítrico*. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.
2. Álvarez, Marta. 2010. *Crecimiento de mohos visible en panqué envasado con etanol*. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
3. Carrillo, José. 2007. *Modelado del efecto de la temperatura, actividad de agua y pH sobre el crecimiento del Rhizopus Oryzae*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. Pág. 57-62.
4. Fierro P.H. y J. Jara V. 2010. *Estudio de vida útil del pan de molde blanco*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador.
5. Hernández, José. 2011. *Efecto del propionato de calcio y biocitro sobre el crecimiento de mohos en el pan de molde blanco*. Perú 67-104
6. *Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos: SAVE FOOD*. Revista FAO 2014. Pág 2-10.
7. Kern, Donald Q. *Procesos de transferencia de Calor*. Trigésima Primera Reimpresión, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México 1999.
8. Lemus, Jesica. 2007. *Evaluación de características de calidad de pan integral tipo sándwich, fabricado por panificadoras guatemaltecas: fresca (grado de imbibición), contenido de preservante (propionato de calcio) y condiciones de almacenamiento*. Guatemala. Pág. 3-60.
9. Mejía G. Luis y Blanca Ríos V. 2008. *Sustitución de Propionato de Calcio en pan por extracto de romero (Rosmarinus officinalis L.)* Revista Científica Vector. Pág. 51-56.

10. Miller, James. 2002. *Estadística y quimiometría para química analítica*. 4^{ta} ed. Pág
11. Morales, Andrea. 1994. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. 1^a ed. España.
12. Quintong, Alejandro. 2013. *Análisis de la Retrogradación del Pan de Molde Mediante Métodos Experimentales Convencionales y Análisis Térmico*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Ecuador.
13. Ramírez N, Juan. 2012. *Análisis Sensorial: pruebas orientadas al consumidor*. 1^a ed. Colombia. Pág 91-92.
14. Reglamento Técnico Centroamericano. RTCA 67.04.54:10. *Productos de panadería. Aditivos Alimentarios*. Anexo de la Resolución No. 283-2012 (COMIECO-LXII). Pág. 315.
15. Reinhart, Peter. 2006. *El aprendiz de panadero: el arte de elaborar un pan extraordinario*. 4^{ta} ed. España. Pág 7-26.
16. Sheasby, Anne. 2005. *365 Recetas de pan*. 1^a ed. España. Pág 3-28.
17. Soto A., Laura. 2010. *Composición y actividad microbiana del aceite esencial de toronja (Citrus paradisi)*. Venezuela. Pág 11-53.
18. Tinoco, María. 2007. *Influencia del envasado sobre la vida útil del pan precocido*. Ecuador. Pág 3-76.
19. Tortora, Gerard; Funke, Berdell y Case, Christine. 2007. *Introducción a la Microbiología*. 9 ed. Argentina. Pág 840-846.
20. Yela, Ana. 2004. *Determinación de proteínas, cenizas, sólidos totales, humedad, grado de imbibición, pH y Cloruro de Sodio de diferentes marcas de*

pan blanco tipo sándwich de consumo masivo en Guatemala. Guatemala. Pág 2-50.

FUENTES EN RED:

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. *Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos*
<http://www.fao.org/3/a-i4068s.pdf>
2. Tejero, Francisco. 2005. *Conservantes. La lucha contra los mohos*. Panadería Española. (2 Vols.) Ed. Montagud. Barcelona.
<http://www.molineriaypanaderia.com/html/articulo.php?articulo=Conservantes.%20La%20lucha%20contra%20los%20mohos>.

XII. ANEXOS

A. Pruebas Hedónicas

Tabla No. 16

Prueba Hedónica 1ra. formulación

Encuestado				
No.	Color	Olor	Sabor	Textura
1	8	8	9	8
2	7	7	8	7
3	7	9	9	8
4	9	8	8	7
5	8	8	8	8
6	8	9	9	9
7	9	8	8	8
8	8	9	7	9
9	8	9	8	8
10	8	9	7	8

Tabla No. 17

Prueba Hedónica 2ra. formulación

Encuestado				
No.	Color	Olor	Sabor	Textura
1	9	8	8	7
2	8	8	7	8
3	8	7	7	7
4	9	8	8	8
5	7	8	8	8
6	8	8	7	8
7	9	7	6	7
8	8	8	7	8
9	7	8	8	7
10	8	8	8	8

Tabla No. 18

Prueba Hedónica 3ra. formulación

Encuestado				
No.	Color	Olor	Sabor	Textura
1	8	8	7	8
2	8	9	7	8
3	8	9	8	8
4	9	9	7	7
5	7	8	8	8
6	8	7	7	8
7	8	8	6	7
8	9	8	8	7
9	8	8	7	8
10	7	8	8	8

Tabla No. 19

Prueba Hedónica 4ta. formulación

Encuestado				
No.	Color	Olor	Sabor	Textura
1	8	8	8	6
2	9	9	7	7
3	8	8	8	7
4	7	8	8	8
5	9	7	8	8
6	8	8	7	8
7	9	8	8	7
8	8	8	7	7
9	8	8	7	6
10	8	8	8	8

Tabla No. 20

Prueba Hedónica 5ta. formulación

Encuestado				
No.	Color	Olor	Sabor	Textura
1	9	7	7	8
2	8	8	7	8
3	8	8	8	8
4	8	9	7	6
5	9	8	7	8
6	9	8	7	7
7	7	8	8	7
8	8	7	8	8
9	8	7	7	8
10	8	8	7	7

Tabla No. 21

Prueba Hedónica 6ta. formulación

Encuestado				
No.	Color	Olor	Sabor	Textura
1	8	8	8	8
2	8	8	7	8
3	8	8	7	8
4	7	7	6	7
5	8	8	6	7
6	8	9	7	8
7	8	8	8	8
8	9	8	7	8
9	9	8	7	7
10	8	8	6	8

Tabla No. 22

Prueba Hedónica 7ta. formulación

Encuestado				
No.	Color	Olor	Sabor	Textura
1	8	8	8	8
2	9	9	9	8
3	7	8	8	9
4	8	9	9	7
5	8	8	8	7
6	9	8	8	8
7	8	8	8	7
8	8	9	7	8
9	8	9	9	8
10	7	8	8	8