



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

## **TEMA**

---

**“EVALUACIÓN DEL USO DE PROPIONATO DE CALCIO Y SORBATO DE POTASIO EN LA ESTABILIDAD DEL PAN PRECOCIDO ALMACENADO EN REFRIGERACIÓN, PARA SU COMERCIALIZACIÓN EN SUPERMERCADOS”**

---

Trabajo de Investigación (Graduación). Modalidad: Seminario de Graduación. Presentando como Requisito Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos

**AUTOR:**

Patricio Javier Balarezo Espín

**TUTOR:**

Ing. Natalia Moreno

**AMBATO – ECUADOR**

**2011**

Ing. Natalia Moreno

## **TUTORA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

### **CERTIFICA:**

Que el presente Trabajo de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL USO DE PROPIONATO DE CALCIO Y SORBATO DE POTASIO EN LA ESTABILIDAD DEL PAN PRECOCIDO ALMACENADO EN REFRIGERACIÓN PARA SU COMERCIALIZACIÓN EN SUPERMERCADOS”** desarrollado por el Señor PATRICIO JAVIER BALAREZO ESPIN.; observa las orientaciones metodológicas de la Investigación Científica.

Que ha sido dirigida en todas sus partes, cumpliendo con las disposiciones en la Universidad Técnica de Ambato, a través del Seminario de Graduación.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la respectiva calificación.

Ambato, 20 de junio del 2011

---

Ing. Natalia Moreno

**TUTORA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido del Trabajo de Investigación “**EVALUACIÓN DEL USO DE PROPIONATO DE CALCIO Y SORBATO DE POTASIO EN LA ESTABILIDAD DEL PAN PRECOCIDO ALMACENADO EN REFRIGERACIÓN PARA SU COMERCIALIZACIÓN EN SUPERMERCADOS**”, corresponden a Patricio Javier Balarezo Espin y de la Ing. Natalia Moreno Tutora del trabajo de Investigación, y del patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Técnica de Ambato.

---

Patricio Javier Balarezo Espin

**Autor del Trabajo de Investigación**

---

Ing. Natalia Moreno

**Tutora del Trabajo de Investigación**

## **A CONSEJO DIRECTIVO DE LA FCIAL**

El Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación “**EVALUACIÓN DEL USO DE PROPIONATO DE CALCIO Y SORBATO DE POTASIO EN LA ESTABILIDAD DEL PAN PRECOCIDO ALMACENADO EN REFRIGERACIÓN PARA SU COMERCIALIZACIÓN EN SUPERMERCADOS**”, presentado por el Señor Patricio Javier Balarezo Espin y conformada por : Ing. Cecilia Carpio y la Ing. Jacqueline Ortiz Miembros del Tribunal de Defensa y Tutora del Trabajo de Investigación Ing. Natalia Moreno y presidido por el Ingeniero Romel Rivera, Presidente de Consejo Directivo, Ingeniera Mayra Paredes E., Coordinadora del Décimo Seminario de Graduación FCIAL-UTA, una vez escuchada la defensa oral y revisado el Trabajo de Investigación escrito en el cuál se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas por el Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación, remite el presente Trabajo de Investigación para su uso y custodia en la Biblioteca de la FCIAL.

---

**Ing. Romel Rivera**  
**Presidente Consejo Directivo**

---

**Ing. Mayra Paredes E.**  
**Coordinadora Décimo Seminario de Graduación**

---

**Ing. Cecilia Carpio**  
**Miembro del Tribunal**

---

**Ing. Jacqueline Ortiz**  
**Miembro del Tribunal**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación con mucho amor, a mi madre Silvia Espin quien es lo más grande que me ha pasado en mi vida, quien ha sido mi gran inspiración para seguir adelante con mis estudios por ser ejemplo a copiar por todo su sacrificio que ha echo por nosotros sus hijos, a mi padre Patricio Balarezo, a mis hermanos Alexandra, Vanessa y Sebastián que los quiero muchísimo.

A Yolanda Lozada que la considero como mi segunda madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, gracias por ayudarme y brindarme los recursos necesarios para cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A mis abuelitos quienes estuvieron junto a mí incondicionalmente en los momentos más difíciles de mi vida al igual que toda mi familia.

A Maribel Cerón con quien compartí mi vida universitaria, y representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio, por estar siempre en las buenas y en las malas, deseándole muchos éxitos en su porvenir.

A todos mis amigos y compañeros de clase con quienes conllevé momentos muy hermosos en el aula.

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos a sus autoridades, maestros y a todas las personas que hacen de esta institución digna de reconocimiento ya que impartieron su sabiduría y experiencias durante mi vida estudiantil para poder culminar mis metas propuestas.

A mi directora de tesis Ingeniera Natalia Moreno quien me impartió sus valiosos conocimientos, ayudándome a perseverar y realizar un trabajo de investigación de valioso nivel profesional.

A la Ing. Mónica Silva y a la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos UOITA por permitirme realizar parte de la fase experimental del proyecto.

# INDICE GENERAL

## Contenido

APROBACIÓN TUTOR DE TESIS	II
AUTORÍA DE LA TESIS	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente estudio se evaluó el efecto de dos antimicrobianos: sorbato de potasio y propionato de calcio. Para ello, se propusieron cinco tratamientos de pan precocido refrigerado con diferentes tipos y concentraciones de antimicrobianos, los cuales fueron: sorbato de potasio al 0.1%, propionato de calcio al 0.1%, propionato de calcio al 0.05%, y sorbato de potasio al 0.05 %. Conjuntamente se elaboró un tratamiento de pan precocido, sin antimicrobianos,

el cual sirvió como muestra control (testigo). Todos los tratamientos de pan precocido fueron almacenados a 4°C- 6°C y evaluados después de 0, 2, 4, 7, 10, 14, 21 y 28 días de almacenamiento.

Para determinar la estabilidad del pan precocido, se evaluó la carga microbiana (mesófilos, mohos y levaduras), encontrándose que la adición tanto de propionato de calcio como de sorbato de potasio al 0.1%, permitió prolongar la vida útil del producto hasta al menos 28 días, con un crecimiento de microorganismos insignificante. En cambio, en los tratamientos con propionato y sorbato al 0.05% se detectó el crecimiento de mohos en la superficie a los 20 días de almacenamiento en refrigeración, y en el tratamiento testigo a los 15 días.

En cuanto a la humedad se observaron diferencias debidas al tiempo de almacenamiento, y se monitoreó la temperatura del producto durante la etapa de enfriamiento.

Dentro del análisis físico-químico, se realizaron varias mediciones de pH, para observar el comportamiento del mismo al ser expuestas las muestras con los tratamientos con antimicrobianos de pan precocido a un ambiente refrigerado de 4 a 6 °C y la influencia que tuvo sobre el crecimiento de microorganismos.

Para todas las pruebas experimentales los resultados demuestran el descenso de pH en menos de una unidad, haciendo una comparación entre las pruebas experimentales en las que tuvieron mayor tiempo de vida útil, (Tratamiento con propionato de calcio al 0,1 % y sorbato de potasio al 0,1%), el descenso fue mucho mayor, que las de menor tiempo de vida útil (Tratamiento con propionato de calcio al 0,05 % y sorbato de potasio al 0,05%), así como el tratamiento sin antimicrobianos, una posible causa pudo ser que la concentración de los

antimicrobianos para el primer caso fue lo suficientemente alta para que produzca una reducción del pH mayor.

La calidad sensorial (se evaluaron cinco características olor, color, sabor, textura y aceptabilidad) del pan obtenido de pan precocido refrigerado, prácticamente no fue afectada por la adición de propionato de calcio y sorbato de potasio en las concentraciones probadas, pero haciendo un estudio minucioso del pan a sus diferentes concentraciones observamos que el pan precocido terminado de hornear tuvo mayor aceptabilidad por los catadores, a este producto donde se hizo pruebas microbiológicas y fisicoquímicas que demostraron que la carga microbiana del pan precocido almacenado en refrigeración al someterle a la segunda etapa de horneado se reduce.

Los resultados anteriores permiten afirmar que la adición de sorbato de potasio o propionato de calcio en una concentración del 0.1%, mantiene el pan precocido almacenado en refrigeración en buenas condiciones durante al menos 28 días, permitiendo obtener pan terminado de hornear de calidad aceptable.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de investigación tiene como tema: Evaluación del uso de propionato de calcio y sorbato de potasio en la estabilidad del pan precocido almacenado en refrigeración, para su comercialización en supermercados.

De tal manera para realizar una investigación profunda sobre esta problemática se plantea el proyecto con los siguientes capítulos.

**CAPÍTULO I, EL PROBLEMA.-** Consta de: El planteamiento del problema, contextualización, análisis crítico, prognosis, formulación del problema, preguntas directrices, delimitación, justificación y objetivos.

**CAPÍTULO II, MARCO TEÓRICO.-** Consta de: Antecedentes investigativos, fundamentación filosófica, fundamentación legal, categorías fundamentales, hipótesis y Señalamiento de variables de la hipótesis.

**CAPÍTULO III, METODOLOGÍA.-** Consta de: Modalidad básica de la investigación, nivel o tipo de investigación, población y muestra, operacionalización de variables, plan de recolección de información, plan de procesamiento y análisis de la información.

**CAPÍTULO IV, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.-** Incluye los resultados de: análisis Microbiológicos, físico químicos y Análisis sensorial, tanto del pan precocido almacenado en refrigeración, como del mejor tratamiento escogido por el análisis sensorial hecho por los catadores.

**CAPÍTULO V, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-** Contiene las conclusiones más relevantes del trabajo de investigación con las recomendaciones correspondientes a cada una de ellas, las mismas que se vinculan con la propuesta.

**CAPÍTULO VI, PROPUESTA.-** Se inicia con el título, datos informativos, antecedentes de la propuesta, justificación, objetivos, análisis de factibilidad, fundamentación, metodología, modelo operativo, administración, previsión de la evaluación, además de bibliografía y anexos.



# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN**

**“Evaluación del uso de Propionato de calcio y Sorbato de potasio en la estabilidad del pan precocido almacenado en refrigeración, para su comercialización en supermercados”**

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Contextualización.**

- **Macro**

Las industrias ecuatorianas de panificación ofrecen una amplia gama de productos para satisfacer la demanda de los consumidores, ya que estos ocupan los primeros lugares dentro de los productos alimenticios de mayor consumo a nivel nacional. Entre la variedad de estos productos se encuentra el pan precocido, denominado así porque su cocción es incompleta seguida de condiciones de conservación, tales como refrigeración y congelación. La cocción es completada al momento de consumo, obteniendo un pan caliente y de color agradable. El mercado de este tipo de pan va en aumento, por las ventajas que ofrece al consumidor el obtener un pan recién horneado. Sin embargo, el problema que enfrentan las industrias es el tiempo de vida útil que presenta el producto, ya que es muy sensible y perecedero, siendo las principales causas de deterioro las alteraciones microbianas por mohos, levaduras y/o bacterias.

Este tipo de pan usualmente es distribuido al consumidor por medio de intermediarios como supermercados, terminales de cocción, restaurantes de comidas rápidas, empresas de catering.

- **Meso**

En la década de los años 90 muchas empresas de panadería han adquirieron la tecnología del pan precocido. En el caso de Ecuador existen panaderías artesanales y semi-industriales que ya han lanzado al mercado este tipo de pan, aunque aún no existen datos estadísticos del porcentaje de producción y demanda de este producto. Fundamentalmente va dirigido a los puntos de expendio, terminales de cocción, restaurantes de comidas rápidas, las empresas de catering y grandes colectividades ya que incluso el panadero puede precocer algo de pan por la mañana y, sin necesidad de congelar, terminar de cocerlo a primera hora de la tarde.

La técnica del pan precocido es la última modalidad que ofrece la industria de panificación al consumidor para obtener pan caliente a cualquier hora del día. Consiste en una cocción en dos tiempos. La masa se elabora como en el proceso tradicional, atendiendo algunas modificaciones que se detallarán más adelante. Una vez que en la primera cocción ha adquirido estructura, se saca del horno, se enfría y posteriormente se empaca y conserva.

- **Micro**

Con el paso de los años se ha visto la importancia de implementar diferentes estrategias que permitan eliminar o inhibir la presencia de microorganismos contaminantes de los diferentes productos alimenticios, mejorando así la calidad y seguridad de los mismos. Es por esto que desde tiempos remotos, el hombre se vio en la necesidad de utilizar algunas sustancias con propiedades antimicrobianas, basándose en su instinto, creencias y conocimientos adquiridos por la experiencia. De ahí que la aparición de los antimicrobianos

constituya uno de los hitos más trascendentales no sólo de la historia de la medicina, sino también de la historia de la humanidad, al reducir las cifras de mortalidad con su introducción en la clínica a principios de la década de 1940, donde los antimicrobianos comienzan a tomar fuerza mediante descubrimientos de la penicilina por Fleming en 1929 y la estreptomicina por Waksman en 1944 entre otros (González, J y Calvo, A. 2005).

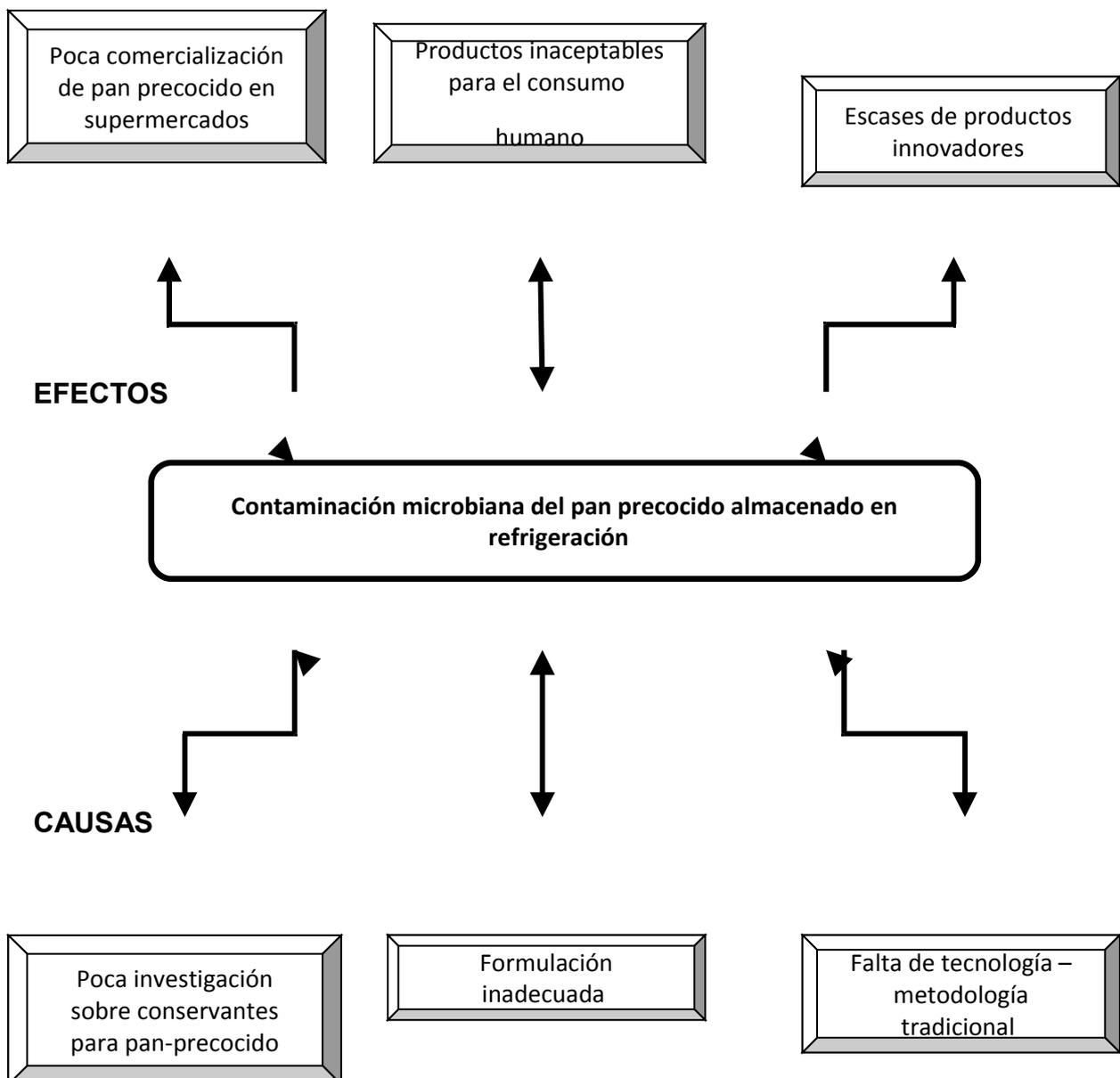
De igual forma, el uso de antimicrobianos como conservantes también ha sido de gran importancia, ya que han permitido alargar la vida de los productos de anaquel al evitar la colonización por microorganismos alteradores; razón por la cual el uso de diversos ingredientes con características antimicrobianas como la sal, el azúcar, el vinagre y las especias han tenido gran relevancia en la industria alimenticia, al igual que diversos compuestos capaces de prevenir los procesos de descomposición, entre los que se destacan: cultivos, proteínas, derivados vegetales y los ácidos orgánicos, así como sus sales. Gracias a este tipo de compuestos se han logrado reducir notablemente las implicaciones económicas tanto para fabricantes (deterioro de materias primas y productos terminados antes de su comercialización) como para distribuidores y consumidores (deterioro del producto luego de su adquisición y antes de su consumo) (Industria Alimenticia. 2006).

### **1.2.2. Análisis crítico.**

El presente estudio está enfocado en la búsqueda de métodos que permitan retrasar el envejecimiento, una opción es la fabricación de pan precocido en dos etapas, la cual consiste en elaborar pan siguiendo el proceso tradicional hasta la fermentación, para posteriormente llevar a cabo un horneado parcial permitiendo la formación de la miga suave, pero no de la corteza crujiente. El producto obtenido es almacenado para su distribución en supermercados en condiciones que garanticen su estabilidad y seguridad, hasta el momento de completar el horneado para la venta o consumo.

El principal problema del pan parcialmente precocido almacenado en refrigeración es el crecimiento de mohos en la superficie del producto. De aquí que se haya considerado interesante estudiar la capacidad de algunos agentes antimicrobianos para prolongar la vida útil del pan precocido refrigerado, siendo el propósito de este estudio evaluar el efecto del sorbato de potasio y propionato de calcio.

**Gráfico 1. Árbol de problemas.**



**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo. 2010

#### **1.2.2.1. Relación causa – efecto**

La contaminación microbiana de alimentos es un problema serio para la industria alimentaria, ya que da lugar a la aparición de productos inaceptables para el consumo humano, ocasionando de esta manera grandes pérdidas económicas.

La panificación por horneado en dos etapas permite ofrecer al consumidor pan recién horneado, prácticamente a cualquier hora del día, así como diversificar los sitios de venta. Además, proporciona ventajas como una disminución importante de las pérdidas por envejecimiento, flexibilidad de horarios de fabricación del pan, aumento en la variedad de tipos de pan disponibles para la venta, entre otras.

#### **1.2.3. Prognosis**

Al no realizarse el presente proyecto de investigación, no existiría el desarrollo de productos innovativos en el campo de la panificación, así como nuevas tecnologías y el aprovechamiento de equipos disponibles para poder investigar y analizar estos dos tipos de antimicrobianos, con los que cuenta la UTA -FCIAL -UOITA donde se daría solución al problema nacional ya que para poner en marcha un plan o una industria para el procesamiento de este tipo de pan se necesitaría de mucho personal dispuesto y preparado para realizar este trabajo.

El consumo de pan se incrementa pues se va a dar la facilidad para que en casa se complete el proceso de cocción aumentando así el mercado y dinamizando la economía del país.

Muchas empresas de panadería han adquirido la tecnología del pan precocido, bien para fabricar a gran escala, bien para mejorar sus costos de producción, y se prevé que cientos más lo hagan en los próximos años. Esta fantástica evolución en el sector introduce cambios en las formas tradicionales de hacer pan. Además, cualquier nueva tecnología exige una puesta al día permanente y una serie de nuevos conocimientos sin los cuales no sería posible afrontarla. Sin embargo, no deja de ser un campo muy nuevo en lo que respecta a la investigación.

Las industrias de alimentos son las principales interesadas en controlar la población microbiana que puedan alterar o dañar las características del alimento, de manera que sustancias como el propionato de calcio y sorbato de potasio son empleadas como conservantes. Sin embargo el empleo de este tipo de sustancias debe depender de las características del alimento, y de los efectos que pueda ejercer el preservante en el producto, como olor, sabor y textura, además de efectos secundarios en los consumidores. De modo que la preservación de productos alimenticios, se basa fundamentalmente en los efectos que puede tener el producto sobre el consumidor.

#### **1.2.4. Formulación del problema**

El problema planteado hace referencia a la causa del deterioro del pan precocido almacenado en refrigeración. Por esto se ha considerado importante estudiar la capacidad de algunos agentes antimicrobianos para prolongar la vida útil del pan precocido u horneado almacenado en refrigeración.

#### **1.2.5. Preguntas directrices**

¿Qué problemas provocan la reducida vida útil del pan precocido al no adicionar antimicrobiano para su conservación?

¿El producto elaborado con dichos antimicrobianos cumplirá con las normas y reglamentaciones técnicas para ser comercializado en supermercados?

¿Cuáles serán las ventajas que nos brinda un pan de este tipo como un aporte para la alimentación de la sociedad ecuatoriana?

#### **1.2.6. Delimitación.**

**Campo:** Alimentos.

**Área:** Panificación

**Aspecto:** Evaluar el efecto de dos antimicrobianos: sorbato de potasio y propionato de calcio

**Temporal:** El tiempo del proyecto a ser investigado año 2010-2011  
Tiempo de Investigación: Diciembre 2010 a Abril del 2011.

**Espacial:** El presente proyecto de investigación se ejecutará en la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos; Laboratorios de la UOITA.

#### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El trabajo se justifica plenamente, pues se investigará métodos que permitan retrasar o revertir el envejecimiento del pan precocido almacenado en refrigeración. Para lo cual la fabricación de pan precocido se realiza en dos etapas, la primera es elaborar pan siguiendo el proceso tradicional hasta la fermentación, para posteriormente llevar a cabo un horneado parcial

permitiendo la formación de la miga suave, pero no de la corteza crujiente. El producto obtenido será almacenado en condiciones que garanticen su estabilidad y seguridad, hasta el momento de completar el horneado para la venta o consumo.

La panificación por precocción en dos etapas permite ofrecer al consumidor un pan recién horneado, prácticamente a cualquier hora del día, así como diversificar los sitios de venta. Además, proporciona ventajas como una disminución importante de las pérdidas por envejecimiento, flexibilidad de horarios de fabricación del pan, aumento en la variedad disponible para la venta, entre otras. Actualmente, la principal técnica usada para la conservación de pan precocido es la congelación; sin embargo, el costo económico requerido para mantener la cadena de frío es elevado, y, además, la formación y crecimiento de cristales de hielo pueden dañar la estructura del pan. Por esto, es justificable realizar estudios para evaluar la refrigeración como método de conservación del pan precocido encontrándose que el daño causado al producto, en comparación con el provocado por la congelación, es insignificante, y que el pan mantiene una estabilidad y calidad adecuadas durante varios días, el principal problema del pan precocido almacenado en refrigeración es el crecimiento de mohos en la superficie del producto.

De aquí que es considerado interesante estudiar la capacidad de algunos agentes antimicrobianos para prolongar la vida útil del pan parcialmente horneado refrigerado, siendo el propósito de este estudio evaluar el efecto del sorbato de potasio y propionato de calcio.

Para determinar la estabilidad del pan parcialmente horneado, se evaluará la carga microbiana (mohos mesófilos y levaduras), con la adición tanto de propionato de calcio y de sorbato de potasio al 0.1%, y al 0.05% cada uno, donde permitirá prolongar la vida útil del producto hasta al menos un mes y así obtener un crecimiento de microorganismos insignificante.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Evaluar la estabilidad de pan precocido almacenado en refrigeración con la adición de propionato de calcio y sorbato de potasio.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la presencia de microorganismos en el pan precocido en los diferentes tratamientos durante un mes.
- Analizar el efecto de propionato de calcio y sorbato de potasio, sobre la estabilidad del pan precocido, almacenado en refrigeración.
- Evaluar mediante análisis sensorial las características organolépticas y calidad del pan precocido.
- Establecer el mejor tratamiento.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

## 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Previo a este estudio se han realizado investigaciones en que se toman como referente a la actual investigación y que fueron presentadas como tesis en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos como:

“Efectos de la adición de agentes químicos y enzimáticos en harina de trigo (*Triticum sp.*) para panificación” (**Luis Alberto Tamayo Rumipamba-1997**). Así

como también la tesis de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral

“Influencia del Envasado sobre la Vida Útil del Pan Precocido” (**María Fernanda Tinoco Matamoros**). También se puede mencionar el perfil de proyecto: Aplicación de una formulación inadecuada y su incidencia en las pérdidas económicas que se presentan en la panadería “Santi” (**Liliana Lucila Ayala Guano-2009**).

## 2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se basa en el paradigma positivista que según **Reichart y Cook (1986)**, tiene como escenario de investigación el laboratorio a través de un diseño pre estructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientada a lo confirmatorio, reduccionista, verificación, inferencial e hipotético deductivo mediante el respectivo análisis de resultados. Además la realidad es única y fragmentable en partes que se pueden manipular independientemente, y la relación sujeto-objeto es independiente. Para este enfoque la realidad es algo exterior, ajeno, objetivo y puede y debe ser estudiada y por tanto conocida.

### 2.2.1 Mercado de productos de panadería.

Los cambios experimentados en el estilo de vida de los consumidores han impulsado la aparición de productos de panificación precocidos congelados o

refrigerados. La disponibilidad de pan fresco a cualquier hora del día y la existencia de una gran variedad de productos con diversidad de aromas, formas y tamaños son algunas de las exigencias de los consumidores. Las industrias de panificación, en busca de un aumento en las ventas de productos o nuevos nichos de mercado, han dado respuesta progresiva a estas demandas (Rosell 2007; Collar 2008).

Actualmente, el mercado internacional de industrias de panificación se rige por las tres mega-tendencias definidas por Lord (2002): conveniencia, salud e indulgencia o placer, en las cuales se encuadran ocho categorías más específicas. En el concepto de salud se incluyen: funcional y fortificado, bajo en calorías, natural y orgánico; conveniencia engloba snacks y productos de fácil preparación, y en estos últimos se pueden incluir los productos precocidos congelados o refrigerados; indulgencia o placer comprende los productos étnicos o exóticos, indulgentes, nuevos y “divertidos”.

Los productos de panificación de conveniencia tratan de adaptarse al tiempo limitado disponible para efectuar la compra y la preparación de alimentos, a la fragmentación de la unidad familiar y al creciente número de hogares unipersonales. Además, estas necesidades no se restringen a los países desarrollados, sino que incluso en los países en vías de desarrollo como el Ecuador, se ha observado un incremento acelerado del consumo de alimentos de preparación rápida.

En las últimas décadas, uno de los avances más significativos en el sector de la panificación ha sido la aplicación del frío a las masas, iniciada en los años 90, que incluye procesos como la fermentación controlada, el pan congelado en masa, la bollería fermentada congelada y el pan precocido.

La aplicación de la tecnología del precocido o parcialmente horneado ha permitido el crecimiento de los productos de panificación de fácil preparación

disponibles a cualquier hora del día, que no requieren personal cualificado para su finalización, lo cual reduce costes y asegura la uniformidad de la calidad del producto en cualquier momento. La aceptación de este tipo de productos resulta evidente si se considera que su producción experimenta un crecimiento anual de un 10%. Las últimas innovaciones tecnológicas abren nuevas posibilidades a la industria de panificación. La aplicación del horneado parcial facilita la fabricación de distintos tipos de pan con diversidad de formas, más atractivos al consumidor, lo cual ha contribuido al aumento en el consumo de pan. La tendencia panadera en Europa apuesta por los “puntos calientes”, es decir, panaderías cuya producción la conforman el pan precocido y la masa congelada.

El sector de la panificación ha sido el precursor para que el pan sea el alimento que más se ha consumido desde la antigüedad en el planeta. Es así que, en nuestro país el consumo de panes y cereales representa según datos recogidos por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2008), el primer grupo de alimentos de consumo en los hogares ecuatorianos. En él se muestra que el Gasto en Alimentos y Bebidas No Alcohólicas es el 19,4 %, siendo el principal gasto de consumo de los hogares ecuatorianos. Dentro de este amplio grupo, los Panes y Cereales ocupan el primer lugar por su porcentaje significativo del 20,5 %. Además, dentro de los productos alimenticios de mayor consumo a nivel nacional urbano se encuentra encabezando el listado, el pan (todos los tipos) con un 7,5%.

Se puede decir entonces que lo que empezó por ser un negocio artesanal, hoy en día es una industria con gran demanda de este producto. Además, los avances tecnológicos conseguidos recientemente en equipos, nueva variedad de materias primas y procesos, han transformado el sector, encontrando en el mercado una amplia gama de productos de panificación (González, J, 2005).

En la década de los 90 muchas empresas de panadería han adquirido la tecnología del pan precocido. En el caso de Ecuador existen panaderías

artesanales y semi-industriales que ya han lanzado al mercado este tipo de pan, aunque aún no existen datos estadísticos del porcentaje de producción y demanda de este producto. Fundamentalmente va dirigido a los puntos de expendio, terminales de cocción, restaurantes de comidas rápidas, las empresas de catering y grandes colectividades ya que incluso el panadero puede precocer algo de pan por la mañana y, sin necesidad de congelar, terminar de cocerlo a primera hora de la tarde.

### **2.2.2 Características del pan precocido.**

El pan parcialmente horneado o cocido, precocido o pre-horneado se fabrica generalmente en panificadoras dotadas de grandes instalaciones, donde se realiza un proceso de panificación semejante al proceso convencional a excepción de la etapa de horneado o cocción.

Esta tecnología de horneado o bien horneado final, conocida en el mundo anglosajón como *bake off technology* (BOT), es un método adecuado para prevenir el envejecimiento del pan y obtener producto a cualquier hora del día con una calidad similar a la del pan fresco. El mercado del pan precocido ha experimentado un gran crecimiento en las últimas décadas, atribuido a que el producto ya está dividido, formado y parcialmente horneado y no requiere personal cualificado para su finalización (Rosell y Gómez 2007).

Se entiende por pan precocido el pan cocido en dos tiempos. En la primera fase se hornea aproximadamente un tercio del tiempo de cocción total del pan. Para su conservación se utilizan varias técnicas: refrigeración o bien la congelación del pan, y el envasado en atmósfera modificada o inerte. El producto se mantiene en dicho estado hasta su horneado final. En general se trata de un producto al que le faltan unos minutos para completar la cocción. El tipo de pan que más se elabora en la técnica de la precocción es el pan francés o baguette.

El pan precocido se usa mucho en supermercados porque permite ofrecer un producto fresco y de alta calidad al consumidor; además, la producción es más barata, dado que únicamente se requiere un horno en el punto caliente. Determinadas cadenas de panadería y grandes superficies utilizan esta alternativa de panificación.

Las etapas de fabricación de pan precocido coinciden con las etapas del proceso convencional, identificándose las principales diferencias en la etapa de cocción (Anexo c.1). La primera etapa es la dosificación y pesaje de las materias primas con el fin de garantizar una regularidad en las masas, generalmente se realiza mediante sistemas automáticos de pesaje que garantizan la regularidad del producto. La fase de amasado es similar a la de producción de pan por método convencional, aunque con un tiempo de amasado ligeramente superior debido a la utilización de harinas algo más fuertes.

Por otra parte, las fases de división, boleado y formado, apenas se diferencian del proceso de fabricación normal o convencional. El horneado parcial o interrumpido consiste en hornear la masa de pan hasta fijar la estructura de la miga sin llegar a formar la corteza crujiente. La precocción o primera cocción del pan generalmente se realiza en hornos rotativos, donde la transmisión del calor se realiza por convección (el aire se calienta y recircula, aprovechando su temperatura para la cocción del pan). Algunas instalaciones poseen hornos de túnel. Cuando el pan se introduce en el horno se administra vapor para retrasar por un corto periodo de tiempo la formación de la corteza. El tiempo de precocción oscila entre 10 y 15 minutos.

Diversos estudios se han centrado en determinar el efecto de la fermentación (Le Bail y otros 2005), el horneado parcial (Fik y Surowka 2002, Bárcenas y otros 2003a) y las condiciones de enfriamiento y congelación (Bárcenas y Rosell 2006a, b) sobre la calidad del pan precocido. Uno de los aspectos

críticos es definir el tiempo y la temperatura de las dos etapas de horneado. Fik y Surowka (2002) describieron que el pan precocido obtenido tras un horneado parcial, correspondiente al 71% del tiempo necesario para el horneado completo, posee gran estabilidad; la valoración sensorial y parámetros reológicos son aceptables tras un periodo de almacenamiento en congelación de 11 semanas. El producto horneado completo se caracteriza por poseer una mayor calidad en comparación con su homólogo parcialmente cocido congelado y descongelado (Fik y Surowka 2002).

Según los autores, el tiempo óptimo para el horneado parcial debe estar comprendido en el intervalo de 74 a 86% del tiempo necesario para el horneado completo. Tras la primera cocción, el pan debe enfriarse hasta que la temperatura interna descienda hasta aproximadamente 30 °C, y debe realizarse de forma lenta y en condiciones de humedad elevada para evitar el descascarillado (Industria Alimenticia 2008). Una vez enfriado, el pan se puede conservar en congelación, refrigeración o en atmósfera modificada.

Posteriormente el pan se empaqueta en bolsas de plástico y es introducido en cajas de cartón especial para refrigeración. El empaquetado se realiza en zonas a baja temperatura (entre 6 y 8°C) para evitar condensaciones en la superficie del pan precocido almacenado en refrigeración. El producto empaquetado debe permanecer almacenado a temperatura constante y su distribución se debe realizar sin romper la cadena de frío. En los lugares de distribución o bien los conocidos “puntos calientes” el pan se descongela y se finaliza la cocción. Las condiciones de descongelación y segunda cocción varían según la variedad y tamaño del pan. El pan precocido congelado se debe descongelar previamente a la cocción para favorecer la recuperación de la estructura y mejorar el volumen del pan. También se puede hornear directamente sin descongelar (lo cual conlleva un incremento del tiempo y temperatura de cocción).

La cocción normalmente se realiza en hornos pequeños y en la mayoría de ellos la velocidad del aire es superior a la de los hornos industriales, lo que obliga a bajar la temperatura de cocción; además, se recomienda inyectar vapor durante un breve periodo de tiempo para obtener una corteza flexible y más brillante. La segunda cocción permite generar la corteza y liberar el aroma característico de los productos recién horneados.

También se han establecido condiciones concretas de horneado de productos de panificación específicos como el pan precocido almacenado en refrigeración (Park y Baik 2007). Para conseguir una calidad semejante a la del pan francés mediante la tecnología del precocido es necesario un horneado parcial superior a seis minutos a 218 °C, que permite obtener una temperatura en la miga de 97 °C. Una reducción de la temperatura de horneado parcial obliga a un aumento del tiempo de horneado, esto repercute en una disminución de la dureza de la miga en el producto completamente horneado (Park y Baik 2007).

Entre las principales ventajas del pan precocido se encuentran: disponibilidad de pan caliente a cualquier hora del día, amplia gama de productos y ahorro de tiempo y mano de obra en los puntos finales de distribución. Pueden surgir algunos inconvenientes cuando se efectúa un proceso de elaboración poco cuidadoso, entre ellos pan con menos volumen, envejecimiento rápido y descascarillado.

### **2.2.3 Principios físicos de la congelación y refrigeración del pan precocido.**

El pan precocido sufre diversos cambios de temperatura a lo largo del proceso global de panificación. Durante el primer horneado o cocción parcial, la temperatura en el interior de la pieza asciende desde 28 °C hasta 70 °C aproximadamente, aunque esto depende del tipo de horno, el peso y forma de las piezas y las condiciones térmicas en el interior del horno (Fik y Surowka

2002). Durante el enfriamiento de los panes precocidos la temperatura en el interior de la pieza asciende hasta alcanzar 86 °C, incluso estando fuera del horno (Bárcenas y otros 2004). Este fenómeno se denomina aumento de temperatura postcocción (Leuschner y otros 1997) y es debido a la difusión del calor desde la corteza (90 °C) al centro de la miga (70 °C) al final de la cocción.

Previo a las operaciones de almacenamiento (refrigeración o cocción) es necesario el enfriamiento del pan precocado. La comprensión del mecanismo de refrigeración de los panes precocidos es de crucial importancia para asegurar la calidad del producto final. Por ello el desarrollo de modelos matemáticos para predecir la calidad del producto final ha sido objeto de diversos estudios. Diversas propiedades termofísicas (densidad real y aparente, calor específico, entalpía, conductividad térmica efectiva) determinadas sobre la miga y corteza del pan precocado almacenado en refrigeración, se han usado para predecir la conductividad térmica efectiva usando cuatro modelos distintos (Maxwell, Krischer, series, paralelos); el modelo de Krischer es el que mejor se ajustó a los datos experimentales (Hamdami y otros 2004b).

También se ha desarrollado y validado un modelo matemático para predecir el perfil de temperatura y la pérdida de peso del producto ocasionada por la transferencia de humedad, que incluye como variables dependientes de la temperatura la actividad de agua, la conductividad térmica, la entalpía y el calor específico aparente (Hamdami y otros 2004a).

Los cambios físicos que se producen durante el enfriamiento y posterior refrigeración del pan precocado han sido identificados mediante imágenes de resonancia magnética (Lucas y otros 2005a). Los estudios realizados en masas sin levadura muestran que durante el enfriamiento la señal de resonancia magnética fue inversamente proporcional a la porosidad local y dependiente en menor medida del contenido de agua líquida en el pan. Además, la proporción entre agua líquida y hielo fue el factor determinante de la señal de resonancia

magnética durante la fase de cristalización (Lucas y otros 2005a); se observó una disminución de la señal cuando se inicia el proceso de cristalización del agua y un aumento de aquélla debajo de la corteza debido al colapso local y a la mayor densidad de la miga (Lucas y otros 2005b).

El pan precocido se somete a diversos cambios de temperatura cuando se almacena en congelación. Estos cambios afectan de forma distinta a la corteza y la miga. Inicialmente cuando el pan precocido se introduce en la cámara de congelación se produce un rápido descenso de la temperatura. La congelación en el centro de la miga se inicia lentamente a partir de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , incrementándose la velocidad de congelación cuando el centro de la miga alcanza  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo cual corresponde con el denominado enfriamiento tras la congelación (Bárcenas y Rosell 2006b).

Cuando el pan sale de la cámara de congelación se produce un ascenso de la temperatura en la corteza que coincide con la etapa de envasado, el cual no llega a detectarse en el interior de la miga (Hamdami y otros 2004a). Durante el almacenamiento en congelación se produce de nuevo un rápido descenso de la temperatura de la corteza hasta que se equilibran la temperatura de la corteza y el interior de la miga y continúa el descenso paralelo de temperatura hasta alcanzar  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Los cambios de temperatura sufridos por el pan precocido congelado no se reducen a la etapa de congelación, sino que se prolongan durante la descongelación y horneado posterior. La determinación de la conductividad térmica del pan en condiciones pseudo-no isotérmicas como ocurre en el proceso de panificación del pan precocido congelado es uno de los parámetros fundamentales durante la etapa de horneado (Jury y otros 2007). Se ha observado, mediante un sensor específico de control de temperatura *in situ*, que los valores obtenidos en condiciones pseudo-no isotérmicas durante la etapa de descongelación-horneado final son similares a los obtenidos en condiciones isotérmicas (Jury y otros 2007).

Otra alternativa para conservar los productos precocidos es el proceso Milton–Keynes, diseñado para estabilizar los panes precocidos sin someterlos a refrigeración ni congelación (Lallemand Baking Up date 2008). Este método consiste en utilizar un enfriador a vacío para estabilizar la estructura del pan precocido sin producir la compresión o encogimiento del mismo durante su almacenamiento a temperatura ambiente.

#### **2.2.4 Efectos de la refrigeración sobre la calidad de los productos precocidos**

- *Cambios físicos: pérdida y distribución de la humedad Retrogradación del almidón y descascarillado*

Para un control efectivo de las pérdidas producidas durante la refrigeración es necesario conocer la difusión del agua y la actividad de agua del pan precocido, su corteza y su miga. Determinaciones experimentales de la actividad del agua y estudios de secado realizados en el pan y en la miga han permitido establecer modelos matemáticos de predicción. Hamdami y otros (2006) ajustaron los resultados experimentales a los modelos de Guggenheim Anderson–de Boer y al modelo deducido de la ecuación de Clausius–Clapeyron, y obtuvieron buenas correlaciones que permiten predecir la difusión del agua y la actividad del agua a temperaturas bajo cero por extrapolación.

El contenido de humedad de los panes precocidos y los sometidos a una segunda cocción se muestra en la Tabla 1 Bárcenas y Rosell (2006b) determinaron la humedad de los panes precocidos y los sometidos a una segunda cocción, y observaron que los panes precocidos tenían más humedad que sus respectivos completamente horneados, debido a la evaporación del agua durante la segunda cocción (Leuschner y otros 1997). La humedad del pan precocido almacenado en congelación disminuye significativamente

durante su almacenamiento en congelación. Vulicevic y otros (2004) indicaron que el contenido de humedad del pan precocido es uno de los atributos de calidad más afectados durante el almacenamiento en congelación, como consecuencia de la disminución en la capacidad de retención del agua de la estructura panaria.

**Tabla #1. Efecto del tiempo de refrigeración sobre el contenido de humedad del pan precocido y del pan resultante tras la segunda cocción.**

Tiempo (días)	Humedad (%)	
	Pan precocido	Pan completamente horneado
0	41.40	36.21
7	41.03	36.22
14	41.03	36.50
28	41.22	35.77
42	40.81	35.33

**Fuente:** Bárcenas y Rosell (2006).

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011

Las características de la corteza del pan son consideradas como un factor clave de la calidad tecnológica y sensorial. Uno de los problemas del pan fresco procedente del pan precocido almacenado en refrigeración es el descascarillado que resulta de la separación de algunas partes de la corteza. Este efecto se ha atribuido a un secado excesivo de la superficie del pan al final del enfriamiento y refrigeración del pan precocido (Lucas y otros 2005b; Hamdami y otros 2007). El origen de este fenómeno se ha asociado a dos procesos bien diferenciados: por una parte, la concentración de agua en forma de hielo debajo de la corteza debido a la presencia del frente de congelación, y por otro, a las diferencias interfaciales entre la corteza y la miga originadas por las fuerzas de tensión y estrés inducidos por el choque termomecánico (Lucas y otros 2005b).

Se ha analizado el efecto de las condiciones del proceso de panificación (calidad de la harina, amasado, fermentación, características de la masa al final de la fermentación, condiciones de horneado parcial, enfriamiento, refrigeración, almacenamiento y horneado final) sobre las características de la corteza (Le Bail y otros 2006). El estudio concluye que las causas principales del descascarillado del pan precocido almacenado en refrigeración es la concentración de cristales de hielo situados debajo de la corteza y la miga y los problemas termomecánicos que surgen entre la corteza y la miga (Le Bail y otros 2006).

#### **2.2.5 Modificaciones en la estructura, en la textura y en los atributos sensoriales**

En general, las operaciones de congelación, descongelación y horneado final disminuyen el volumen específico de las piezas. El pan francés con mejores características (color de corteza, dureza y humedad de la miga) se obtuvo con 6 min de horneado parcial a 218 °C, congelación a -30 °C, descongelación durante 180 min a 20 °C y horneado final de 12 min a 218 °C. La reducción del tiempo de descongelación del pan precocido provoca un incremento del tiempo de horneado final, pero se obtienen panes con mayor humedad de miga (Park y Baik 2007).

Se ha descrito el uso de la refrigeración como alternativa para conservar los panes precocidos (Bárcenas y Rosell 2006a). La miga de pan obtenido de pan precocido refrigerado mantiene su microestructura intacta a diferencia del pan procedente de pan precocido congelado.

El pan procedente del pan precocido almacenado en refrigeración posee mayor volumen específico, menor dureza de miga y velocidad de endurecimiento más lenta que los procedentes de pan precocido almacenado en congelación (Bárcenas y Rosell 2006a).

La forma de conservación de los panes precocidos afecta a las características sensoriales del producto final. Aunque no se observan diferencias en cuanto a apariencia y aroma, sí se ha descrito una mejor valoración del sabor y textura del pan obtenido de pan precocido congelado (Bárcenas y Rosell 2006a).

Los panes precocidos almacenados a bajas temperaturas sufren un progresivo endurecimiento de la miga y una rápida cristalización de las cadenas de amilopectina, pero la aplicación de calor durante la etapa final de horneado revierte estos procesos y la mejora experimentada por el producto está directamente relacionada con la duración del almacenamiento previo (Bárcenas y Rosell 2007).

El endurecimiento progresivo de la miga de pan durante el almacenamiento en refrigeración es más acentuado en los panes de centeno que en los panes de trigo (Karaoglu y Kotancilar 2005).

En el pan precocido la miga está completamente formada después del horneado parcial y aumenta significativamente durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración. El endurecimiento de la miga es el resultado de un proceso multicausal en el que intervienen la retrogradación de la amilopectina (Zobel y Kulp 1996), la recristalización de la amilosa (Hug-Iten y otros 1999), la pérdida de humedad (Zeleznač y Hoseney 1986), las interacciones entre el almidón y el gluten (Martin y otros 1991) y la redistribución de la humedad (Czuchajowska y Pomeranz 1989), entre otros factores.

La dureza del pan completamente horneado es independiente del tiempo de almacenamiento en refrigeración del pan precocido (Bárcenas y Rosell 2007). Sin embargo, cuando se compara la dureza de la miga del pan completamente horneado con su homólogo precocido refrigerado, se ha descrito que hasta 2 días de almacenamiento a 2 °C, la dureza del pan completamente horneado

fue mayor que la del precocido, pero esta tendencia se invierte con almacenamientos más prolongados (Bárceñas y Rosell 2007).

Este comportamiento es el resultado de dos fenómenos opuestos que concurren durante la segunda cocción. Por una parte el desplegamiento de las cadenas de amilopectina y la ruptura de las interacciones almidón–gluten originan migas más blandas, y por otra la pérdida de humedad que produce un aumento de la dureza de la miga.

Durante los primeros días de almacenamiento en refrigeración el segundo fenómeno predomina, porque la retrogradación de la amilopectina se produce lentamente, y el resultado global es la obtención de panes completamente horneados con miga más dura que sus respectivos panes precocidos refrigerados. Por el contrario, en almacenamientos prolongados (superiores a 2 días) se produce un incremento progresivo de la dureza de la miga del pan precocido, y el balance global de ambos fenómenos es la obtención de panes completamente horneados con migas más blandas que sus respectivos precocidos refrigerados.

Se ha estudiado el efecto del almacenamiento en congelación del pan precocido sobre la calidad del pan completamente horneado y su comportamiento durante el envejecimiento. El contenido de humedad del pan precocido o parcialmente cocido y del pan completamente horneado disminuye con el tiempo de almacenamiento en congelación. Durante el almacenamiento en congelación la dureza de la miga del pan precocido se mantiene constante, pero no ocurre lo mismo con la miga del pan tras el segundo horneado, la cual experimenta un aumento de la dureza al prolongarse el tiempo de almacenamiento en congelación.

El almacenamiento en congelación de los panes precocidos también afecta al envejecimiento de los panes completamente horneados, endurecen más rápidamente y tienen una mayor retrogradación de la amilopectina; estos

cambios se han atribuido al daño estructural que provocan los cristales de hielo durante el almacenamiento en congelación (Bárcenas y Rosell 2006b).

Estudios realizados sobre pan francés procedente de pan precocido congelado señalan diferencias significativas con el pan francés obtenido por el proceso tradicional en cuanto a peso, volumen específico y atributos sensoriales determinado por un panel de jueces entrenados (Carr y otros 2006). Vulicevic y otros (2004) presentaron un estudio comparativo sobre las características físicas, químicas y atributos sensoriales de distintos tipos de pan precocido (centeno, multicereales, trigo). Los resultados experimentales se usaron para desarrollar modelos de predicción de la cinética de deterioro de algunos parámetros de calidad.

#### **2.2.6 Aspectos tecnológicos de la elaboración de productos precocidos congelados y refrigerados**

- **Formulación**

Al pan precocido se le atribuye un menor volumen, un envejecimiento más rápido y mayor tendencia al descascarillado que al pan obtenido mediante el proceso convencional. Por ello, resulta primordial seleccionar materias primas de calidad e incrementar el control sobre éstas. Además, la aplicación de temperaturas de refrigeración o congelación en el proceso de panificación exige la adaptación del proceso (materias primas, maquinaria, envasado y transporte) a los nuevos requerimientos (Rosell y Gómez 2007).

La harina debe ser más fuerte (con mayor cantidad y calidad de proteínas), con el fin de contrarrestar el rápido envejecimiento de este tipo de pan. Generalmente, la cantidad de agua requerida es ligeramente superior que en la panificación por método convencional, ya que al tratarse de una harina más fuerte la absorción es mayor.

La hidratación de la masa es un parámetro determinante del proceso de panificación, que incide directamente sobre el amasado, fermentación, cocción y enfriamiento (Rosell y Collar 2009); por ello es necesario un ajuste previo de la consistencia de la masa al proceso de panificación al que va destinada.

La masa madre responsable de incrementar el sabor, olor, forma y estabilidad de la masa debe ser añadida en dosis mucho mayores que en el caso del pan completamente horneado. Los mejorantes que se aconsejan son los empleados en la fabricación del pan precocido almacenado en refrigeración y la cantidad de mejorantes debe ser similar a la usada en la fabricación del pan convencional. Otro integrante de la fórmula es la grasa, la cual se añade durante el amasado, que incrementa la flexibilidad del pan y lo hace más tierno y duradero (Industria Alimenticia 2008).

La utilización de mejorantes y coadyuvantes tecnológicos ( $\alpha$ -amilasa, masa madre, hidrocoloides) minimiza el efecto negativo (aumento en el intervalo de temperatura de retrogradación) observado en los panes precocidos almacenados en refrigeración (Bárcenas y otros 2003b). La simulación de la tecnología del parcialmente cocido mediante la calorimetría diferencial de barrido ha demostrado que los mejorantes retrasan la gelatinización del almidón y disminuyen la entalpía de gelatinización (Bárcenas y otros 2003b), del mismo modo que se ha observado en los panes obtenidos mediante panificación convencional (Armero y Collar 1998; Bollaín y otros 2005).

Además, su efecto se extiende al proceso de envejecimiento del pan completamente horneado, ya que se observa una disminución de la retrogradación de la amilopectina en presencia de dichos mejorantes, lo cual se traduce en un retraso del envejecimiento.

Entre los hidrocoloides usados para este tipo de productos se ha descrito el uso de  $\kappa$ -carragenato e hidroxipropil metil celulosa (HPMC) para extender la calidad en el tiempo (Bárcenas y otros 2004). La adición de HPMC (0,5 g/100g

base harina) reduce la actividad de agua y disminuye el endurecimiento de la miga, mientras que el  $\kappa$ -carragenato no resulta efectivo como mejorante de pan precocido congelado. Los panes procedentes de pan precocido congelado obtenidos en presencia de HPMC tienen mayor volumen específico y mejor capacidad de retención de humedad; además, este hidrocoloide inhibe el efecto que la congelación tiene sobre el envejecimiento del pan (Bárcenas y otros 2004; Bárcenas y Rosell 2006a, b).

La adición de HPMC mejora las características tecnológicas de los panes precocidos y también disminuye la velocidad de envejecimiento de los productos resultantes, sin afectar a los atributos sensoriales. El efecto mejorante del HPMC es más evidente en los panes precocidos almacenados en congelación, donde el hidrocoloide ejerce un efecto protector frente al daño causado por el crecimiento de los cristales de hielo (Bárcenas y Rosell 2006a). En el caso de los panes precocidos almacenados en refrigeración la adición de HPMC en la formulación también retrasa el endurecimiento del pan precocido y del pan resultante tras el segundo horneado.

El HPMC también disminuye la velocidad de endurecimiento de la miga de pan y retrasa la retrogradación de la amilopectina; estos efectos se han atribuido a la posible interacción entre las cadenas de HPMC y los principales constituyentes del pan, gluten y almidón (Bárcenas y Rosell 2005, 2006a, b; Rosell y Foegeding 2007).

La adición de goma xantana (0,16 g/100 g harina) también mejora las características del pan obtenido tras el almacenamiento en congelación y descongelación en microondas, probablemente debido a que el hidrocoloide inhibe la pérdida rápida de agua que induce el microondas (Mandala 2005).

La adición de aditivos antimicrobianos a los panes precocidos provoca un aumento de la dureza de la miga del pan (Karaoglu y Kotancilar 2005). Carr y Tadini (2003) estudiaron el efecto de la levadura y grasas vegetales sobre las

propiedades físicas y de textura del pan francés precocido congelado, y observaron que alto contenido de levadura originó un aumento del volumen específico y mayor actividad de levadura, pero dicho efecto se redujo durante el almacenamiento en congelación del pan precocido, lo cual atribuyeron al daño estructural provocado por los cristales de hielo. Respecto al contenido de grasa vegetal, las formulaciones con mayor cantidad originaron una disminución de la dureza y masticabilidad; sin embargo, la cohesividad no se vio significativamente afectada por la grasa ni por la levadura.

- **Líneas de producción**

La producción de panes precocidos requiere algunas modificaciones en las líneas de panificación, concretamente en la etapa de horneado, enfriamiento y refrigeración (Hillebrand 2005).

La principal diferencia entre la panificación convencional y la tecnología del precocido estriba en cómo se hornean los productos. Los productos precocidos permanecen en el horno hasta que la estructura de la miga se ha formado, y por ello es necesario reducir la temperatura de horneado o bien el tiempo de duración de éste. Cualquier tipo de horno puede ser usado para producir productos precocidos porque la modificación del tiempo y temperatura únicamente requiere pequeñas adaptaciones.

Para la producción de panes precocidos se usan los hornos de túnel o bien los hornos verticales; estos últimos ocupan menos espacio y tienen una estructura más compacta que reduce la cantidad de vapor de agua necesaria para obtener una corteza fina y blanda.

La cantidad de vapor de agua usada en el horneado parcial es un aspecto crucial en la tecnología del precocido, puesto que una cantidad deficiente provocará el secado excesivo de la corteza, mientras que una cantidad

excesiva de vapor de agua originará el despegado de la corteza durante el horneado final (Hillebrand 2005).

Otras modificaciones adicionales están ligadas al proceso de enfriamiento y refrigeración. Los productos precocidos después del horneado deben enfriarse a temperatura ambiente antes de introducirse en la cadena de refrigeración. Cuando la temperatura interna del producto es demasiado alta se reseca excesivamente la corteza y esto se traduce en un descascarillado posterior; además, se requiere mayor energía o tiempo para conseguir la descongelación del producto.

La humedad del ambiente también es decisiva en este tipo de productos, puesto que una humedad ambiental excesiva favorece el crecimiento de las esporas de mohos que pueden depositarse sobre la superficie de los productos precocidos (Hillebrand2005).

Respecto al proceso de congelación de los panes precocidos, el 90% del producto precocido debería estar congelado a la salida de la línea de congelación. Una congelación prolongada puede producir resecamientos no deseables en la superficie del producto, y un acortamiento de la etapa de congelación conlleva un colapso de la miga (Hillebrand 2005).

Los productos precocidos congelados deben permanecer congelados hasta el momento de su horneado final, puesto que fluctuaciones en la temperatura de congelación ocasionan descongelaciones y congelaciones parciales que alteran la calidad del producto.

Las líneas de panificación están continuamente evolucionando, adaptándose a los nuevos procesos y tratando de optimizar el consumo de energía y la calidad de los productos. Una de las innovaciones desarrolladas para mejorar la calidad del producto procedente del pan precocido congelado es el uso de la congelación en dos etapas, modificando la temperatura del aire y la velocidad.

Se ha descrito que la refrigeración rápida del pan precocido minimiza la pérdida de peso y el tiempo de refrigeración (Hamdami y otros 2007).

Por el contrario, una refrigeración lenta aplicada al inicio de la refrigeración tiende a disminuir la cantidad de cristales de hielo en la interfaz miga–corteza. Hamdami y otros (2007) concluyeron que la combinación de una etapa lenta de refrigeración seguida de una etapa rápida mejora la calidad de los productos completamente horneados.

El proceso de envasado de los productos precocidos también se ha adaptado a las características de estos productos; así se ha observado que el envasado en atmósfera modificada seguido de la refrigeración de los productos envasados extiende la vida de conservación del producto (Gutberlet y Schlinzig 2006).

### **2.2.7 Tendencia de mercado**

Los cambios en los hábitos de los consumidores han provocado modificaciones en las tendencias del mercado. El lanzamiento de nuevos productos de panificación (horneados o bien parcialmente horneados) ha sufrido un crecimiento exponencial en los últimos años. En Europa se ha producido el 40% del lanzamiento de nuevos productos, seguidos por Norteamérica con el 25%, y Asia y América Latina con el 16% de los lanzamientos cada una (Launois 2008).

El consumo de productos saludables y naturales se está popularizando a nivel mundial a medida que los consumidores son conscientes de los beneficios de determinados ingredientes sobre la salud. El conjunto de productos de panificación fabricados con cereales enteros es el que ha experimentado un mayor crecimiento en los últimos 2 años; de hecho en Europa, de un total de 861 productos panarios lanzados al mercado, alrededor de 15% contiene cereales enteros. La tecnología del precocido ha hecho posible la diversificación de productos en cuanto a tipos, forma y tamaño, en los puntos de distribución y disponer de pan fresco a cualquier hora del día.

### 2.2.8 Materia prima

Conseguir un pan precocido de buena calidad, parte de tener unas materias primas en perfectas condiciones. En la siguiente tabla se puede observar las diferencias existentes en la formulación de un pan común y un pan realizado por el sistema precocido.

**TABLA # 2. Formulación de pan común y pan precocido tipo Baguette**

<b>PAN COMÚN</b>	<b>PAN PRECOCIDO</b>
<b>Harina: 5 Kg</b>	<b>Harina: 5 Kg</b>
<b>Agua: 3 l</b>	<b>Agua: 3,150 l</b>
<b>Sal: 100 g</b>	<b>Sal: 100 g</b>
<b>Levadura: 150 g</b>	<b>Levadura: 150 g</b>
<b>Mejorante: 15 g</b>	<b>Mejorante: 10 g</b>
<b>Masa madre: 500 g</b>	<b>Masa madre 1.000 g</b>

**Fuente:** Calaveras, 1996

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

La diferencia del proceso comienza en la fórmula, donde se necesita una harina más fuerte en la obtención de un pan precocido de consistencia firme. Las harinas flojas provocan que en este tipo de pan una vez finalizada la precocción, se arrugue y se derrumbe. En este caso tiene que ver el contenido de proteína en la harina, es decir, la cantidad de gluten. Cuanto mayor proporción de gluten tenga la harina mejor coagulará el pan y más firme y resistente será al hundimiento.

El pequeño aumento de agua viene exigido por el propio proceso. Si en el pan común sería normal una absorción del 58-60% de agua, al tratarse de una harina más fuerte la cantidad de agua absorbida es mayor, y al perder durante

la primera cocción una tercera parte de agua en la pieza, es necesario añadir un poco más de agua de lo normal en el amasado, con el fin de evitar que en la segunda cocción se forme una corteza muy gruesa o una miga demasiado compacta. La sal y la levadura son materias primas que no necesitan cambiar su dosificación respecto al pan común (Calaveras, 1996).

En relación con el diagrama (Anexo C.2) propuesto a continuación en el que se detalla el proceso de elaboración del pan precocido almacenado en refrigeración comparado con el proceso de elaboración del pan convencional en el cual se destaca las diferencias de elaboración de estos tipos de pan.

### **2.2.9. Descripción del proceso.**

El pan precocido tipo baguette es una barra de pan de entre 20 -30 cm. de longitud y de 100 g de peso. Esta especialidad es originaria de Francia y más concretamente de París. Actualmente es una variedad de pan consumida por todo el mundo.

A continuación se detallan las etapas del proceso:

**Recepción de la materia prima.-** En la recepción de las materias primas (harina, agua, sal, mejorantes y levaduras) se realizan controles de calidad y aptitud para la elaboración de este pan.

Las materias primas para la elaboración del pan se almacenan en cámaras frigoríficas o en almacén a temperaturas de 18°C, según su naturaleza. (Calaveras, 1996)

**Dosificación/ Pesaje.-** La primera norma en toda industria de panificación es el pesaje de todas las materias primas para garantizar una regularidad de las

masas, incluso existen sistemas automáticos de pesaje donde sólo se aplica una numeración para cada fórmula.

**Amasado.-** El amasado se realiza de forma mecánica mediante amasadoras. En el pan precocido se sigue la norma de producción de pan normal obteniendo las masas a 22-23°C. Las masas son reforzadas con mayor cantidad de masa madre y su tiempo de amasado es un poco mayor debido a la utilización de harinas algo más fuertes, suele durar el proceso de amasado mecánico unos 15 minutos. La finalidad es la homogeneización, evitando las bolsas de gas.

En la cuba de amasado se encuentran: agua, harina, sal, otros aditivos y levadura. Esta última fermenta poco durante la fase de amasado, pero sigue actuando durante etapas posteriores (Calaveras, 1996)

**Reposo.-** El tiempo de reposo antes del formado ha de estar proporcionado con la cantidad de levadura añadida, es decir, cuando la dosis de levadura sea alta el reposo ha de ser más corto y al contrario cuando la dosis es baja: el tiempo de reposo ha de ser superior a lo normal. Con el 2% de levadura el tiempo de reposo va de entre 15 y 18 minutos (Quaglia, 1991).

**División, boleado y formado.-** La división de la masa es un proceso mecanizado, mediante el cual se obtienen piezas con tamaño, forma y peso bastante homogéneo.

La operación de dividir toda la masa formada debe realizarse en menos de 15 minutos porque, en caso de demoras, las primeras piezas pueden ser más pesadas y las últimas más livianas, debido a que el proceso de fermentación ya está iniciado.

El boleado o moldeado previo del pan tiene por objeto eliminar de la masa el exceso de gas que se haya podido producir, darle a la masa una estructura

uniforme y conseguir una capa externa relativamente más seca que el resto de la masa, que permitirá un buen formateado, al tiempo que impida la salida desordenada del gas que se forme en la fermentación posterior (Calaveras, 1996).

El formado es la operación que consiste en dar forma a una porción de masa antes de la fermentación. Ésta será la forma que presentará el pan una vez cocido. La temperatura óptima de la masa para el formado es de 21 °C a 23 °C. Durante el dividido y reposo la masa tiende a aumentar su temperatura. Temperaturas superiores a 23 °C incrementan la fuerza de la masa y dificultan el formado (Calaveras, 1996).

**Fermentación.-** Llamamos fermentación a la serie de reacciones bioquímicas llevadas a cabo por levaduras de género *Saccharomyces cerevisiae* y por bacterias fermentativas, básicamente lácticas y acéticas, que conducen finalmente a la formación de etanol y gas carbónico, y a una serie de fermentaciones secundarias que serán las causantes del aroma y sabor final del pan precocido.

Se debe realizar el mayor tiempo posible de fermentación para conseguir que se desarrollen la fermentación láctica y acética, y la más importante, la fermentación alcohólica (produciendo CO<sub>2</sub>, y etanol). Se necesitan todas las fermentaciones en poca cantidad, pero todas son necesarias para dar ese sabor y olor típico del pan (Calaveras, 1996).

El gas carbónico, en forma de pequeñas burbujas, contribuye al esponjamiento de la masa; la producción de este gas comienza lentamente para acelerarse al final de la fermentación.

Las barras se fermentan en cámaras que mantienen 26 °C de temperatura y 75 % de humedad de manera constante, hasta que la masa ha alcanzado el

punto óptimo de fermentación. Tendrá una duración de entre 150 y 180 minutos aproximadamente. (Quaglia, 1991).

**Precocción.-** La precocción o primera cocción se realiza generalmente en hornos rotativos. La transmisión del calor en este tipo de horno se realiza por convección (el aire se calienta y recircula aprovechando su temperatura para la cocción del pan). Dentro de la cámara de cocción se introduce el carro portabandejas y, colocado sobre una plataforma giratoria, el pan va adaptando necesariamente diferentes posiciones relativas ante la corriente de aire caliente.

La temperatura inicial del horno es de 230 °C. El pan se introduce y durante doce segundos se imprime vapor. Luego se deposita sobre la superficie de la masa y se condensa. El calor del horno debilita la masa, al mismo tiempo que el vapor se fija, retrasando por un corto periodo de tiempo la formación de la corteza (Quaglia, 1991).

La temperatura de precocción es de 170 °C. Hasta que la masa adquiere una temperatura de 55 °C se acelera la acción fermentativa, y aumenta el volumen del pan. A partir de los 55 °C, las levaduras mueren y se paraliza la fermentación. Este hecho ocurre antes en las capas externas de la masa, de tal forma que cuando ya ha tomado estructura la corteza, aún sigue habiendo expansión en el interior del pan incrementando la presión. La duración del proceso es de 12 a 15 minutos. Estos datos son orientativos, y dependen de la temperatura del horno, del tipo de éste y otra serie de factores.

**Enfriamiento.-** En el pan precocido esta fase debe hacerse en una forma estándar. Por lo que una vez que ha salido el pan del horno y antes de proceder a las siguientes manipulaciones, el pan debe enfriarse durante treinta o cuarenta minutos, tiempo necesario para que la temperatura interna descienda hasta 30 °C.

**Envasado.-** Las piezas ya preparadas se pueden tratar con técnicas de frío como congelación (-30 y -40° C) y la refrigeración (4 y 6°C), o aplicando envasado con atmósfera modificada.

**Cocción final.-** Ya en el punto de venta, restaurante o incluso en el hogar del consumidor, se realiza la cocción final. Se realiza en hornos pequeños y en la mayoría de ellos la velocidad del aire es superior a la de los hornos industriales, lo que obliga a bajar la temperatura de cocción. La temperatura inicial del horno de cocción será de 230 °C. Se inyectará vapor durante ocho segundos obteniendo una corteza flexible y más brillante. La temperatura de cocción es de 200 °C durante quince minutos aproximadamente (www3, 2010). En esta última etapa del proceso tiene lugar la reacción de Maillard, formándose una corteza crujiente, dorada y apetitosa. Ello permite disponer de pan recién horneado a cualquier hora del día (Calaveras, 1996).

#### **2.2.10. Antimicrobianos**

En la actualidad, se emplean diversos métodos para proteger y extender la vida útil de los alimentos, entre los más usados se encuentran la aplicación de aditivos, los cuales según la Academia Nacional de Ciencias son aquellos compuestos que son incorporados a los alimentos de manera directa o indirecta durante la elaboración, almacenamiento y procesamiento (Frazier, 1976). Las principales razones para emplear aditivos son:

- Mantener o mejorar el valor nutricional del producto
- Mejorar la calidad
- Reducir pérdidas
- Incrementar la aceptabilidad del consumidor
- Incrementar la vida útil del producto

- Facilitar la preparación

Entre los aditivos más comunes se encuentran los agentes blanqueadores, estabilizantes, colorantes, suplementos nutritivos, antioxidantes y los preservantes. El Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos define como preservante un agente antimicrobiano empleado para preservar los alimentos mediante la prevención del crecimiento de microorganismos. Existen dos clases de antimicrobianos, los naturales y los químicos. Los antimicrobianos más empleados en panificación son los químicos; ejemplos de éstos son el propionato de calcio y potasio, ácido sórbico, diacetato de sodio, sorbato de potasio, ácido acético, entre otros (Grundy, 1996).

La efectividad de los preservantes depende de varios factores intrínsecos del propio alimento, como su composición, nivel inicial de contaminación microbiana, pH, tiempo de almacenamiento, temperatura de almacenamiento, ingredientes, entre otros. Las alteraciones provocadas por mohos o bacterias en el pan son indeseables cuando representan un peligro para la salud o pueden generar pérdidas del producto. (Badui, 1999).

Tan sólo en Estados Unidos se pierden más de noventa millones de kilogramos de pan cada año por dichas alteraciones (Grundy, 1996). Es por esto que se han llevado a cabo investigaciones, en las cuales se ha estudiado la capacidad de ciertos antimicrobianos para prolongar la vida útil del pan.

#### **2.2.7.1. Sorbato de potasio**

Pertenece al grupo de las sales del ácido sórbico. Tanto el ácido como su sal se encuentran entre los antimicrobianos de mayor importancia en la industria de alimentos. El sorbato de potasio (hoja técnica Anexo E), tiene apariencia blanca, y se comercializa en forma de polvo, gránulos, suspensiones y soluciones. Su solubilidad en agua es del 58.2% a 20°C (Sofos, 1989). Su potencia representa únicamente el 74% de la que tendría el ácido

correspondiente, sin embargo la sal resulta más fácil de manejar y aplicar debido a su solubilidad.

El sorbato de potasio se deteriora al exponerse al calor, humedad y luz, por lo que debe conservarse en un lugar fresco, cerrado y oscuro. No presenta sabor ni olor, por tanto su presencia pasa desapercibida en productos horneados cuando su uso se encuentra dentro de los niveles normales.

- **Acción**

El sorbato de potasio tiene alta actividad contra mohos y levaduras, no así con las bacterias excepto el *Bacillus mesentericus* y *Bacillus subtilis* (Grundy, 1999). Su función como antimicrobiano abarca pH arriba de 4.0 y debajo de 7.0; sin embargo su efectividad se incrementa conforme la acidez del producto baja y se aproxima a la constante de disociación (pKa) de la sal (4.67). El pH máximo donde se ha encontrado actividad inhibitoria del sorbato es entre 6.0 y 6.5; su actividad óptima se encuentra en pH debajo de 6.0 y es inefectivo arriba de 7.0 (Sofos, 1989).

Las concentraciones empleadas de esta sal en alimentos generalmente tienen una actividad estática, esto es que su actividad no incrementa o disminuye con el tiempo.

Su mecanismo de inhibición aún no se encuentra bien definido, sin embargo se sabe que inhibe el crecimiento y la división de las células microbianas, así como la germinación de esporas, ya que actúa de forma competitiva con el germinante por la enzima responsable de la germinación.

La aplicación más común del sorbato de potasio es como inhibidor de mohos, sin embargo para lograr esta actividad es necesaria una concentración mínima de 0.01%, la cual debe incrementar conforme lo hace el pH del producto; además su efectividad varía según la especie de sustrato y otros factores es el grado de inhibición que se llega a alcanzar. (Sofos, 1989)

En productos de panificación la concentración que se emplea de este antimicrobiano abarca un rango entre 0.01% a 0.3%. Las concentraciones más bajas son adicionadas directamente en la mezcla de ingredientes, mientras que cantidades desde 0.2 a 0.3 % son aplicadas en forma de spray. Mientras mayor sea la concentración de sorbato de potasio añadida al producto, mayor es la posibilidad de que el producto cambie su aroma o sabor (Sofos, 1989).

Típicamente no se aplica en productos donde la acción de levaduras sea deseable, debido a su acción contra ellas. Este efecto puede ser evitado de dos maneras: introduciendo el antimicrobiano en una grasa con un punto de ebullición elevado, por lo que durante el horneado, debido a la acción de las altas temperaturas, el sorbato es liberado; el otro método es atomizándolo en la superficie del producto en una solución acuosa de entre 1 al 6%. Las altas temperaturas del producto recién horneado provocarán que el agua del atomizado se evapore, dejando únicamente el antimicrobiano en la superficie y evitando el crecimiento de levaduras en la misma. Otra medida para asegurar que el antimicrobiano no afecte las levaduras es reducir el nivel de sorbato añadido y extender el tiempo de fermentación (Grundy, 1996).

Al comparar este antimicrobiano con otros (benzoato, propionato), se ha observado que el sorbato de potasio resulta ser más efectivo como agente antimicrobiano en algunos productos, sin embargo dichas conclusiones no pueden ser generalizadas ya que la efectividad puede variar según el tipo de sustrato, pH, factores ambientales, entre otros.

- **Límites y efectos adversos**

El sorbato de potasio ha sido reconocido como un producto seguro (GRAS) y no tiene limitaciones impuestas en su uso sobre productos horneados, siempre y cuando no se excedan los límites establecidos por las buenas prácticas de manufactura. Se han realizado varios estudios para determinar la toxicidad de este compuesto, encontrándose que no presenta toxicidad a concentraciones

entre 0.03% y 0.4% del peso de la mezcla, y que tampoco provoca reacciones alérgicas (Sofos, 1989).

En la Tabla # 3 se muestran algunos de los niveles sugeridos de uso de los sorbatos en productos horneados.

**Tabla # 3. Niveles sugeridos para el uso de sorbato de potasio.**

Producto	Concentracio n	Metodo de aplicación
Pan	1.0-6.0%	Atomizado en la superficie inmediatamente después del horneado
Pasteles	0.03-0.3%	En la harina o en el mezclado
Pie	0.05-0.1 %	Después del horneado cuando se alcanzan los 71 °C

Fuente: (Grundy, 1996)

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

#### 2.2.7.2. Propionato de calcio

El propionato de calcio (hoja técnica Anexo E) es una de las sales del ácido propiónico. Esta sal tiene menor actividad antimicrobiana que el ácido del que se deriva, sin embargo presenta la ventaja de no ser corrosiva. Además, al ser mezclada con los demás ingredientes de la masa, no altera el color, olor, sabor, volumen ni tiempo de horneado normal del pan. La solubilidad del propionato de calcio es de 55.8 g por 100 ml de agua a 100°C. Presenta un ligero sabor a queso que es imperceptible en el pan, y es digerido y metabolizado sin problema por el organismo humano (Grundy, 1996).

- **Acción**

El propionato de calcio es efectivo sobre mohos, tiene baja actividad antimicrobiana en contra de las bacterias (excepto el *B. mesentericus*), y no tiene efecto sobre las levaduras, por lo cual es muy usado en la elaboración de productos que en su formulación llevan levaduras como es el caso del pan.

La actividad de este antimicrobiano es mejor en alimentos con un pH de 4.5 a 6.0 que es en realidad donde el propionato se convierte en la forma libre del ácido. Cuenta con un pKa de 4.87, por lo que en productos con pH cercano al pKa el propionato resulta ser más efectivo.

Es el principal inhibidor de mohos en productos horneados. Algunas pruebas realizadas han corroborado que agregando propionato de calcio en una concentración del 0.1% al pan, la aparición de mohos en el producto se retrasa hasta 8 días; por otra parte, si el propionato se agrega en una concentración del 0.2%, la vida útil del producto será de 11 días aproximadamente (Grundy, 1996). El propionato de calcio resulta ser más utilizado en productos de panificación debido a que no presenta acción sobre las levaduras y además, contribuye con un enriquecimiento nutricional.

- **Límites y efectos adversos del propionato de calcio**

El propionato de calcio ha sido reconocido como GRAS y no presenta limitaciones en cuanto a su uso, siempre y cuando no se excedan los niveles establecidos por las buenas prácticas de manufactura. Las concentraciones sugeridas para su uso son de 0.15% hasta 0.38%.

En la Tabla # 4 se muestran los niveles sugeridos para productos de panificación.

**Tabla # 4 Niveles sugeridos para el uso de propionato**

Producto	Metodo de aplicación
Pan	2 g/kg de harina son suficientes, en ocasiones se usan hasta 3 g/kg de harina debido al ambiente húmedo
Pasteles	1-4 g/kg de pasta, se adiciona con el polvo para hornear
Pie	1.5-3.0 g/kg de masa

(Adaptado de Grundy, 1996)

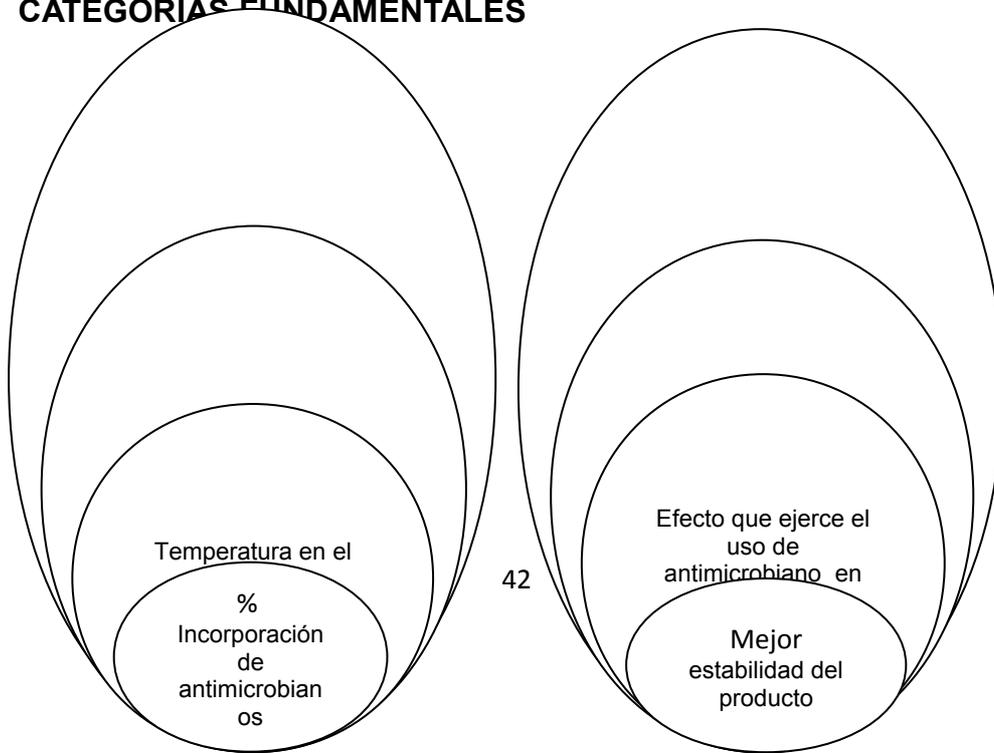
Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2010.

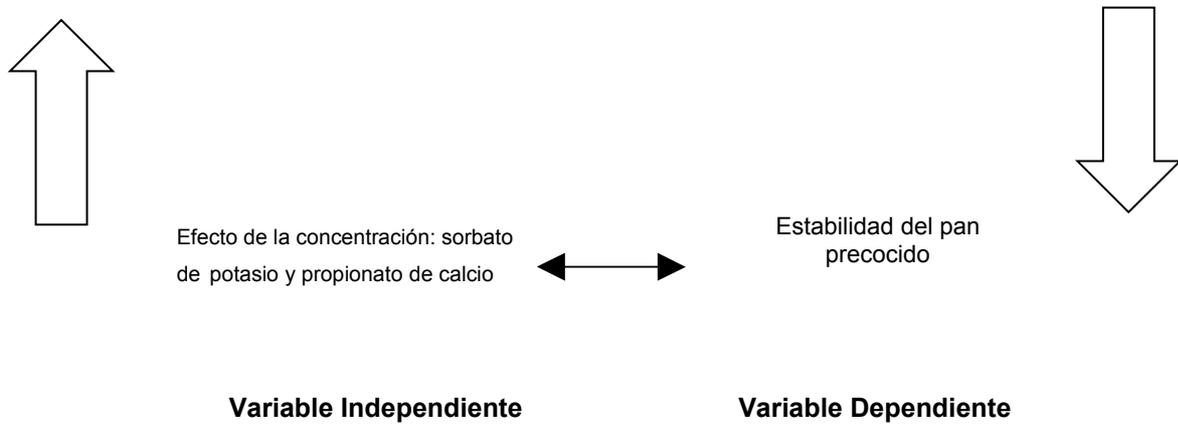
### 2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación se puede respaldar en las normas citadas a continuación:

- Humedad, pH método AOAC 2002.
- Mohos y Levaduras NTE INEN 1 529-10NTE 0096:79 Pan especial. Requisitos 1979.
- NTE 1235:87 Granos y cereales. Determinación del contenido de humedad. (Método de rutina) 1987.
- Propionato de calcio está recogido en el Codex Alimentarius con el código E-282.
- Propionato de Calcio (E-282). Sorbato de Potasio (E-202). INEN.

### 2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES





**Gráfico 3.** Red de inclusión

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

## 2.5. HIPÓTESIS

### 2.5.1. Hipótesis nula:

**Ho:** La presencia de antimicrobianos incide sobre la estabilidad del pan precocido almacenado en refrigeración

$$T_1 = T_2 = T_3$$

### 2.5.2. Hipótesis alternativa

**Hi:** La No presencia de antimicrobianos incide sobre la estabilidad del pan precocido almacenado en refrigeración

$$T_1 \neq T_2 \neq T_3$$

## 2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

**Variable dependiente:** Estabilidad del pan precocido

**Variable independiente:** Efecto de la concentración: sorbato de potasio y propionato de calcio

## CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA

### **3.1. Enfoque**

En si el proyecto de Evaluación del uso de Propionato de calcio y Sorbato de potasio en la estabilidad del pan precocido almacenado en refrigeración para su comercialización en supermercados va orientado a estudiar el efecto de dos antimicrobianos: sorbato de potasio y propionato de calcio. Para determinar la estabilidad del pan precocido, se evaluó la carga microbiana (mesófilos, mohos y levaduras), y qué tan aceptado es el producto para que esta pueda ser comercializado en supermercados, para esto nos apoyaremos en el conocimiento del diseño experimental, y para la calidad del pan terminado de hornear obtenido a partir del pan precocido, en pruebas sensoriales en las cuales se observará la calidad general tanto de la miga como de la corteza y se observará el cambio conforme avanza el tiempo de refrigeración o el tipo de antimicrobiano empleado. En si el trabajo realizado se enmarca en el análisis cualitativo y cuantitativo. Con este tipo de trabajo se puede aseverar cual fue el mejor tratamiento y la tecnología que debe aplicarse para su elaboración y obtener un producto de calidad y con características organolépticas probadas y aceptadas.

### **3.2. Modalidad básica de la investigación.**

Este documento tiene como objetivo fundamental fomentar el desarrollo de la pequeña industria en nuestro país en la elaboración de productos de panificación para lograr obtener una adecuada ingesta de aditivos alimentarios sin causar daños perjudiciales a la salud de los consumidores ecuatorianos.

La investigación sigue dos modalidades conjuntamente la bibliográfica-documental y experimental. Se eligió estas modalidades debido a la

recopilación de información que se efectuó en documentos como tesis de grado, trabajos de investigación, revistas científicas, periódicos, publicaciones en Internet, entre otros; por lo tanto se entiende que lo mencionado anteriormente sostuvo el tema de estudio. Es importante considerar la modalidad experimental, debido a que se realizaron ensayos en sitios apropiados como laboratorios, donde se efectuó análisis de cada tratamiento, para obtener resultados finales que arrojen conclusiones coherentes con los objetivos e hipótesis propuestos. Es así que en el presente trabajo investigativo se propuso un diseño experimental que relaciona las variables dependiente e independiente. Dicho diseño se lo llevó a cabo en el laboratorio de la UOITA, perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. A través de técnicas e instrumentos estadísticos se procedió al procesamiento de los datos donde se llegó a obtener resultados interpretables.

### **3.3. Nivel o tipo de investigación.**

Para la ejecución del proyecto se utilizó los siguientes tipos de investigación:

**Investigación Exploratoria:** Se plantea cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes; su finalidad es establecer prioridades para investigaciones posteriores o sugerir afirmaciones verificables.

**Investigación Explicativa:** Este tipo de investigación permite un análisis de las causas del problema de conservación en donde se puede identificar las posibles soluciones e implementar estrategias necesarias para poder resolver y descifrar inquietudes acerca del tema.

**Descriptivo:** Su finalidad es explicar el comportamiento de una variable en función de otras; aquí se plantea una relación de causa y tiene que cumplir otros criterios de causalidad (Bradfor Hill); requiere de control tanto metodológico como estadístico.

### **3.4. Población y muestra**

**Población.-** La presente investigación está basada en las necesidades de aquellas personas consumidoras de este tipo de pan precocido que tienen principalmente desconocimiento de este nuevo producto, por lo tanto se considera como población a los diferentes tipos de pan, específicamente elaborado con antimicrobianos para alargar la vida útil del pan para que sirva como aporte y constituyente en su dieta alimenticia.

**Muestra.-** Pan precocido

### **3.5. Operacionalización de variables**

Los datos que se obtengan de esta investigación harán posible obtener resultados confiables que permitan establecer los mejores tratamientos aptos para consumo y con características nutricionales adecuadas evaluadas y probadas.



**TABLA 5. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE:** estabilidad del pan precocido

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
<p><b>Estabilidad del pan precocido</b></p> <p>Se conceptúa como:</p> <p>Para determinar la estabilidad del pan precocido, se evalúa la carga microbiana (mesófilos mohos y levaduras), encontrándose que la adición tanto de propionato de calcio como de sorbato de potasio al 0.1%, como al 0.05% cada uno, permitirá prolongar la vida útil del producto por al menos un mes, con un crecimiento de microorganismos insignificante.</p>	<p>Pan precocido en refrigeración</p>	<p>Análisis sensorial del pan</p> <p>Análisis de físico químicos</p> <p>Análisis microbiológico Recuento total de Mesofilos Recuento de Hongos y levaduras</p>	<p>¿Tendrá aceptación del pan mejor tratamiento?</p> <p>¿Qué tan eficaz será la adición de antimicrobianos en cada tratamiento con respecto a su repercusión en características como color, olor, sabor, etc.?</p>	<p>Mohos y Levaduras NTE INEN 1 529-10</p>

**Elaboración:** Patricio J. Balarezo E. 2011

### 3.6. Diseño Experimental:

El diseño aplicado es de tipo AxB (2x3): el factor A tienen dos niveles y el factor B tiene 3 niveles, lo que corresponde a 6 tratamientos que con una réplica da un total de 12 tratamientos

#### FACTORES

#### NIVELES

#### A: Antimicrobianos

$a_0$  = Propionato de calcio

$a_1$  = Sorbato de potasio

#### B: Concentraciones

$b_0$  = 0.00%

$b_1$  = 0.05%

$b_2$  = 0.1%

Para evaluar el mejor tratamiento del pan terminado de hornear procedente de pan precocido conservado en refrigeración se llevó a cabo la evaluación de las siguientes características organolépticas como olor, color, sabor, textura y aceptabilidad, utilizando una escala hedónica de 5 puntos, (Anexo C.1.) que consta de las siguientes características

1. Disgusta Mucho
2. Disgusta Poco
3. Ni Gusta ni disgusta
4. Gusta poco
5. Gusta mucho

Para el análisis de los resultados obtenidos a partir del mejor tratamiento en el pan precocido, tanto del original como de la réplica se empleó un diseño factorial de bloques incompletos (SALTOS. 1986).

### **3.7. Métodos de análisis**

#### **3.7.1. Análisis microbiológico**

En las muestras de pan parcialmente horneado y pan terminado (del mejor tratamiento analizado sensorialmente) se realizó un conteo total de mesófilos aerobios por siembra en placa usando agar nutritivo, así como un conteo de mohos y levaduras por siembra en placa usando agar papa dextrosa (Lainez, 2006).

En ambos casos se sembraron diluciones  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$  Después se utilizó un cuenta colonias electrónico para determinar el número de unidades formadoras de colonia (ufc) por gramo de muestra.

#### **3.7.2. Análisis Físico Químicos**

- La humedad se determinó por la técnica de secado rápido en una balanza de Determinación de humedad KERNMLS 50 – 3.
- El pH tanto del pan precocido como el pan terminado de hornear se determinó mediante un pHmetro OAKLON, preparando un extracto suspendiendo 10 g en 100 ml de agua y se midió el pH del líquido sobrenadante, decantado previamente.
- Las curvas de enfriamiento se obtuvieron por medio del registro de la temperatura en el centro geométrico de las barras de pan precocido durante

la etapa de enfriamiento hasta la temperatura de refrigeración (4°C-6°C). Las mediciones se llevaron a cabo cada cinco minutos durante los primeros 100 minutos, para luego hacerlas cada 10 minutos hasta alcanzar la temperatura de la cámara de refrigeración.

### **3.8. Recolección de información**

Todas las actividades planteadas para la recolección de información fueron ejecutadas por el investigador, e involucraron las siguientes técnicas: Observación y Experimentación en laboratorio.

Para determinar el mejor tratamiento se utilizó un análisis sensorial en el cual se propusieron las características organolépticas olor, color, sabor, textura y aceptabilidad utilizando una escala hedónica para determinar las características antes mencionadas.

También recurrimos a catadores semi-entrenados para obtener la información necesaria, procesarla y determinar el mejor tratamiento.

### **3.9. Plan de procesamiento de la información.**

Una vez obtenidos los datos en tablas de control, se procederá a tabular la información útil en el paquete informático Excel para seguidamente procesar los mismos mediante las herramientas del mismo programa. Los resultados se expresarán mediante tablas de datos y gráficas de dispersión.

Para comprobar la hipótesis de igualdad de efectos de los tratamientos experimentales se utilizará la tabla de análisis de varianza generada en los paquetes informáticos Excel y Statgraphics. En caso de significancia estadística, para determinar el mejor tratamiento se empleará la prueba de Tukey generada en el paquete informático Statgraphics. El texto del informe será realizado en el paquete informático Microsoft Word.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis microbiológico del pan precocido almacenado en refrigeración**

- ***Cambios microbiológicos.***

El pan precocido es muy susceptible de sufrir contaminación microbiológica debido a su alto contenido de agua, comparado con el pan fresco obtenido por proceso de panificación convencional. El recuento total de aerobios mesófilos, levaduras y otros mohos en masas se sitúa en torno a  $8 \log \text{ufc g}^{-1}$  y disminuye a  $6$  y  $2 \log \text{ufc g}^{-1}$  después del precocido y horneado final, respectivamente (Karaoglu y otros 2005). El proceso de horneado final disminuye considerablemente el recuento microbiano, además de contribuir a la recuperación de las características de frescura de la miga del pan. La actividad de agua del producto precocido y del horneado final no afecta significativamente al recuento de microorganismos (Karaoglu y otros 2005). La adición de propionato de calcio y sorbato de potasio se ha propuesto para reducir el recuento microbiano en los panes precocidos almacenados en refrigeración o bien a temperatura ambiente, y su efecto sobre el recuento total de aerobios mesófilos, coliformes, esporas de *Bacillus*, levaduras y otros mohos depende de la disminución de pH que se provoque. Sin embargo, se ha descrito que la adición de estos dos antimicrobianos estudiados disminuye significativamente el contenido de humedad de la corteza, durante la etapa de horneado, así como el volumen específico y la capacidad de hidratación, y

paralelamente aumenta la dureza y humedad de la miga, la acidez y el parámetro  $a^*$  de color (Karaoglu y Kotancilar 2006).

- **Calidad microbiológica**

Los resultados obtenidos al evaluar la calidad microbiológica de cada uno de los tratamientos de pan precocido almacenado en refrigeración se muestran en las tablas # 6 y 7 y (Anexos B.1-B.2.)

En la evaluación de la carga de mesófilos en el pan precocido almacenado en refrigeración se observa que el crecimiento de microorganismos fue prácticamente insignificante para todos los tratamientos. El conteo de microorganismos para los tratamientos testigo y sorbato de potasio al 0.05%, fue suspendido debido a que a los días 15 y 20 días de almacenamiento, respectivamente, se detectaron a simple vista mohos en la superficie del pan parcialmente horneado. Debido a la alta y evidente carga de mohos en la superficie del pan, las muestras de estos panes ya no fueron sembradas en agar, para los conteos de mesófilos, mohos y levaduras.

**Tabla #6. Efecto del tipo de antimicrobiano sobre el crecimiento de mesófilos en pan parcialmente horneado almacenado en refrigeración (4°C-6°C).**

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

Tiempos ( días)	Mesófilos ( UFC/g)				
	Testigo	Sorbato de Potasio (0.1%)	Propionato de Calcio (0,1%)	Sorbato de Potasio (0,05%)	Propionato de calcio (0,05%)
0	5.0x10 <sup>1</sup>	1.8x10 <sup>1</sup>	1.5x10 <sup>1</sup>	2.05 x10 <sup>1</sup>	2.05 x10 <sup>1</sup>
2	7.0x10 <sup>1</sup>	3.0x10 <sup>1</sup>	2.0x10 <sup>1</sup>	4.5 x10 <sup>1</sup>	4.5 x10 <sup>1</sup>
4	8.0x10 <sup>1</sup>	4.2x10 <sup>1</sup>	4.2x10 <sup>1</sup>	5.1x10 <sup>1</sup>	5.1x10 <sup>1</sup>
7	1.4x10 <sup>2</sup>	6.0x10 <sup>1</sup>	5.0x10 <sup>1</sup>	7.4 x10 <sup>1</sup>	7.4 x10 <sup>1</sup>
10	2.9x10 <sup>2</sup>	7.5x10 <sup>1</sup>	7.9x10 <sup>1</sup>	1.0 x10 <sup>2</sup>	8.0 x10 <sup>1</sup>
14	4.1x10 <sup>2</sup>	1.0x10 <sup>2</sup>	8.0x10 <sup>1</sup>	2.7x10 <sup>2</sup>	1.x10 <sup>2</sup>
21	----	1.5x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>2</sup>	-----	2.1x10 <sup>2</sup>
28	---	2.4x10 <sup>2</sup>	1.4x10 <sup>2</sup>	-----	3x10 <sup>2</sup>

**Tabla #7. Efecto del tipo de antimicrobiano sobre el crecimiento de hongos y levaduras en pan parcialmente horneado almacenado en refrigeración (4°C-6°C).**

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

<b>Mohos y levaduras ( UFC/g)</b>					
<b>Tiempos ( días)</b>	<b>Testigo</b>	<b>Sorbato de Potasio (0.1%)</b>	<b>Propionato de Calcio (0,1%)</b>	<b>Sorbato de Potasio (0,05%)</b>	<b>Propionato de calcio (0,05%)</b>
<b>0</b>	1.0x10 <sup>1</sup>	1.x10 <sup>1</sup>	1.x10 <sup>1</sup>	1.05 x10 <sup>1</sup>	1 x10 <sup>1</sup>
<b>2</b>	1.3x10 <sup>1</sup>	1.2.x10 <sup>1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	1.5 x10 <sup>1</sup>	2.5 x10 <sup>1</sup>
<b>4</b>	4.0x10 <sup>1</sup>	1.5x10 <sup>1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	2.1x10 <sup>1</sup>	2.1x10 <sup>1</sup>
<b>7</b>	5.0x10 <sup>1</sup>	1.5x10 <sup>1</sup>	1.2x10 <sup>1</sup>	3.4 x10 <sup>1</sup>	2.4 x10 <sup>1</sup>
<b>10</b>	1.9x10 <sup>2</sup>	1.7x10 <sup>1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	4.0 x10 <sup>1</sup>	3.0 x10 <sup>1</sup>
<b>14</b>	2.1x10 <sup>2</sup>	1.8x10 <sup>1</sup>	1.3x10 <sup>1</sup>	4.7x10 <sup>1</sup>	3.5.x10 <sup>1</sup>
<b>21</b>	----	2x10 <sup>1</sup>	1.5x10 <sup>1</sup>	-----	4.1x10 <sup>1</sup>
<b>28</b>	---	2x10 <sup>1</sup>	1.5x10 <sup>1</sup>	-----	4x10 <sup>1</sup>

El crecimiento de mohos fue prácticamente nulo. En los tiempos en los cuales se observó algún crecimiento de mohos, la cantidad registrada fue baja. En general, el tratamiento sin antimicrobianos (testigo) mostró un crecimiento mayor de mohos en comparación con los tratamientos adicionados con algún tipo de antimicrobiano.

El crecimiento de levaduras, al igual que en el conteo de mesófilos y mohos, fue insignificante. Es probable que algunas de las levaduras detectadas hayan sido provenientes de la levadura que se empleó para la elaboración del pan.

En el caso de mohos y levaduras se observa que el crecimiento fue prácticamente insignificante y que el mayor número de unidades formadoras de colonias se encontró en el lote que no fue adicionado con antimicrobianos.

De acuerdo a la norma NMX-f-406-1982 (COLPOS, 2006), (anexoE) la carga máxima de mesófilos aerobios permitida en pan es de 5x10<sup>3</sup> ufc/g y de mohos y levaduras 5 ufc/g. Esto indica que el pan obtenido de este estudio se encuentra dentro de los márgenes establecidos en cuanto a mesófilos aerobios

se refiere; sin embargo, el conteo de mohos y levaduras sólo se mantiene bajo estos límites con la adición de antimicrobianos.

En general se puede decir que el crecimiento de microorganismos fue insignificante para todos los tratamientos adicionados con algún antimicrobiano, siendo el tratamiento sin antimicrobianos el que presentó mayor crecimiento de microorganismos.

En el estudio realizado por Láinez (2006), se encontró que en pan parcialmente horneado almacenado a 7° C hubo un crecimiento visible de mohos en la superficie después de 9 días de almacenamiento, y a 1°C después de 21 días. Por otra parte, Leuschner et al. (1999) encontraron que en pan parcialmente horneado almacenado a 5°C, los microorganismos fueron visibles en la superficie después de 15 días de almacenamiento, lo cual concuerda con lo observado en este estudio, ya que en el lote control se presentaron mohos en la superficie del pan parcialmente horneado a los 15 días de almacenamiento a 4°C-6°C. Con los resultados anteriores se puede afirmar que el uso sorbato de potasio o propionato de calcio en una concentración de 0.1%, prolonga la vida útil del pan precocido almacenado en refrigeración hasta al menos 28 días; y que con propionato de calcio y sorbato de potasio en una concentración de 0.05% el pan parcialmente horneado almacenado en refrigeración se mantiene con muy bajos niveles de crecimiento microbiano hasta los 20 días.

## **4.2. Análisis Físico Químicos**

- **pH**

Dentro del análisis físico-químico, se realizaron varias mediciones de pH (Anexo B.3), para observar el comportamiento del mismo al ser expuestas las muestras con de los tratamientos con antimicrobianos de pan precocido a un ambiente refrigerado de 4 a 6 °C y la influencia que tuvo sobre el crecimiento de microorganismos.

### **Tabla # 8 Medición de pH en los tratamientos de pan precocido almacenado en refrigeración**

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

pH					
Tiempos ( días)	Testigo	Sorbato de Potasio (0.1%)	Propionato de Calcio (0,1%)	Sorbato de Potasio (0,05%)	Propionato de calcio (0,05%)
0	5.35	5.25	5.25	5.25	5,25
2	5.25	5.12	5.10	5.20	5,23
4	5.20	5.10	5.05	5.18	5,16
7	5.25	4.90	4.78	5.15	5,12
10	5.18	4.82	4.70	5.10	5,1
14	5.10	4.72	4.66	4.90	5,03
21	-----	4.69	4.63	-----	4,8
28	-----	4.67	4.60	-----	4,6

Para todas las pruebas experimentales los resultados muestran el descenso de pH en menos de una unidad; haciendo una comparación entre las pruebas experimentales, en las que tuvieron mayor tiempo de vida útil (Tratamiento con propionato de calcio al 0,1 % y sorbato de potasio al 0,1%), el descenso fue mucho mayor, que las de menor tiempo de vida útil (Tratamiento con propionato de calcio al 0,05 % y sorbato de potasio al 0,05%), así como el tratamiento sin antimicrobianos, una posible causa pudo ser que la concentración de los antimicrobianos para el primer caso fue lo suficientemente alta para que produzca una reducción del pH mayor.

El efecto perjudicial del descenso de pH sobre el desarrollo de microorganismos para todas las pruebas experimentales se sospecha que se debe a que se pudo haber producido la acidificación del interior de la célula conduciendo a la pérdida del transporte de nutrientes, que no permite a los microorganismos generar más energía de mantenimiento y, se produce la muerte celular (ICMSF, 1980). El descenso del pH de las muestras de pan

precocido, favoreció además en la actividad antimicrobiana del ácido propiónico que se encuentra de forma natural a concentraciones de hasta el 1%, debido a que al bajar el pH de un alimento, aumenta la proporción de las moléculas no disociadas del compuesto, aumentando de esta forma su efectividad como agente microbiano (ICMSF, 1980).

Existen datos que orientan sobre la proporción de ácido propiónico no disociado para diferentes valores de pH, para el caso de las experimentaciones los valores de pH estuvieron entre 4 y 5, para estos valores la proporción de ácido no disociado es del 87,6 % y 41,7 % respectivamente. Las concentraciones de ácido propiónico no disociado para la inhibición del crecimiento de mohos y bacterias es de 0.05% a 0, 1% (ICMSF, 1980), comprobando de esta manera que la acción antimicrobiana del ácido propiónico fue evidente.

- **Humedad.**

**Tabla #9. Humedad del pan parcialmente horneado adicionado con antimicrobianos y almacenado en refrigeración (4°C-6°C)**

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

Humedad %					
Tiempos ( días)	Testigo	Sorbato de Potasio (0.1%)	Propionato de Calcio (0,1%)	Sorbato de Potasio (0,05%)	Propionato de calcio (0,05%)
0	42.2	41.2	39.1	40.8	45.1
2	44.5	43.3	38.2	40.7	39.5
4	43.1	42.6	42.9	42.4	46.7
7	51.4	40.3	41.0	40.9	38.5
10	45.9	40.4	39.9	44.1	36.9
14	53.5	40.6	39.9	40.6	40.8
21	-----	42.9	39.6	-----	39.9
28	-----	43.2	38.1	-----	39.9

Dado que las variaciones en el contenido de humedad (Anexo B.4), del pan de un mismo tratamiento a lo largo del tiempo de almacenamiento, no muestran un comportamiento definido, podrían atribuirse a las variaciones propias del proceso de panificación, específicamente en las etapas de horneado y envasado. Algo similar podría afirmarse respecto a las diferencias en los valores de humedad del pan de distintos tratamientos, ya que la presencia de antimicrobianos no tendría por qué afectar el contenido de humedad del producto.

Comparando los valores de humedad obtenidos para pan parcialmente horneado almacenado a 4°C-6°C, con los del pan parcialmente horneado almacenado a 1°C y 7°C obtenidos por Láinez (2006), se encuentra que no existen diferencias considerables entre ellos. El contenido de humedad del pan parcialmente horneado es ligeramente mayor al del pan terminado obtenido a partir de éste, debido a que durante la segunda etapa de cocción se evapora cierta cantidad de agua.

#### 4.3. Curvas de enfriamiento.

En el (Anexo B.11), se presentan las curvas de enfriamiento para los cinco tratamientos elaborados. El tiempo requerido para alcanzar la temperatura de la cámara en el centro del pan precocido fue de 170 min para los tratamientos con propionato al 0.1% y al 0.05%, lo mismo que para el lote control; de 180 min para el lote con sorbato al 0.1%, y de 200 min para el tratamiento con sorbato de potasio al 0.05%.

La disminución más importante de temperatura se observó durante los primeros 40 minutos, en los que el gradiente de temperatura entre el pan y la cámara era mayor, por lo que se favoreció la transferencia de calor.

Las diferencias entre los tiempos requeridos por los tratamientos para alcanzar la temperatura de la cámara podrían ser debidas a que la carga de productos dentro de la misma era variable; además, al ser utilizada por los estudiantes o pasantes de los laboratorios de la UOITA, era abierta de manera constante, lo que provocó variaciones en las temperaturas.

#### **4.4. Análisis estadístico del recuento microbiológico de mesofilos, mohos y levaduras en el pan precocido y evaluación de la calidad sensorial del pan terminado de hornear obtenido a partir del pan precocido almacenado en refrigeración.**

##### **4.4.1. Análisis estadístico del recuento de mohos y levaduras del pan precocido almacenado en refrigeración**

En la presente tabla de análisis de varianza (Anexo A.21) se reporta los resultados microbiológicos realizado en pan precocido almacenado en refrigeración, donde se aprecia que no existe diferencia significativa entre los dos tipos de antimicrobianos factor A, lo que no sucede en el caso de las concentraciones ya que se obtienen un valor menor a 0,05 con un alfa del 95% para esto analizamos con las pruebas de contrastes par el efecto B con lo que se podrá comprobar y establecer los mejores tratamientos en cuanto a la presencia mínima de mohos y levaduras.

De acuerdo a la tabla (Anexo A 22) de comparación de medias se interpreta de la siguiente manera: la combinación de los valores más bajos de las medias del tipo de antimicrobiano a diferentes concentraciones, se muestra que el valor de la media más baja es 33.63 (a1) y 13.88 (b2) que corresponde al pan precocido adicionado con sorbato de potasio a una concentración de 0,1% por poseer las medias más bajas es decir tiene la menor proliferación de mohos y levaduras presentes en el producto. Considerando que el objetivo de la utilización de estos aditivos es inhibir crecimiento de microorganismos sin que estos alteren las características organolépticas del producto.

En la presente tabla (Anexo A.23 )se realiza un emparejamiento o contraste con el objeto de determinar cuál de los antimicrobianos utilizados se diferencia uno del otro y tiene una mayor eficacia para inhibir crecimiento microbiano, se puede apreciar homogeneidad entre los dos antimicrobianos no obstante comparando sus medias se halla una pequeña diferencia entre ellas por lo que se puede decir que relativamente mostro mayor efectividad el sorbato de potasio con una concentración de 0,1%, por contener una media más baja por lo tanto tiene menor cantidad de mohos y levaduras en el pan precocido almacenado en refrigeración.

En cuanto a las concentraciones de los antimicrobianos (Anexo A.24 ) se observan dos grupos formados entre 0.05% y 0.1% de sorbato de potasio , a diferencia del pan precocido sin la adición de antimicrobianos el valor de la media es más alta, es decir que existe mayor proliferación de mohos y levaduras sobre la superficie de este, donde podemos decir que el mejor tratamiento por tener la media más baja (13.88) es decir obtuvo menor carga microbiana es el sorbato de potasio con una concentración de 0.1 % seguida del propionato de calcio al 0.1 %, fueron los mejores tratamientos.

#### **4.4.2. Análisis estadístico del Recuento de mesófilos del pan precocido almacenado en refrigeración.**

En la presente tabla de anova (Anexo A.25) se reporta el resumen del estudio de recuento de mesófilos realizado en el pan precocido almacenado en refrigeración, donde se aprecia que no existe diferencia significativa entre los dos tipos de antimicrobianos con sus respectivas concentraciones para lo cual utilizamos una prueba comparativa de contrastes para poder establecer los mejores tratamientos en cuanto a la presencia mínima de microorganismos.

De acuerdo a la tabla de comparación de medias (Anexo A.26) se interpreta de la siguiente manera la combinación de los valores más bajos de la medias del tipo de antimicrobiano a diferentes concentraciones se muestra que el valor de la media más baja es 96.33 (a1) y 77.7 (b2) que corresponde al pan precocido adicionado con sorbato de potasio a una concentración de 0,1% por poseer las medias más bajas es decir tiene la menor proliferación de mesófilos presentes en el producto. Considerando que el objetivo de la utilización de estos aditivos es inhibir crecimiento de microorganismos sin que estos alteren las características del producto.

En la tabla (Anexo A.27) se puede apreciar que no existe diferencia para los antimicrobianos entre sí por ende forman un solo grupo homogéneo para lo cual analizamos el factor B que son las concentraciones de cada antimicrobiano lo que se analiza en la siguiente tabla. (Anexo A.28).

#### **4.4.3. Evaluación de la calidad Sensorial del pan terminado de hornear obtenido a partir del pan precocido almacenado en refrigeración.**

Se evaluaron las características sensoriales (Olor, Color, Sabor, Textura y Aceptabilidad). Para evaluar el mejor tratamiento del pan terminado de hornear, procedente del pan precocido almacenado en refrigeración, se utilizó una escala hedónica, con 5 puntos correspondientes a 1.Disgusta mucho, 2.Disgusta poco, 3. Ni gusta ni disgusta, 4.Gusta poco, 5.Gusta mucho. Los tratamientos fueron determinados a partir de un diseño factorial A x B.

Para determinar el mejor tratamiento se utilizó un diseño de bloques incompletos, y al reportar los datos expuestos por los catadores semi-

entrenados se obtuvieron datos originales y una réplica (Anexo A), con los cuales se determinó los valores promedios de cada una de las cinco características sensoriales para luego realizar el respectivo análisis estadístico.

- **Característica Sensorial Olor**

El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los bloques (catadores) como para los tratamientos, por lo tanto para determinar el mejor tratamiento desarrollamos la prueba de Tukey que se aplica únicamente para el caso de los tratamientos.

**Tabla N° 10. Análisis de varianza para olor del pan (precocido) terminado de hornear**

<b>TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A: Bloques</b>	8,05278	19	0,423	0,51	0,8686
<b>B: Tratamientos</b>	4,15278	5	0,830	1,46	0,2262
<b>RESIDUAL</b>	19,8472	35	0,567		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	32,35	59			

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

En la tabla # 10 se reporta el análisis de varianza de la característica olor luego de haber realizado el análisis sensorial por duplicado en el que se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos, como existe diferencia significativa, mediante el uso del statgraphics, se realizó un estudio

más detallado mediante contrastes entre tratamientos para poder determinar una diferencia significativa entre los mismos.

**Tabla # 11. Prueba de Tukey para la variable Olor**

$$T = 0,164$$

$$q = 1,88$$

$$Tukey = q_{r \max} \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

					T4	T1	T2	T6	T5	T3
		<b>Medias</b>		<b>Medias</b>	3,40	3,75	4,00	4,15	4,20	4,25
<b>T1</b>	<b>a0b0</b>	3,75	T4	3,40	0	0,35	0,60	0,75	0,80	0,85
<b>T2</b>	<b>a0b1</b>	4,00	T1	3,75		0	0,25	0,40	0,45	0,50
<b>T3</b>	<b>a0b2</b>	4,25	T2	4,00			0	0,15	0,20	0,25
<b>T4</b>	<b>a1b0</b>	3,40	T6	4,15				0	0,05	0,10
<b>T5</b>	<b>a1b1</b>	4,20	T5	4,20					0	0,05
<b>T6</b>	<b>a0b2</b>	4,15	T3	4,25						0

**Tabla # 12 Pruebas de Múltiple Rango para OLOR por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	3,40833	0,261764	X
1	3,72083	0,261764	XX
3	4,05417	0,261764	XX
6	4,075	0,261764	XX
2	4,22083	0,261764	X
5	4,22083	0,261764	X

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

En la tabla # 12 podemos observar claramente que existe 1 solo grupo homogéneo entre tres tratamientos en los cuales se distingue o difiere el tratamiento número 4 que corresponde al Testigo con concentración de sorbato

de potasio del 0.00%, el 2 que es el propionato de calcio a 0.05 % y el tratamiento 5 que corresponde al pan con sorbato de potasio al 0.05 % son los referentes de estos grupos ya que muestran diferencia significativa entre sí, tanto el tratamiento 2 con el 4 como el 4 con el 5.

**Tabla # 13. Contrastes entre tratamientos.**

Contraste	Dif.sig	Diferencia	+/- Límites
1 – 2		-0,5	0,764374
1 – 3		-0,333333	0,764374
1 – 4		0,3125	0,764374
1 – 5		-0,5	0,764374
1 – 6		-0,354167	0,764374
2 – 3		0,166667	0,764374
2 – 4	*	0,8125	0,764374
2 – 5		0,0	0,764374
2 – 6		0,145833	0,764374
3 – 4		0,645833	0,764374
3 – 5		-0,166667	0,764374
3 – 6		-0,0208333	0,764374
4 – 5	*	-0,8125	0,764374
4 – 6		-0,666667	0,764374
5 – 6		0,145833	0,764374

\* indica una diferencia significativa.

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

La tabla 13 muestra un análisis por contrastes para poder hallar cual o cuales son los tratamientos que difieren entre sí, estos contrastes están realizados entre todos los tratamientos evaluados verificando que entre los tratamientos 2-4 y 4-5 se encuentran diferencias significativas en cuanto la característica olor. Para poder determinar el mejor tratamiento de los que difieren nos servimos de sus respectivas medias reportadas en la tabla 12; y se llega a concluir que por tener su valor de medias más alto, los tratamientos 2 y 5 que corresponde a Propionato de calcio al 0.05% y Sorbato de potasio al 0.05% respectivamente, son los mejores de acuerdo a esta característica.

En el grafico B.12 (anexo B) se muestra las respuestas de los catadores a los tratamientos para la característica olor confirmando la aseveración anterior en

la que se aprecian los tratamientos 2 y 5 como los mejores por tener los promedios más altos.

- **Característica Sensorial Color**

**Tabla #14. Análisis de varianza para COLOR del pan (precocido) terminado de hornear**

<b>TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A: Bloques</b>	4,37917	19	0,230	0,85	0,6400
<b>B: Tratamientos</b>	0,88333	5	0,833	0,61	0,6898
<b>RESIDUAL</b>	9.5	35	0,271		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	14,7125	59			

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

En la tabla # 14 se reporta el análisis de varianza de la característica sabor luego de haber realizado el análisis sensorial, de acuerdo a los resultados apreciamos que no existe diferencia significativa entre tratamientos, por ello realizamos un estudio más detallado mediante contrastes entre tratamientos por parejas para poder determinar si existe diferencia significativa entre los mismos con el objeto de encontrar el mejor tratamiento con respecto al color de acuerdo con la apreciación de los catadores.

**Tabla # 15. Pruebas de Múltiple Rangos para COLOR por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
<b>3</b>	3,60833	0,181101	X
<b>6</b>	3,7125	0,181101	X
<b>4</b>	3,7125	0,181101	X
<b>1</b>	3,7125	0,181101	X
<b>2</b>	3,92083	0,181101	X
<b>5</b>	3,98333	0,181101	X

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

En la tabla #15 se puede analizar de acuerdo a los resultados que la adición de los antimicrobianos no incide en el cambio de color del pan precocido terminado de hornear. Sin embargo podemos decir que el tratamiento 5 (a1b1-Sorbato de potasio al 0.05%) con una media de 3.98833 sensorialmente es el mejor asumiendo que lo mayor es lo mejor.

**Tabla # 16. Contrastes entre tratamientos.**

Contraste	Dif.sig	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-0,208333	0,528832
1 - 3		0,104167	0,528832
1 - 4		0,0	0,528832
1 - 5		-0,270833	0,528832
1 - 6		0,0	0,528832
2 - 3		0,3125	0,528832
2 - 4		0,208333	0,528832
2 - 5		-0,0625	0,528832
2 - 6		0,208333	0,528832
3 - 4		-0,104167	0,528832
3 - 5		-0,375	0,528832
3 - 6		-0,104167	0,528832
4 - 5		-0,270833	0,528832
4 - 6		0,0	0,528832
5 - 6		0,270833	0,528832

\* indica una diferencia significativa.

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

En la tabla # 16 de contrastes no se encuentra diferencia significativa entre los tratamientos sin embargo se puede decir que el mejor tratamiento por tener la media más grande es el 5 (a1b1-Sorbato de potasio al 0.05%) que corresponde a la muestra # 600.

En el gráfico B.13 (anexo B) se muestra las respuestas de los catadores a los tratamientos para la característica color se corrobora lo que se mencionó

anteriormente que los catadores no diferencian un cambio significativo en el color de las muestras del precocido terminado de hornear.

- **Característica Sensorial Sabor.**

En el análisis de varianza de la característica sabor (tabla # 17), se puede apreciar que no existe diferencia significativa, por esta razón se hace un análisis de contrastes para poder determinar que tratamientos difieren relativamente entre si ya que esa diferencia no es muy notoria.

**Tabla #17. Análisis de varianza para Sabor del pan (precocido) terminado de hornear**

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA					
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medio	Valor F	Probabilidad
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A: Bloques</b>	10.7667	19	0,566	0.81	0,6806
<b>B: Tratamientos</b>	1.20833	5	0,241	0,35	0,8814
<b>RESIDUAL</b>	24.4583	35	0,698		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	36.4333	59			

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

**Tabla # 18. Pruebas de Múltiple Rango para COLOR por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
5	3,30417	0,290585	X
6	3,40833	0,290585	X
2	3,47083	0,290585	X
1	3,55417	0,290585	X
3	3,72083	0,290585	X
4	3,74167	0,290585	X

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

En la tabla # 18 se puede apreciar que todos los tratamientos no presentan ninguna diferencia entre sí, ya que los antimicrobianos usados, propionato de calcio y sorbato de potasio, no alteran la característica sensorial del sabor del pan.

**Tabla # 19. Contrastes entre tratamientos.**

Contraste	Dif.sig	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		0,0833333	0,848534
1 - 3		-0,166667	0,848534
1 - 4		-0,1875	0,848534
1 - 5		0,25	0,848534
1 - 6		0,145833	0,848534
2 - 3		-0,25	0,848534
2 - 4		-0,270833	0,848534
2 - 5		0,166667	0,848534
2 - 6		0,0625	0,848534
3 - 4		-0,0208333	0,848534
3 - 5		0,416667	0,848534
3 - 6		0,3125	0,848534
4 - 5		0,4375	0,848534
4 - 6		0,333333	0,848534
5 - 6		-0,104167	0,848534

\* indica una diferencia significativa.

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

La prueba de contrastes se utilizó para poder determinar un tratamiento que difiera entre los demás con respecto al sabor, los resultados indican que no existe diferencia significativa, pero basándonos en las medias (Tabla 18) vemos que el tratamiento 4 (a0b0-Sorbato de potasio al 0.00%) que corresponde al valor más alto 3,74167 equivalente a “gusta poco” en la escala hedónica.

En el gráfico B.14 (anexo B) se observa la distribución de medias de los tratamientos donde se ve claramente que el tratamiento 4 (a0b0-Sorbato de potasio al 0.00%) prevalece, gusta poco.

- **Característica Sensorial Textura.**
- **Tabla #20. Análisis de varianza para Textura del pan (precocido)**

**terminado de hornear**

<b>TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A: Bloques</b>	4.24583	19	0,223	0.98	0,5028
<b>B: Tratamientos</b>	1.02778	5	0,205	0,90	0,4905
<b>RESIDUAL</b>	7.97222	35	0,227		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	13.2458	59			

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

El análisis de varianza indica que no existe diferencia significativa tanto para los bloques catadores como para los tratamientos, la textura del pan no varía con la adición del propionato de calcio y sorbato de potasio a las diferentes contracciones 0.00%, 0.05% y 0.1%.

**Tabla # 21. Pruebas de Múltiple Rango para TEXTURA por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
<b>3</b>	3,40833	0,165901	X
<b>1</b>	3,53333	0,165901	X
<b>4</b>	3,65833	0,165901	X
<b>5</b>	3,74167	0,165901	X
<b>6</b>	3,78333	0,165901	X

2	3,825	0,165901	X
---	-------	----------	---

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

En la tabla # 21 podemos observar claramente para esta evaluación que la adición de los antimicrobianos no inciden en la textura del pan ya que los catadores no distinguen ninguna variación entre la textura de los panes, pero asumiendo que lo mayor es lo mejor, se podría seleccionar al tratamiento 2 con una media de 3.825 (que corresponde en la escala hedónica a gusta poco) como el tratamiento relativamente mejor.

**Tabla # 22. Contrastes entre tratamientos.**

Contraste	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	-0,291667	0,484446
1 - 3	0,125	0,484446
1 - 4	-0,125	0,484446
1 - 5	-0,208333	0,484446
1 - 6	-0,25	0,484446
2 - 3	0,416667	0,484446
2 - 4	0,166667	0,484446
2 - 5	0,0833333	0,484446
2 - 6	0,0416667	0,484446
3 - 4	-0,25	0,484446
3 - 5	-0,333333	0,484446
3 - 6	-0,375	0,484446
4 - 5	-0,0833333	0,484446
4 - 6	-0,125	0,484446
5 - 6	-0,0416667	0,484446

\* indica una diferencia significativa.

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011

- **Característica Sensorial Aceptabilidad.**

**Tabla #23. Análisis de varianza para Aceptabilidad del pan (precocido) terminado de hornear**

<b>TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A: Bloques</b>	11.25	19	0,59210	3.26	0,0012
<b>B: Tratamientos</b>	1.479	5	0,29583	1.63	0,1780
<b>RESIDUAL</b>	6.354	35	0,1815		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	19.083	59			

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

De acuerdo al estudio realizado se observa que la diferencia significativa se da en los bloques pero al no ser estudiados éstos, sino más bien la diferencia de los tratamientos con los diferente antimicrobianos por parte de los catadores para poder determinar cuál es el mejor tratamiento con respecto a la aceptabilidad, utilizamos el método de contrastes para establecer las diferencias significativas que existen entre tratamientos si las hubiere.

**Tabla # 24. Pruebas de Múltiple Rango para Aceptabilidad por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
---------------------	-----------------	-----------------	--------------------------

3	3,22917	0,148111	X
4	3,29167	0,148111	X
1	3,29167	0,148111	X
2	3,4375	0,148111	XX
6	3,5	0,148111	XX
5	3,75	0,148111	X

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

En la tabla #24 podemos observar claramente que existen dos grupos homogéneos en los cuales se distinguen el tratamiento número 2 (a0b1-Propionato de calcio al 0.05%) y el tratamiento 6(a1b2-Sorbato de potasio al 0.1 %) que corresponde a la muestras # 234 y 304 respectivamente, los mismos que son los referentes de estos grupos ya que muestran diferencia significativa entre ellos.

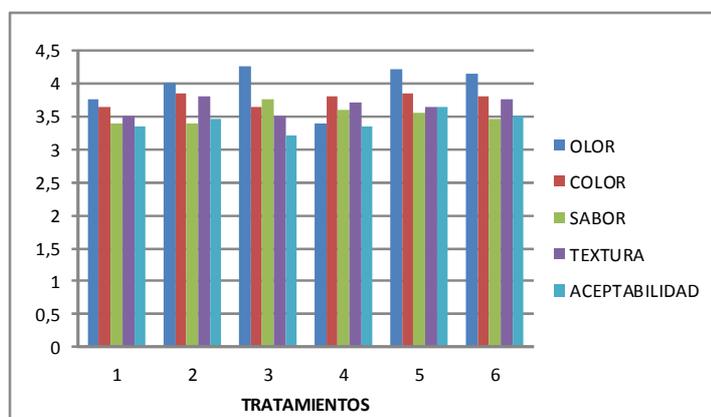
**Tabla # 25. Contrastes entre tratamientos.**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-0,145833	0,432499
1 - 3		0,0625	0,432499
1 - 4		0,0	0,432499
1 - 5	*	-0,458333	0,432499
1 - 6		-0,208333	0,432499
2 - 3		0,208333	0,432499
2 - 4		0,145833	0,432499
2 - 5		-0,3125	0,432499
2 - 6		-0,0625	0,432499
3 - 4		-0,0625	0,432499
3 - 5	*	-0,520833	0,432499
3 - 6		-0,270833	0,432499
4 - 5	*	-0,458333	0,432499
4 - 6		-0,208333	0,432499
5 - 6		0,25	0,432499

\* indica una diferencia significativa.

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

**Grafico # 4 Característica organoléptica de los tratamientos de pan (precocido) Terminado de hornear**



**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

En el grafico # 4 y en el Anexo B.10 se muestra el resumen del análisis sensorial de las diferentes características organolépticas olor, color, sabor, textura, y aceptabilidad de los tratamientos con las diferentes concentraciones de antimicrobianos (propionato de calcio y sorbato de potasio al 0.00%, 0.05% y 0.1), en el cuadro de promedio de tratamientos podemos ver que el mejor tratamiento escogido por los catadores por tener los mejores atributos sensoriales fue la muestra(a1b1) que corresponde al sorbato de potasio con una concentración de 0.05%. Los resultados de nuestro análisis sensorial nos indica que el pan precocido terminado de hornear adicionado con propionato de calcio y sorbato de potasio no incidió en las características organolépticas del producto.

#### 4.5. Evaluación de la calidad del pan terminado de hornear obtenido a partir de pan precocido almacenado en refrigeración

- **Calidad microbiológica**

En las tablas 26 y 27 se muestran los datos obtenidos en la evaluación de la calidad microbiológica del pan terminado de hornear adicionado con sorbato de potasio al 0.05% ya que esta muestra de pan fue escogida como mejor tratamiento por los catadores que vieron sus atributos sensoriales mejores que de los demás tratamientos, y por las respuestas experimentales dadas anteriormente así como también de la muestra testigo o control, a los diferentes tiempos de almacenamiento. Como se mencionó en la sección anterior, el pan precocido almacenado en refrigeración presentó un crecimiento microbiano prácticamente insignificante cuando se le adicionó algún tipo de antimicrobiano. En el pan terminado de hornear al ser sometido a la segunda etapa de horneado, se reduce la carga microbiana, por lo que es de esperarse que los conteos que se presentan a continuación sean menores que los del pan parcialmente horneado.

**Tabla # 26 Efecto del sorbato de potasio al 0.05% sobre el crecimiento de mesófilos en pan terminado de hornear**

Mesófilos ( UFC/g)		
Tiempos (días)	Testigo	Sorbato de Potasio (0.5%)
0	$5.0 \times 10^1$	$1.8 \times 10^1$
2	$7.0 \times 10^1$	$3.0 \times 10^1$
4	$8.0 \times 10^1$	$4.2 \times 10^1$
7	$1.4 \times 10^2$	$5.0 \times 10^1$
10	$2.1 \times 10^2$	$6.5 \times 10^1$
14	$2.3 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$
21	$2.5 \times 10^2$	$1.5 \times 10^2$
28	$3.1 \times 10^2$	$2.3 \times 10^2$

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

**Tabla # 27 Efecto del sorbato de potasio al 0.05% sobre el crecimiento de mohos y levaduras en pan terminado de hornear**

Mohos y levaduras ( UFC/g)		
Tiempos ( días)	Testigo	Sorbato de Potasio (0.5%)
0	1.0x10 <sup>1</sup>	1.0x10 <sup>1</sup>
2	1.0x10 <sup>1</sup>	1.0x10 <sup>1</sup>
4	1.0x10 <sup>1</sup>	1.1x10 <sup>1</sup>
7	1.5x10 <sup>1</sup>	1.0x10 <sup>1</sup>
10	2.1x10 <sup>1</sup>	1.1x10 <sup>1</sup>
14	2.3x10 <sup>1</sup>	1.0x10 <sup>1</sup>
21	2.5x10 <sup>1</sup>	1.2x10 <sup>1</sup>
28	3.0x10 <sup>1</sup>	1.3x10 <sup>1</sup>

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011.

En el caso de mohos y levaduras se observa que el crecimiento fue prácticamente insignificante y que el mayor número de unidades formadoras de colonias se encontró en el tratamiento que no fue adicionado con antimicrobianos, donde constatamos que en el pan precocido almacenado en refrigeración al someterle a la segunda etapa de horneado se redujo la carga microbiana en estos dos tratamientos evaluados.

### **Análisis Físico Químicos**

- pH

Dentro del análisis físico-químico, se realizaron mediciones de pH, para observar el comportamiento del mismo en las muestras de pan precocido terminado de hornear con sorbato de potasio al 0.05% y comparar con el tratamiento sin antimicrobianos (testigo) veremos en la tabla #28 la influencia que tuvo el ph sobre el crecimiento de microorganismos.

**Tabla # 28 Medición de pH en el pan horneado con sorbato de potasio al 0.05%**

Tiempos ( días)	pH	
	Testigo	Sorbato de Potasio (0.5%)
0	5.88	5.26
2	5.70	5.12
4	5.65	5.10
7	5.70	5.30
10	5.45	5.40
14	5.47	5.45
21	5.32	5.70
28	5.20	4.86

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

Para estas pruebas experimentales los resultados fueron similares a los obtenidos con el pan precocido almacenado en refrigeración que muestran el descenso de pH en menos de una unidad haciendo una comparación entre el pan terminado de hornear con sorbato de potasio al 0,05%, y el del tratamiento sin antimicrobianos, se ve que tanto el pH inicial como el final son menores que en el pan que contiene antimicrobianos, una posible causa pudo ser que la concentración de los antimicrobianos para el primer caso fue lo suficientemente alta como para que se produzca esta diferencia.

- **Humedad.**

**Tabla #29. Humedad del pan precocido terminado de hornear con sorbato de potasio al 0.05%**

<b>Humedad</b>		
<b>Tiempo ( días)</b>	<b>Testigo</b>	<b>Sorbato de Potasio (0.5%)</b>
<b>0</b>	35.2	34.3
<b>2</b>	36.3	32.3
<b>4</b>	36.1	37.1
<b>7</b>	35.0	33.3
<b>10</b>	33.3	39.2
<b>14</b>	34.3	33.7
<b>21</b>	33.3	31.3
<b>28</b>	32.2	30.0

**Elaborado por:** Patricio J. Balarezo 2011.

El porcentaje de humedad del pan terminado fue menor al del pan precocido, lo cual era de esperar, ya que el producto terminado pierde agua durante la segunda etapa de horneado (Leuschner et al., 1997). Lainez (2006) obtuvo, para pan terminado perteneciente de pan parcialmente horneado almacenado a 1 °C y 7 °C, porcentajes de humedad similares a los determinados en este estudio; parece ser que la diferencia entre las temperaturas del almacenamiento de pan precocido, no influye en el porcentaje de humedad del producto final.

#### **4.6 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

De acuerdo con los resultados logrados en los análisis microbiológicos tanto en el pan precocido almacenado en refrigeración como en el pan precocido en la segunda etapa de horneado se puede concluir que la hipótesis nula se acepta y se rechaza la hipótesis alternativa, es decir, que la presencia de antimicrobianos incide sobre la estabilidad del pan precocido almacenado en refrigeración.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

A partir de los resultados obtenidos en este estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Durante 28 días de almacenamiento a 4°-6°C, el crecimiento de microorganismos fue insignificante para el pan precocido adicionado con propionato de calcio al 0.1%, como para sorbato de potasio al 0.1%. El pan precocido con sorbato de potasio al 0.05% desarrolló carga microbiana baja hasta los 15 días de almacenamiento a 4°-6°C, y a los 20 días de almacenamiento en refrigeración, se detectaron mohos sobre la superficie del pan. El pan parcialmente horneado sin antimicrobianos (testigo) almacenado a la temperatura de estudio mostró una baja carga microbiana hasta los 15 días de almacenamiento en refrigeración, a partir del cual se detectaron mohos sobre el pan precocido.

Se evidencia el efecto sinérgico del propionato de calcio y sorbato de potasio como conservante, temperatura de refrigeración y el descenso de pH, permitió prolongar el tiempo de vida útil, en las muestras de pan precocido tipo baguette almacenado en refrigeración a 4-6°C.

Para indicar la calidad del pan, se evaluaron cinco características olor, color, sabor, textura y aceptabilidad obteniéndose que el catador no percibe la adición de propionato de calcio y sorbato de potasio en las concentraciones probadas, pero haciendo un estudio minucioso del pan a sus diferentes concentraciones observamos que el pan precocido terminado de hornear tuvo mayor aceptabilidad por los catadores, donde se hizo pruebas microbiológicas y fisicoquímicas que demostraron que el pan precocido almacenado en refrigeración al someterle a la segunda etapa de horneado reduce la carga microbiana.

El mejor tratamiento determinado en el estudio desde el punto de vista de control de desarrollo microbiano (mesófilos, mohos y levaduras) en el pan precocido almacenado en refrigeración, por tener baja carga microbiana son el sorbato de potasio con una concentración de 0.1% seguida del propionato de calcio a 0.1 %, permitiendo que el pan almacenado en refrigeración se conserve en buen estado y sea apto para el consumo durante un mes.

## 5.2 Recomendaciones

El presente trabajo, recomienda el estudio de la implementación de la línea y diseño del proceso para la elaboración de productos de panificación cocidos y precocidos almacenados en refrigeración, así como la adición de otros tipos de conservantes o antimicrobianos como benzoato de sodio o mezclas entre éste para comparar su efectividad o repercusiones que den al pan precocido.

Es recomendable comparar su proceso de comercialización con el actual, para demostrar la viabilidad de la aplicación de la nueva tecnología. Quedan las puertas abiertas para estudios posteriores sobre la aplicación del pan precocido almacenado en refrigeración, para la amplia cadena de alimentos frescos y procesados, utilizando esta técnica como una nueva alternativa de conservación que permite extender el tiempo de vida útil de los productos y que en el país aún no ha sido explorado totalmente.

Probar distintas concentraciones de los antimicrobianos estudiados, o nuevos siendo algunas opciones sorbato de potasio al 0.075%, propionato de calcio al 0.075% o una mezcla de ambos antimicrobianos en una concentración de 0.025% cada uno como también de benzoato de sodio al 0.1%

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Datos Informativos**

- **Título:** “**PROCESO PROPUESTO PARA ENVASADO DE PAN PRECOCIDO EN ATMÓSFERA MODIFICADA.**”
- **Institución Ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- **Beneficiarios:** Estudiantes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- **Ubicación:** Ambato – Ecuador
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 6 meses

**Inicio:** Abril 2011

**Final:** Octubre 2011

- **Equipo técnico responsable:** Egdo. Patricio J. Balarezo E,  
Ing. Natalia Moreno
- **Financiamiento:** Recursos propios del autor

## 6.2 Antecedentes de la Propuesta

Alrededor del mundo esta técnica de envasado en atmósfera modificada es ampliamente utilizada para la conservación de alimentos que incluyen el pan precocido, sin embargo en el Ecuador aún no ha sido implementada.

El propósito de este capítulo es dar a conocer en forma general el material de envase y el equipo utilizado en industrias de otros países que han incorporado esta técnica de conservación en su proceso de producción.

El envasado en atmósfera modificada EAM o MAP en sus siglas inglesas, Modified Atmosphere Packaging, consiste en la evacuación del aire contenido en el envase y la inyección del gas o de la combinación de gases más adecuado a los requerimientos del producto.

Los productos de panadería y repostería cuentan con una vida útil bastante limitada, sobre todo, cuando se distribuyen y comercializan a temperatura ambiente y sin envasar. Las tecnologías de envasado en atmósfera modificada incrementan su tiempo de vida, en muchos casos sin recurrir a la refrigeración, mediante el control que ejercen sobre el crecimiento microbiano y las reacciones físico-químicas de deterioro (Madrid A. y J. Gómez, 1997).

Dentro de este sector el empleo del envasado en atmósfera modificada se extiende a una amplia variedad de productos: pan común, pan precocido, panes especiales, productos rellenos etc.

### **6.3 Justificación**

La presente propuesta tiene como finalidad incentivar a los estudiantes tener interés por realizar estudios más profundos de lo que puede ocurrir en los alimentos desde el momento de elaborarlos hasta el almacenamiento.

El envasado en atmósfera modificada es a través de la sustitución mecánica del aire, que se realiza mediante los métodos de barrido con gas y de vacío compensado. En ambos casos se trata de inyectar el gas o mezcla de gases deseados para reemplazar el aire del interior del envase.

El barrido o purga con gas consiste en desplazar el aire alojado en el espacio de cabeza del paquete mediante una corriente continua del gas o gases de interés. El envase se cierra herméticamente cuando se ha sustituido la mayor parte del aire. Esta técnica permite trabajar a gran velocidad ya que opera en continuo. Los equipos que utilizan el método de barrido con gas son las máquinas de formado-llenado-sellado verticales y horizontales.

Es el sistema habitual para el envasado de alimentos de textura blanda o frágil que no soportan el vacío (productos de panadería, *snacks*, ciertas frutas). En cambio, no se recomienda para productos altamente sensibles

al oxígeno porque en los paquetes permanece una cantidad residual de O<sub>2</sub> en torno al 2-5%.

En el vacío compensado se lleva a cabo el vacío en el interior del envase a través de una bomba y, a continuación, se inyecta el gas o gases que componen la atmósfera protectora. Comparado con el anterior, es un proceso más lento porque se realiza en dos fases.

El vacío compensado se aplica en varios equipos como, por ejemplo, envasadores de campana, líneas termoformadoras y cerradores. Su principal ventaja es la reducción del remanente de oxígeno dentro del paquete gracias al vacío inicial. Los niveles obtenidos (aproximadamente un 1% de oxígeno) son inferiores a los del barrido con gas. Por tanto, este método es adecuado para productos de gran volumen o muy porosos que retienen oxígeno en su estructura (Stanley P.C. y L.S Young, 1996)

En nuestra Facultad se carece mucho esta clase de estudio; aplicar este tipo de tecnología ayudaría al desarrollo intelectual de los estudiantes al tener estudios no únicamente tecnológicos sino más bien científicos donde en la actualidad disponemos de muchos recursos materiales que ayuda en gran parte al desarrollo de este tipo de estudios.

## **6.4 Objetivos**

### **Objetivo General**

Estudiar una nueva alternativa de conservación como en el envasado en atmósfera modificada (reemplazo de oxígeno por dióxido de carbono y/o nitrógeno)

### **Objetivos Específicos**

Observar el efecto del envasado del pan precocido en atmósfera modificada

Comparar los tipos de gases que se utilizan para envasar el pan precocido en atmosfera modificada.

### **6.5 Análisis de Factibilidad**

La aplicación de la presente propuesta es factible porque es un estudio de carácter intelectual donde están involucrados directamente alumnos y profesores e innovar estudios diferentes a los propuestos por desarrollos de tecnología de alimentos, sino también que existan estudios de investigación más profundos de lo que suceden en los diferentes alimentos, por lo tanto la problemática es latente y además la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos facilita los laboratorios necesarios para el desarrollo de este tipo de investigaciones.

### **6.6 Fundamentación**

Un elemento muy importante en la conservación del pan precocido es el material de envase para el envasado en atmósfera modificada. Éste debe ser un film barrera que evite la entrada y salida de los gases. Es imposible encontrar un film de un solo componente que sustituya todas las necesidades técnicas. Se utilizan materiales multicapas, formados por diferentes polímeros, teniendo en cuenta que cada uno de ellos tiene unas características determinadas. El conjunto de capas debe reunir una serie de características que permitan mantener la atmósfera original sin alteraciones durante el proceso de conservación, transparencia, ya que debe permitir visualizar el producto; coeficiente de transmisión de vapor de agua muy bajo; resistencia mecánica y propiedades antivaho, ya que el pan precocido tiende a crear niebla en el interior del paquete. Existen películas de aproximadamente 25  $\mu\text{m}$  hasta 1.500

µm de espesor para envases flexibles y recipientes rígidos. En la actualidad se están aplicando diferentes films en la industria del pan precocido para su envasado en atmósfera modificada, un ejemplo de éste es el film barrera de tres capas compuesto por:

- Una capa exterior de PVC (Poli cloruro de Vinilo), recubierto de PE (polietileno), el cual proporciona una buena capacidad frente al gas y moderada al vapor de agua.
- Una capa intermedia de EVOH (copolinero de etileno-alcohol vinílico. Sensible a la humedad pero de alta barrera a los gases, fácil de formar y con gran capacidad sellante.
- Una capa interna en contacto con el pan, compuesta por OPA (poliamida orientado) recubierta de PE (Polietileno).

### **Equipos necesarios para Envasado en Atmósfera Modificada.**

Existen una gran variedad de máquinas que van desde las más pequeñas de sobremesa, hasta automáticas para grandes producciones. Según datos consultados en la página Web de la compañía alemana MULTIVAC Seep Haggemuller GMBH & Co. KG, reconocida por la distribución y venta de máquinas para envasado en atmósfera modificada a nivel mundial, para productos alimenticios como pan precocido baguette se utilizan los sistemas de termoformado.

### **6.7 Metodología. Modelo Operativo**

Para el estudio del envasado del pan precocido en atmosfera modificada aplicaremos el envasado en gas y la absorción de oxígeno, ya que son los métodos más interesantes en la industria de la panadería, bollería y pastelería,

puesto que permiten transportar, almacenar y conservar el pan precocido, sin necesidad de refrigeración o congelación, con fechas de caducidad de hasta 90 días.

**Tabla # 30. Modelo Operativo (Plan de acción)**

<b>Fases</b>	<b>Metas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>	<b>Recursos</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Tiempo</b>
1. Formulación de la propuesta	Proceso propuesto para el envasado en atmósfera modificada del pan precocido	Revisión bibliográfica y estudios aplicados en elaboración de pan precocido y envasado en atmósfera modificada	Investigador	Humano Técnico Económico	\$ 100	2 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta	Pruebas preliminares sobre los tipos de envases y gases para la implementación del envasado en atmósfera modificada	Investigador	Humano Técnico Económico	\$ 200	1 mes
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación del programa de envasado en atmósfera modificada	Investigador	Humano Técnico Económico	\$ 100	2 meses

4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de realización de la propuesta	Comparación de resultados experimentales con los simulados	Investigador	Humano Técnico Económico	\$ 100	1 mes
-------------------------------	---	--	--------------	--------------------------------	--------	-------

### 6.7.1 Materiales y Equipos

Los materiales utilizados para el desarrollo de esta tecnología serán los siguientes:

#### **Materiales:**

- Harina
- Levadura
- Azúcar
- Conservantes
- Cilindro de Dióxido de Carbono (100%)
- Cilindro de Mezcla de gases (60% CO<sub>2</sub>+40% N<sub>2</sub>)
- Manguera reforzada (6 mm)
- Manguera conectora (5mm)
- Manómetro
- Regulador de flujo
- Envases

#### **Equipos:**

- Cámara de fermentación
- Amasadora
- Horno

## **Tecnología de Elaboración**

**Recepción de la materia prima.**-En la recepción de las materias primas (harina, agua, sal, mejorantes y levaduras) se realizan controles de calidad y aptitud para la elaboración de este pan. Las materias primas para la elaboración del pan se almacenan en cámaras frigoríficas o en almacén a temperaturas de 18 °C, según su naturaleza.

**Dosificación/ Pesaje.**- La primera norma en toda industria de panificación es el pesaje de todas las materias primas para garantizar una regularidad de las masas, incluso existen sistemas automáticos de pesaje donde sólo se aplica una numeración para cada fórmula.

**Amasado.**- El amasado consiste en mezclar y homogenizar una serie de ingredientes, previamente pesados, y transformarlos en una sola masa con características específicas de elasticidad, homogeneidad y consistencia, se realiza a marcha rápida y es cuando se produce la máxima aireación de la masa. Ésta capta el oxígeno del aire que posteriormente se consume por la levadura. La aireación, debida al enérgico trabajo de la amasadora, posibilita los procesos de oxidación de las proteínas y, consecuentemente, afecta la formación de la red del gluten. A medida que avanza el amasado, la masa va adquiriendo elasticidad y se vuelve lisa, flexible y suave. Progresivamente la masa va despegándose de las paredes de la amasadora. Esto suele ser el indicio del fin del amasado. El tiempo de amasado varía en función del tipo de amasadora, la intensidad o velocidad del amasado y la harina utilizada. La temperatura de la masa se incrementa progresivamente en el amasado, para el que es óptima una temperatura final de 22 °C, ya que facilita el formado de la barra

**Reposo.-** El tiempo de reposo antes del formado ha de estar relacionado con la cantidad de levadura añadida, es decir, cuando la dosis de la levadura sea alta el reposo ha de ser más corto y cuando la dosis es baja el tiempo de reposo ha de ser superior. Se puede decir que con el 2% de levadura el tiempo de reposo de ser durante 15 y 18 minutos (Quaglia, 1991).

**División, boleado y formado.-** La división de la masa es un proceso mecanizado, mediante el cual se obtienen piezas con tamaño, forma y peso bastante homogéneo. El formado es la operación que consiste en dar forma a una porción de masa antes de la fermentación. Ésta será la forma que presentará el pan una vez cocido.

**Fermentación.-** Llamamos fermentación a la serie de reacciones bioquímicas llevadas a cabo por levaduras de género *Saccharomyces cerevisiae* y por bacterias fermentativas, básicamente lácticas y acéticas, que conducen finalmente a la formación de etanol y gas carbónico, y a una serie de fermentaciones secundarias que serán las causantes del aroma y sabor final del pan. El gas carbónico, en forma de pequeñas burbujas, contribuye al esponjamiento de la masa; la producción de este gas comienza lentamente para acelerarse al final de la fermentación. Las barras fermentan en cámaras de fermentación que mantienen 26 °C de temperatura y 75 % de humedad de manera constante, hasta que la masa ha alcanzado el punto óptimo de fermentación. Tendrá una duración de entre 150 y 180 minutos aproximadamente.

**Precocción.-** La precocción o primera cocción de la baguette se realiza generalmente en hornos rotativos. La transmisión del calor en este tipo de horno se realiza por convección (el aire se calienta y recircula aprovechando su temperatura para la cocción del pan). Dentro de la cámara de cocción se introduce el carro portabandejas y, colocado sobre una plataforma giratoria, el pan va adaptando necesariamente diferentes posiciones relativas ante la corriente de aire caliente.

La temperatura inicial del horno es de 230 °C. El pan se introduce y durante doce segundos se imprime vapor. Luego se deposita sobre la superficie de la masa y se condensa. El calor del horno debilita la masa, al mismo tiempo que el vapor se fija, retrasando por un corto periodo de tiempo la formación de la corteza. La temperatura de precocción es de 170 °C. Hasta que la masa adquiere una temperatura de 55 °C se acelera la acción fermentativa, y aumenta el volumen del pan. A partir de los 55 °C, las levaduras mueren y se paraliza la fermentación. Este hecho ocurre antes en las capas externas de la masa, de tal forma que cuando ya ha tomado estructura la corteza, aún sigue habiendo expansión en el interior del pan incrementando la presión. El tiempo de precocción es de trece minutos.

**Enfriamiento.-** Una vez ha salido el pan del horno y antes de proceder a las siguientes manipulaciones (empaquetado en atmósfera modificada), el pan debe enfriarse durante treinta o cuarenta minutos, tiempo necesario para que la temperatura interna descienda hasta 30 °C.

**Envasado.-** Las piezas ya preparadas se procede a tratar con la técnica de envasado con atmósfera modificada.

### **Descripción del sistema de envasado en atmósfera modificada**

En las instalaciones del Laboratorio de investigación UOITA se armará el sistema para la inyección de gas, colocando un nepló al cilindro para unirlo con el manómetro y regulador de flujo.

A partir del regulador de flujo se adaptará 1 metro de manguera reforzada (6mm) y se coloca a ésta una manguera conectora de 5 mm, la cual fue introducida en el envase.

Armado el sistema y en condiciones asépticas, se procede al envasado del pan precocido colocando con una pinza esterilizada dos piezas de pan precocido de

30 g en un frasco 500 ml, luego se inserta la manguera en el mismo, dejando semi abierta la tapa del frasco (para el desplazamiento del aire por la nueva atmósfera simulando el método de arrastre de gas).

Posteriormente se abrirá la válvula y se inyectara el gas a través de la manguera, regulando el flujo a 7 litros por minuto. El tiempo de llenado será de 6 minutos, después de lo cual se cerrará el frasco o envase.

## **6.8 Administración**

En la ejecución de la presente propuesta se deberá tener en cuenta la administración de los recursos utilizados y estará coordinada por los responsables de la propuesta Ing. Natalia Moreno y Egdo. Patricio Javier Balarezo.

**Tabla #31. Administración de la propuesta**

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
<p>Productos inocuos con características sensoriales adecuadas.</p>	<p>Corto tiempo de vida útil del pan precocido por no someter a procesos de conservación</p>	<p>Mayor tiempo de vida útil del pan precocido</p> <p>Pan precocido en condiciones óptimas de almacenamiento y con características sensoriales aceptables para el consumidor.</p>	<p>Determinar las características físico químicas del pan precocido envasado en atmósfera modificada</p> <p>Realizar pruebas microbiológicas estandarizadas.</p> <p>Análisis sensorial del pan terminado</p>	<p>Investigador: Egdo. Patricio Balarezo, Ing Natalia Moreno.</p>

Elaborado por: Patricio J. Balarezo 2011

## 6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Tabla # 32 Previsión de la evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Panaderos del país.</li><li>- Distribuidores del país.</li></ul>
¿Por qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar la inocuidad y calidad de los productos.</li><li>- Corregir errores en los procesos de conservación.</li></ul>
¿Para qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Determinar la vida útil del producto.</li></ul>
¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tecnología utilizada.</li><li>- Materias primas.</li><li>- Resultados obtenidos.</li><li>- Producto terminado.</li></ul>
¿Quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Director del proyecto.</li><li>- Tutor.</li><li>- Calificadores.</li></ul>
¿Cuándo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Todo el tiempo desde las pruebas preliminares hasta la obtención del producto.</li></ul>
¿Cómo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mediante instrumentos estadísticos de evaluación.</li></ul>
¿Con qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Experimentación.</li><li>- Normas establecidas.</li></ul>

Elaborado por: Patricio J Balarezo 2011

## **CAPITULO VII**

### **MATERIALES DE REFERENCIA**

#### **7.1. Bibliografía**

Banwart J. (1990). MICROBIOLOGÍA BÁSICA DE LOS ALIMENTOS. Editorial Bellaterra. Madrid-España, pp 127-164

Baker B.A, Davis E.A, Gordon J. 1990a. The influence of sugar and emulsifier type during microwave and conventional heating of a lean formula cake batter. *Cereal Chemistry*, 67: 451–457.

Baker BA, Davis EA, Gordon J. 1990b. Glass and metal pans for use with microwave and conventionally heated cakes. *Cereal Chemistry*, 67: 448–451.

Bernussi ALM, Chang YK, Martínez–Bustos F. 1998. Effects of production by microwave heating after conventional baking on moisture gradient and product quality of biscuits (cookies). *Cereal Chemistry*, 75: 606–611.

Bilgen S, Coskuner Y, Karababa E. 2004. Effects of baking parameters on the white layer cake quality by combined use of conventional and microwave ovens. *Journal of Food Processing Preservation*, 28: 89–102.

Black RG, Quail KJ, Reyes V, Kuzyk M, Ruddick L. 1993. Shelf–life extension of pita bread by modified atmosphere packaging. *Food Australia*, 45: 387–391

Calaveras Jesús (1996). TRATADO DE PANIFICACION Y BOLLERIA. Editorial Acribia. Madrid- España, pp. 218- 226.

Frazier W.C y D.C Westhoff (1993). MRICROBIOLOGIA DE LOS ALIMENTOS. Editorial Acribia. Zaragoza- España. pp. 238-241

ICMSF (1980). ECOLOGÍA MICROBIANA DE LOS ALIMENTOS. Editorial Acribia. Zaragoza- España. pp. 179-187.

Madrid A. y J. Gómez (1997). REFRIGERACIÓN, CONGELACIÓN Y ENVASADO DE LOS ALIMENTOS. Editorial A.M.V. Madrid - España. pp.170-182, 188-190.

Quaglia Giovanni (1991). CIENCIA Y TECNOLOGA DE LA PANIFICACIÓN. Editorial Acribia. Zaragoza- España. pp. 390-395

Stanley P. y Linda S. (1996). FABRICACIÓN DEL PAN. Editorial Acribia. Zaragoza- España. pp. 69-71, 283-291

González, J y A. Calvo, 2005. Despertar de la era antibiótica. Revista Española 18(3): 247-251.

- **Artículos Técnicos.**

Arunepanlop B, Morr CV, Karleskind D, Laye I. 1996. Partial replacement of egg white proteins with whey proteins in angel food cakes. Journal of Food Science, 61: 1085–1093.

Industria Alimenticia. 2008. Pan precocido. [http://www.industriaalimenticia.com/Archives\\_Davinci?article=1197](http://www.industriaalimenticia.com/Archives_Davinci?article=1197) (último acceso septiembre 2008).

Jury V, Monteau JY, Comiti J, Le Bail A. 2007. Determination and prediction of thermal conductivity of frozen part baked bread during thawing and baking. *Food Research International*, 40: 874–882.

Karaoglu MM. 2006a. Effect of baking procedure and storage on the pasting properties and staling of part-baked and rebaked white pan bread crumb. *International Journal of Food Properties*, 9: 609–622.

Lallemand Baking Update. 2008. Alternatives to scratch baking. Volume 2, number 14. <http://www.lallemand.com/Home/eng/index.shtm> (último acceso abril 2008).

Launois A. 2008. New bread products focus on health. <http://www.bakeryandsnacks.com/news/ng.asp?n=84586-intel-gndp> (último acceso abril 2008).

Le Bail A, Hamdami N, Jury V, Monteau JY, Davenel A, Lucas T, Ribotta PD. 2006. Examining crust problems of frozen bread. *New Food*, 3: 10–14.

Le Bail A, Monteau JY, Margerie F, Lucas T, Chargelegue A, Reverdy Y. 2005. Impact of selected process parameters on crust flaking of frozen partbaked bread. *Journal of Food Engineering*, 69: 503–509.

Leuschner RGK, O'Callaghan MJA, Arendt EK. 1997. Optimization of baking parameters of part-baked and rebaked Irish brown soda bread by evaluation of some quality characteristics. *International Journal of Food Science and Technology*, 32: 487–493.

Lord D. 2002. Future innovations in bakery. The mega trends of convenience, health and indulgence. London: Business Insights Ltd. Journal of Food Engineering pp 182.

Lucas T, Le Ray D, Davenel A. 2005a. Chilling and freezing of part-baked bread. Part I: An MRI signal analysis. Journal of Food Engineering, 70: 139–

- **Referencias**

GUÍA PRÁCTICA DEL PAN PRECOCIDO ULTRACONGELADO.

[www.franciscotejero.com/tecnica/precocion/guia%practica.htm](http://www.franciscotejero.com/tecnica/precocion/guia%practica.htm)

PAN PRECOCIDO

[www.industriaalimenticia.com/content.php?s=IA/08&p=7](http://www.industriaalimenticia.com/content.php?s=IA/08&p=7)

PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN PRECOCIDO BAGUETTE O PANFRANCÉS

[www.ice.upc.es/documentos/eso/aliments/HTML/cereal5.htm](http://www.ice.upc.es/documentos/eso/aliments/HTML/cereal5.htm)

PROPIONATO DE CALCIO Y SORBATO DE POTASIO

[www.viarural.com.ar/agroindustria/aditivossaborizantes/ran/conservantes.htm](http://www.viarural.com.ar/agroindustria/aditivossaborizantes/ran/conservantes.htm)

## **ANEXO A**

### **RESPUESTAS EXPERIMENTALES**

## Anexo A.1

### “Datos Obtenidos de la Evaluación Sensorial”

**Tabla N° A.1. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para olor**

[Diseño:  $t = 6$ ,  $k = 3$ ,  $r = 10$ ,  $b = 20$ ,  $\lambda = 4$ ,  $E = 0,80$ ]

Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2
Código	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	x	X	x			
2				x	x	x
3	x	x		x		
4			x		x	X
5	x	X			x	
6			x	x		X
7	x	X				X
8			x	x	x	
9	x		x	x		
10		X			x	X
11	x		x		x	
12		X		x		X
13	x		x			X
14		X		x	x	
15	x			x	x	
16		X	x			X
17	x			x		X
18		X	x		x	
19	x				x	X
20		X	x	x		

Tabla N° A.2. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para olor [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]

		R1	CATADORES																				
% antimicrobiano	Trat	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	4		4		3		5		5		3		4		3		4		4	
0.05% Propionato	a0b1	234	2	5		4		4		4		3		4		5		4		4		4	
0.1% Propionato	a0b2	125	3	3			5		5		4	4		4		5			4		3		4
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4		4	3			4		4	4			2		3	2		4			3
0.05% Sorbato	a1b1	600	5		4		4	4			5		4	5			4	4			5	4	
0.1% Sorbato	a1b2	304	6		5		5		4	4			3		5	4			5	5		2	

Tabla Nº A.3. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para olor [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]

% antimicrobiano	Trat	R2	CATADORES																			
		MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	3		3		3		5		4		3		4		3		4		4
0.05% Propionato	a0b1	234	2	5		4		4		3		4		3		5		4		2		4
0.1% Propionato	a0b2	125	3	4			5		4		4	4		5		5		5		4		4
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4		4	4			4		3	5			1		3	4		4		3
0.05% Sorbato	a1b1	600	5		3		4	4			5		4	4			4	3			5	5
0.1% Sorbato	a1b2	304	6		5		5		3	3			3		5	4			4	5		4

**Tabla N° A.4. Resultados del análisis sensorial del Pan  
(precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos  
para olor [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

<b>% De antimicrobiano</b>	<b>0.00 % Propionato</b>	<b>0.05% Propionato</b>	<b>0.1% Propionato</b>	<b>0.00 % Sorbato</b>	<b>0.05% Sorbato</b>	<b>0.1% Sorbato</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>a0b0</b>	<b>a0b1</b>	<b>a0b2</b>	<b>a1b0</b>	<b>a1b1</b>	<b>a1b2</b>
<b>MUESTRA</b>	<b>411</b>	<b>234</b>	<b>125</b>	<b>101</b>	<b>600</b>	<b>304</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Catadores</b>						
<b>1</b>	3,5	5	3,5			
<b>2</b>				4	3,5	5
<b>3</b>	3,5	4		3,5		
<b>4</b>			5		4	5
<b>5</b>	3	4			4	
<b>6</b>			4,5	4		3,5
<b>7</b>	5	3,5				3,5
<b>8</b>			4	3,5	5	
<b>9</b>	4,5		4	4,5		
<b>10</b>		3,5			4	3
<b>11</b>	3		4,5		4,5	
<b>12</b>		3,5		1,5		5
<b>13</b>	4		5			4
<b>14</b>		5		3	4	
<b>15</b>	3			3	3,5	
<b>16</b>		4	4,5			4,5
<b>17</b>	4			4		5
<b>18</b>		3	3,5		5	
<b>19</b>	4				4,5	3
<b>20</b>		4,5	4	3		

**Tabla N° A.5. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para color**

**[Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2
Código	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	x	X	x			
2				x	X	X
3	x	X		x		
4			x		X	X
5	x	X			X	
6			x	x		X
7	x	X				X
8			x	x	X	
9	x		x	x		
10		X			X	X
11	x		x		X	
12		X		x		X
13	x		x			X
14		X		x	X	
15	x			x	X	
16		X	x			X
17	x			x		X
18		X	x		X	
19	x				X	X
20		X	x	x		

**Tabla N° A.6. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para color [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

		R1	CATADORES																			
% De antimicrobiano	Trat	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	4		4		4		5		3		3		4		3		4		4
0.05% Propionato	a0b1	234	2	4		2		5		4		4		4		5		4		4		4
0.1% Propionato	a0b2	125	3	3			4		4		4	4		4		5			3		4	5
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4		3	5			5		4	4			4		4	2		4		3
0.05% Sorbato	a1b1	600	5		5		3	4			5		4	5			4	3			5	5
0.1% Sorbato	a1b2	304	6		5		5		3	3			3		5	3			3	5		4

**Tabla N° A.7. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para color [Diseño: t = 6, k = 3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]**

% De antimicrobiano	Trat	R2	CATADORES																			
		MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	4	3	3	3	3	5	2	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
0.05% Propionato	a0b1	234	2	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3	5	5	5	4	4	4	4	4	4
0.1% Propionato	a0b2	125	3	3	3	4	3	5	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.05% Sorbato	a1b1	600	5	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.1% Sorbato	a1b2	304	6	4	4	5	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

**Tabla N° A.8. Resultados del análisis sensorial del Pan  
(precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos  
para color [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

% De antimicrobiano	0.00 % Propionato	0.05% Propionato	0.1% Propionato	0.00 % Sorbato	0.05% Sorbato	0.1% Sorbato
Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2
MUESTRA	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	4	3,5	3			
2				3,5	4	4,5
3	3,5	2,5		4,5		
4			3,5		3	4,5
5	3,5	4			4	
6			4	4,5		4
7	4	4				3
8			3,5	3,5	4,5	
9	4		4,5	4		
10		3,5			3,5	3,5
11	2,5		3,5		4	
12		4		4		4
13	4		4			3,5
14		4		4	3,5	
15	3			3	3,5	
16		4,5	3			3,5
17	4			4		4
18		4,5	3,5		4	
19	4				4,5	3,5
20		4	4	3		

**Tabla N° A.9. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para sabor [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2
Código	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	x	x	x			
2				x	x	x
3	x	x		x		
4			x		x	x
5	x	x			x	
6			x	x		x
7	x	x				x
8			x	x	x	
9	x		x	x		
10		x			x	x
11	x		x		x	
12		x		x		x
13	x		x			x
14		x		x	x	
15	x			x	x	
16		x	x			x
17	x			x		x
18		x	x		x	
19	x				x	x
20		x	x	x		

**Tabla N° A.10. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para sabor [Diseño: t = 6, k=3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]**

		R1	CATADORES																				
% antimicrobiano	Trat	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	3		1		5		4		1		2		4		4		3		4	
0.05% Propionato	a0b1	234	2	3		3		4		4		5		3		4		1		3		4	
0.1% Propionato	a0b2	125	3	4			5		4		5	3		3		3			2		5		3
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4		4	5			3		4	2			4		3	2		4			3
0.05% Sorbato	a1b1	600	5		3		4	2			4		3	4			5	5			4	3	
0.1% Sorbato	a1b2	304	6		5		4		3	3			2		3	2			4	3		2	

**Tabla N° A.11. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para sabor [Diseño: t = 6, k = 3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]**

		R2	CATADORES																			
% De antimicrobiano	Trat	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	5		1		4		4		4		2		5		3		4		5
0.05% Propionato	a0b1	234	2	3		3		3		3		4		5		3		3		3		4
0.1% Propionato	a0b2	125	3	4		4		3		5	4		3		3		5		4		3	
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4		2	4		4		3	3		3		4	5		5			5	
0.05% Sorbato	a1b1	600	5		3		3	3		5		2	4		4	3			3	4		
0.1% Sorbato	a1b2	304	6		4		4		5	4		3		4	4		4	3		3		

**Tabla N° A.12. Resultados del análisis sensorial del Pan  
(precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos  
para sabor [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

% De antimicrobiano	0.00 % Propionato	0.05% Propionato	0.1% Propionato	0.00 % Sorbato	0.05% Sorbato	0.1% Sorbato
Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2
MUESTRA	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	4	3	4			
2				3	3	4,5
3	1	3		4,5		
4			4,5		3,5	4
5	4,5	3,5			2,5	
6			3,5	3,5		4
7	4	3,5				3,5
8			5	3,5	4,5	
9	2,5		3,5	2,5		
10		4,5			2,5	2,5
11	2		3		4	
12		4		3,5		3,5
13	4,5		3			3
14		3,5		3,5	4,5	
15	3,5			3,5	4	
16		2	3,5			4
17	3,5			4,5		3
18		3	4,5		3,5	
19	4,5				3,5	2,5
20		4	3	4		

**Tabla N° A.13. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para textura [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2
Código	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	x	X	x			
2				x	x	x
3	x	X		x		
4			x		x	x
5	x	X			x	
6			x	x		x
7	x	X				x
8			x	x	x	
9	x		x	x		
10		X			x	x
11	x		x		x	
12		X		x		x
13	x		x			x
14		X		x	x	
15	x			x	x	
16		X	x			x
17	x			x		x
18		X	x		x	
19	x				x	x
20		X	x	x		

**Tabla N° A.14. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para textura [Diseño: t = 6, k = 3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]**

		R1	CATADORES																			
% antimicrobiano	Trata	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	4	3	3	3	3	3	5	2	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4
0.05% Propionato	a0b1	234	2	3	3	3	4	4	3	5	3	4	3	3	3	5	5	5	5	5	5	4
0.1% Propionato	a0b2	125	3	3	3	3	4	4	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
0.05% Sorbato	a1b1	600	5	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4
0.1% Sorbato	a1b2	304	6	4	4	4	5	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3

**Tabla N° A.15. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para textura [Diseño: t = 6, k = 3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]**

		R2	CATADORES																					
% De antimicrobiano	Trat	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	3		3		3		3		5		3		4		5		3		3		
0.05% Propionato	a0b1	234	2	3		4		4		4		4		4		3		4		5		4		
0.1% Propionato	a0b2	125	3	4		4		3		4	3		4		4		4		4		4		3	
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4		3	5		3		4	3			3		4	4		3				4	
0.05% Sorbato	a1b1	600	5		4	4	4			4		4	4			4	4			4	3			
0.1% Sorbato	a1b2	304	6		3	3	3	3				5		4	4			5	4		4			

**Tabla N° A.16. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para textura**

**[Diseño: t = 6, k = 3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]**

% De antimicrobiano	0.00 % Propionato	0.05% Propionato	0.1% Propionato	0.00 % Sorbato	0.05% Sorbato	0.1% Sorbato
Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2
MUESTRA	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	3,5	3	3,5			
2				3,5	3,5	3,5
3	3	3,5		4,5		
4			3,5		3,5	3,5
5	3	3,5			4	
6			3,5	3,5		4
7	3	4				3
8			3,5	3,5	4	
9	5		4	3,5		
10		3,5			3,5	4,5
11	2,5		3,5		3,5	
12		4		3,5		3,5
13	4		3,5			4
14		3		4	3,5	
15	4			4	4	
16		4,5	3,5			4,5
17	3,5			3,5		3,5
18		5	3,5		3,5	
19	3,5				3,5	3,5
20		4	3	3,5		

**Tabla N° A.17. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para aceptabilidad [Diseño: t = 6, k = 3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]**

Muestra	1	2	3	4	5	6
Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a0b2
Codigo	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	x	x	x			
2				x	X	x
3	x	x		x		
4			x		X	x
5	x	x			X	
6			x	x		x
7	x	x				x
8			x	x	X	
9	x		x	x		
10		x			X	x
11	x		x		X	
12		x		x		x
13	x		x			x
14		x		x	X	
15	x			x	X	
16		x	x			x
17	x			x		x
18		x	x		X	
19	x				X	x
20		x	x	x		

**Tabla N° A.18. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para aceptabilidad [Diseño: t = 6, k = 3, r = 10, b = 20,  $\lambda = 4$ , E = 0,80]**

		R1	CATADORES																				
% antimicrobiano	Trat	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	3		3		2		4		4		4		4		4		4		3	
0.05% Propionato	a0b1	234	2	3		3		3		4		3		4		4		3		4		4	
0.1% Propionato	a0b2	125	3	3		3		3		3	3		3		4		3		3		3		4
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4		2	4		3		3	3			4		3	4		3				4
0.05% Sorbato	a1b1	600	5		3		3	3			4		4	4		3	4				4	5	
0.1% Sorbato	a1b2	304	6		3		3		4	3			4		3	3			3	4		5	

**Tabla N° A.19. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para aceptabilidad [Diseño: t = 6, k = 3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

		R2	CATADORES																				
% antimicrobiano	Trat	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0.00 % Propionato	a0b0	411	1	3		3		2		4		3		4		3		3		3		4	
0.05% Propionato	a0b1	234	2	2		4		2		4		4		3		4		4		4		3	
0.1% Propionato	a0b2	125	3	3			3		3		3	4		2		4			3		3		4
0.00 % Sorbato	a1b0	101	4		3	4			3		4	3			3		4	3		3			4
0.05% Sorbato	a1b1	600	5		3		2	3			4		4	4			3	4			5	4	
0.1% Sorbato	a1b2	304	6		3		3		3	4			4		3	4			3	3		5	

**Tabla N° A.20. Resultados del análisis sensorial del Pan (precocido) terminado de hornear con adición de antimicrobianos para aceptabilidad [Diseño: t = 6, k =3, r = 10, b = 20,  $\lambda$  = 4, E = 0,80]**

% De antimicrobiano	0.00 % Propionato	0.05% Propionato	0.1% Propionato	0.00 % Sorbato	0.05% Sorbato	0.1% Sorbato
Tratamiento	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2
MUESTRA	411	234	125	101	600	304
	1	2	3	4	5	6
1	3	2,5	3			
2				2,5	3	3
3	3	3,5		4		
4			3		2,5	3
5	2	2,5			3	
6			3	3		3,5
7	4	4				3,5
8			3	3,5	4	
9	3,5		3,5	3		
10		3,5			4	4
11	4		2,5		4	
12		3,5		3,5		3
13	3,5		4			3,5
14		4		3,5	3	
15	3,5			3,5	4	
16		3,5	3			3
17	3,5			3		3,5
18		4	3		4,5	
19	3,5				4,5	5
20		3,5	4	4		

**Tabla N° A.21 de análisis de variancia del recuento de mohos y levaduras en el pan precocido almacenado en refrigeración**

Analysis of Variance for Ufc - Type III Sums of Squares					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Antimicrobianos	1,89282	1	1,89282	0,11	0,7680
B:Concentraciones	2803,08	2	1401,54	84,26	0,0117
RESIDUAL	33,2656	2	16,6328		
TOTAL (CORRECTED)	2838,24	5			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Tabla N°A.22 Comparación de medias del recuento de mohos y levaduras**

Table of Least Squares Means for Ufc with 95,0 Percent Confidence Intervals					
Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	6	34,1917			
Antimicrobianos					
0	3	34,7533	2,35463	24,6222	44,8845
1	3	33,63	2,35463	23,4989	43,7611
Concentraciones					
0	2	64,13	2,88382	51,7219	76,5381
1	2	24,565	2,88382	12,1569	36,9731
2	2	13,88	2,88382	1,47193	26,2881

**Tabla N° A.23 Pruebas de Múltiple Rango del efecto de antimicrobianos ante el crecimiento de mohos y levaduras**

Multiple Range Tests for Ufc by Antimicrobianos			
Method: 95,0 percent LSD			
Antimicrobianos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	3	33,63	X
0	3	34,7533	X
Contrast		Difference	+/- Limits
0 - 1		1,12333	14,3276

\* denotes a statistically significant difference.

**Tabla N°A.24 Pruebas de Múltiple Rangos del efecto de la concentración de antimicrobianos ante el crecimiento de mohos y levaduras**

Multiple Range Tests for Ufc by Concentraciones

---

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Concentraciones	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2	2	13,88	X
1	2	24,565	X
0	2	64,13	X

---

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 1	*39,565	23,9622
0 - 2	*50,25	23,9622
1 - 2	10,685	23,9622

---

\* denotes a statistically significant difference.

**Tabla N° A.25 Análisis de variancia del recuento de mesófilos en el pan precocido almacenado en refrigeración**

Analysis of Variance for Ufc - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A: Antimicrobianos	48,1667	1	48,1667	0,09	0,7873
B: Concentraciones	3008,33	2	1504,17	2,96	0,2525
RESIDUAL	1016,33	2	508,167		
TOTAL (CORRECTED)	4072,83	5			

---

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Tabla N° A.26 Comparación de medias del recuento de mesófilos**

Table of Least Squares Means for Ufc with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Stnd. Error	Lower Limit	Upper Limit
<b>GRAND MEAN</b>					
Antimicrobianos	6	99,1667			
0	3	102,0	13,0149	46,0012	157,999
1	3	96,3333	13,0149	40,3345	152,332
Concentraciones					
0	2	130,0	15,94	61,4158	198,584
1	2	90,0	15,94	21,4158	158,584
2	2	77,5	15,94	8,91575	146,084

**Tabla N° A.27 Pruebas de Múltiple Rangos del efecto de antimicrobianos ante el crecimiento de mesófilos**

Multiple Range Tests for Ufc by Antimicrobianos

---

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Antimicrobianos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	3	96,3333	X
0	3	102,0	X

---

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 1	5,66667	79,1943

---

\* denotes a statistically significant difference.

**Tabla N°A.28 Pruebas de Múltiple Rango del efecto de la concentración de antimicrobianos ante el crecimiento de mesófilos**

Multiple Range Tests for Ufc by Concentraciones

---

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Concentraciones	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2	2	77,5	X
1	2	90,0	X
0	2	130,0	X

---

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 1	40,0	132,448
0 - 2	52,5	132,448
1 - 2	12,5	132,448

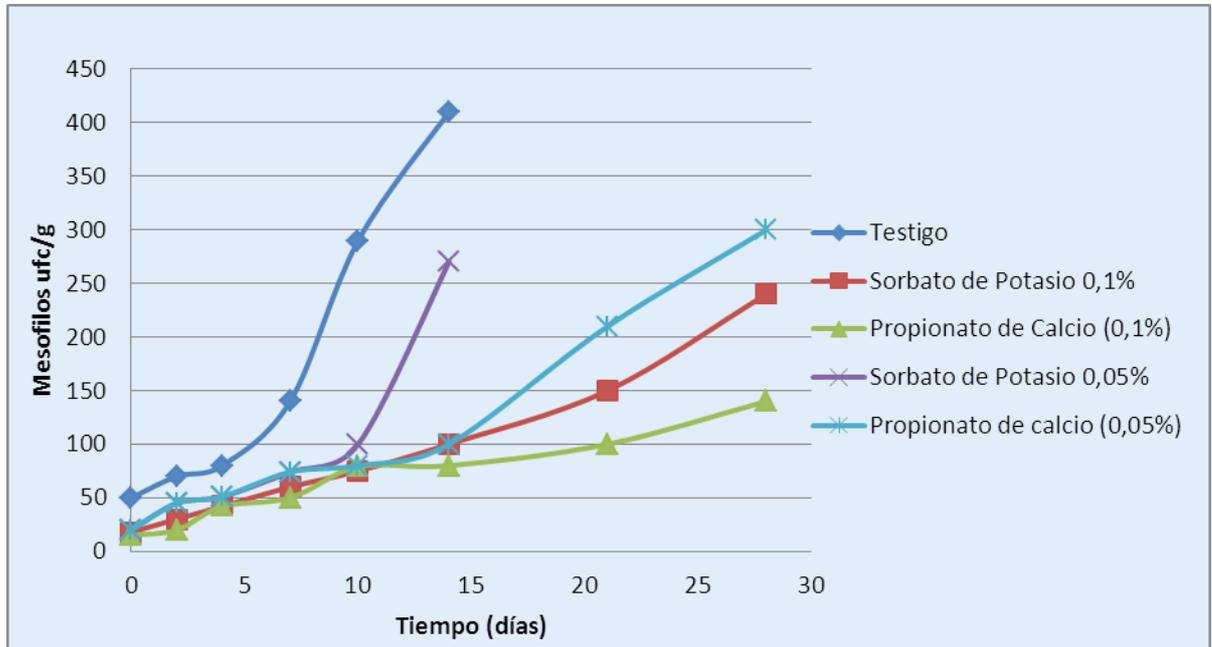
---

\* denotes a statistically significant difference.

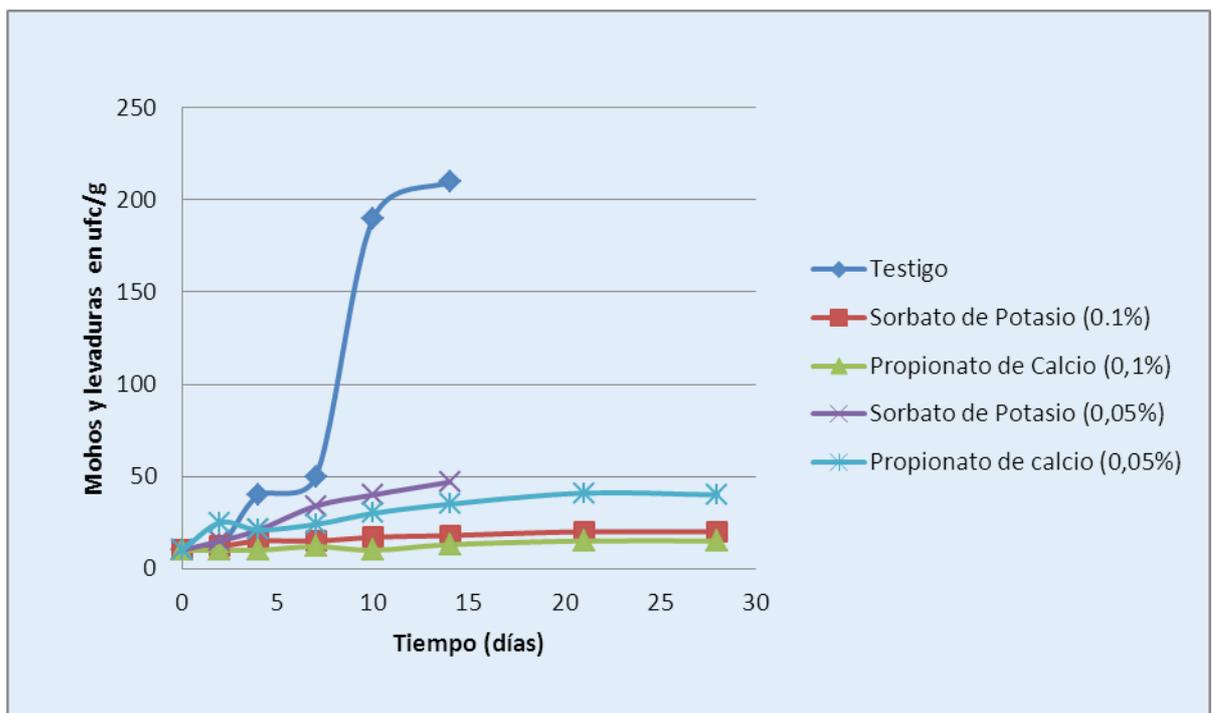
## **ANEXO B**

### **GRÁFICOS**

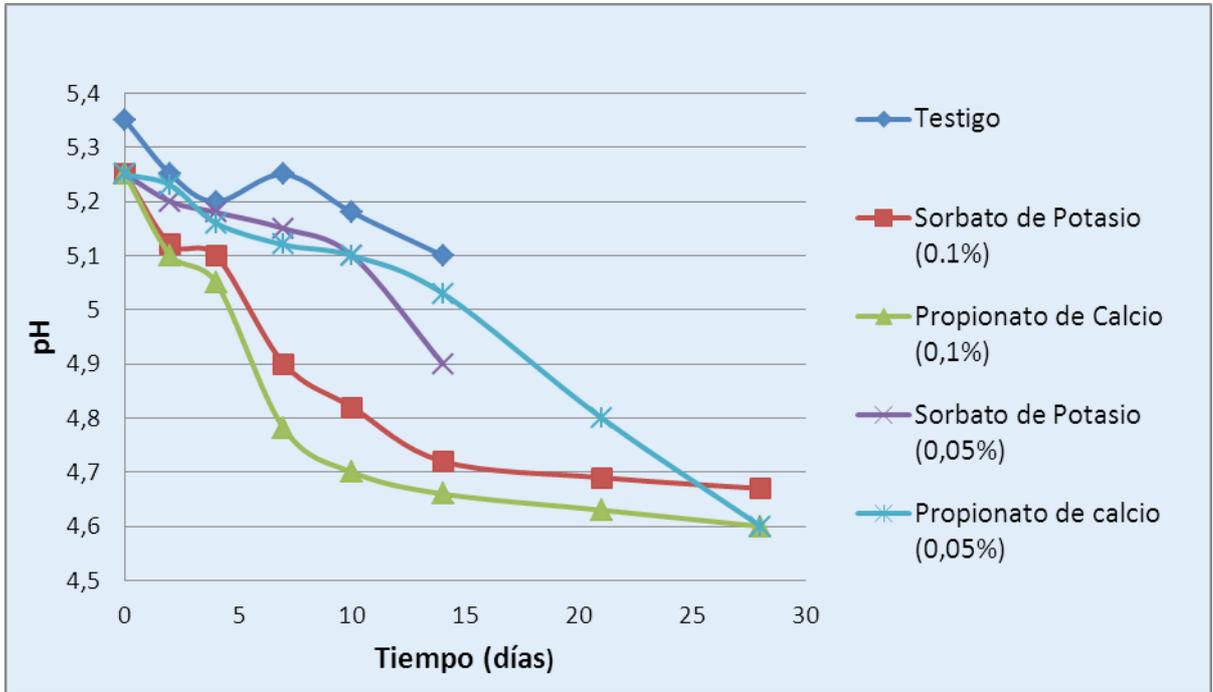
**Gráfico B.1. Recuento total de bacterias mesófilas (UFC/g) en pan precocido almacenado en refrigeración.**



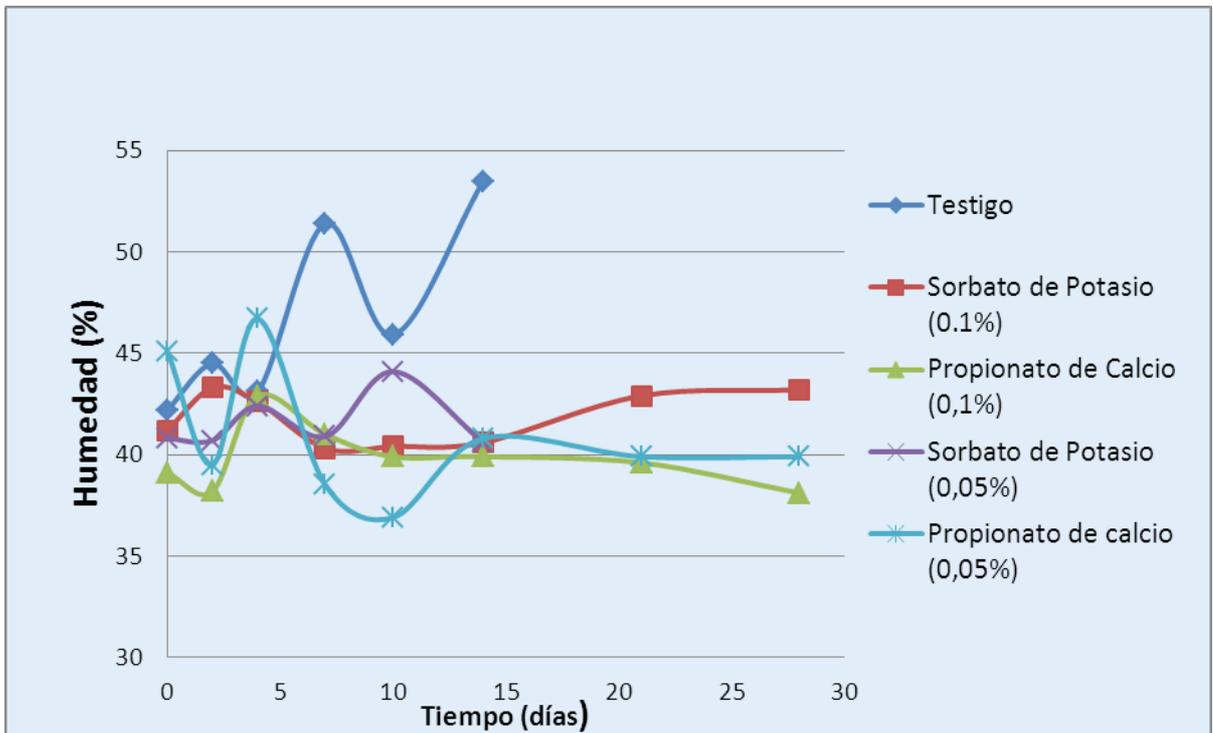
**Gráfico B.2. Recuento total de mohos y levaduras (UFC/g) en pan precocido almacenado en refrigeración.**



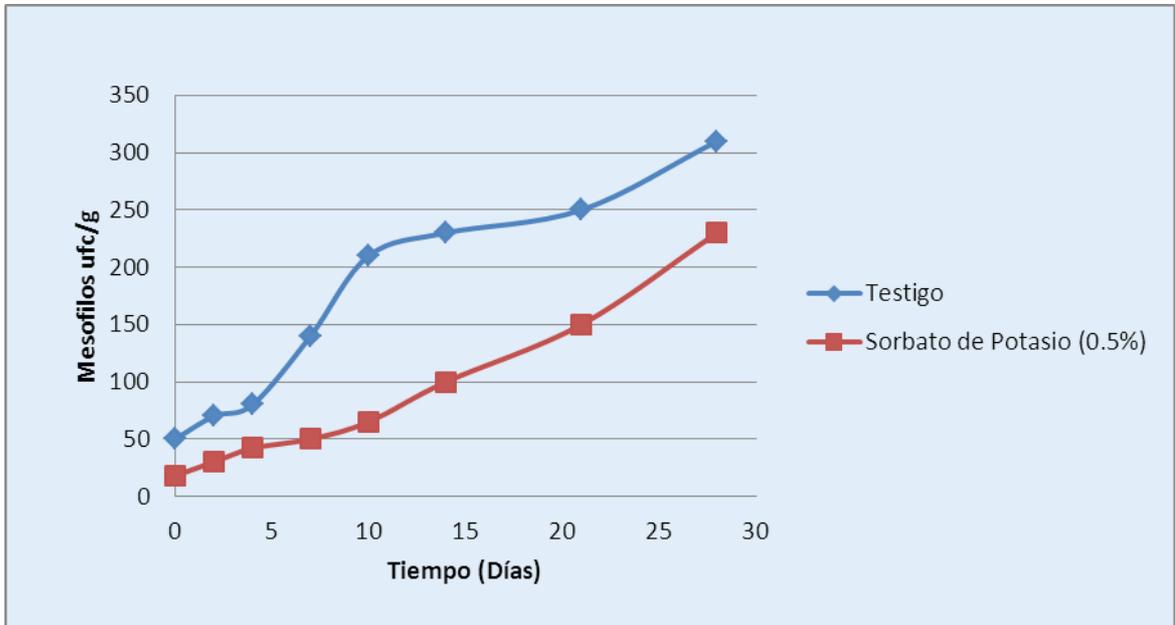
**Gráfico B3. Variación del pH en las pruebas experimentales de pan precocido almacenado en refrigeración.**



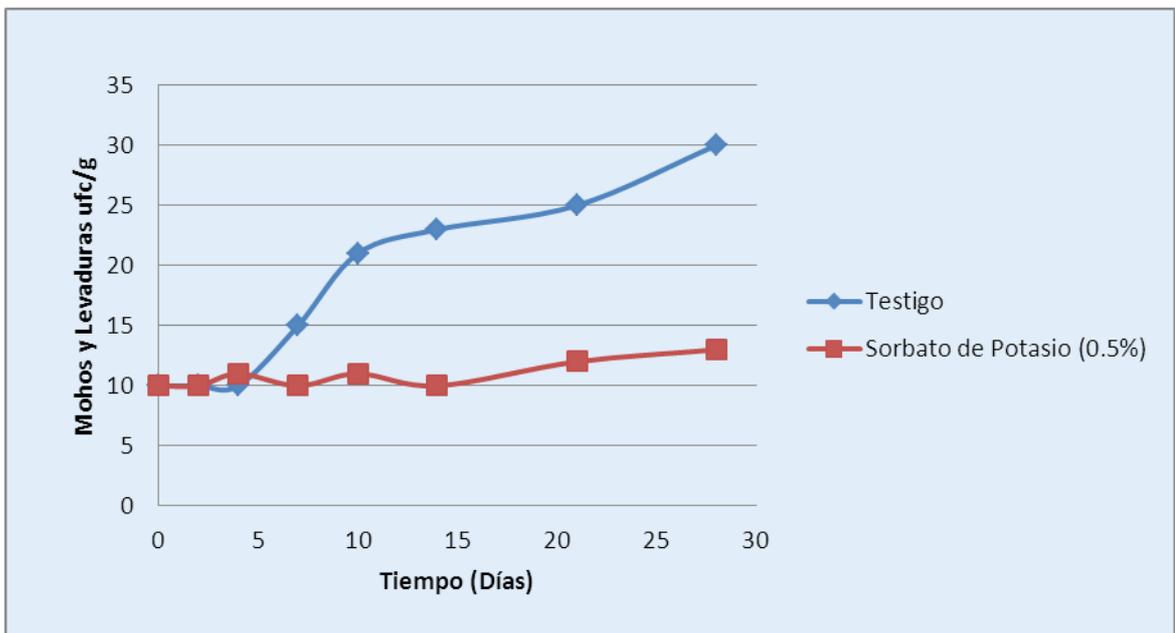
**Grafico B.4. Variación de la Humedad en las pruebas experimentales de pan precocido almacenado en refrigeración.**



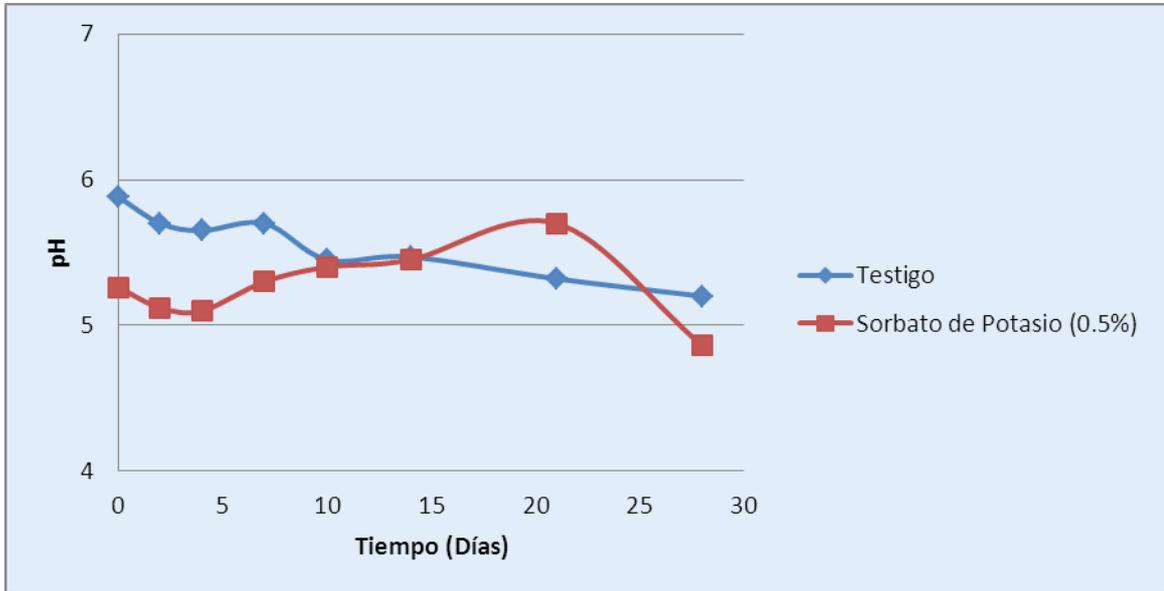
**Gráfico B.5. Recuento total de bacterias mesófilas (UFC/g) en pan precocido terminado de hornear.**



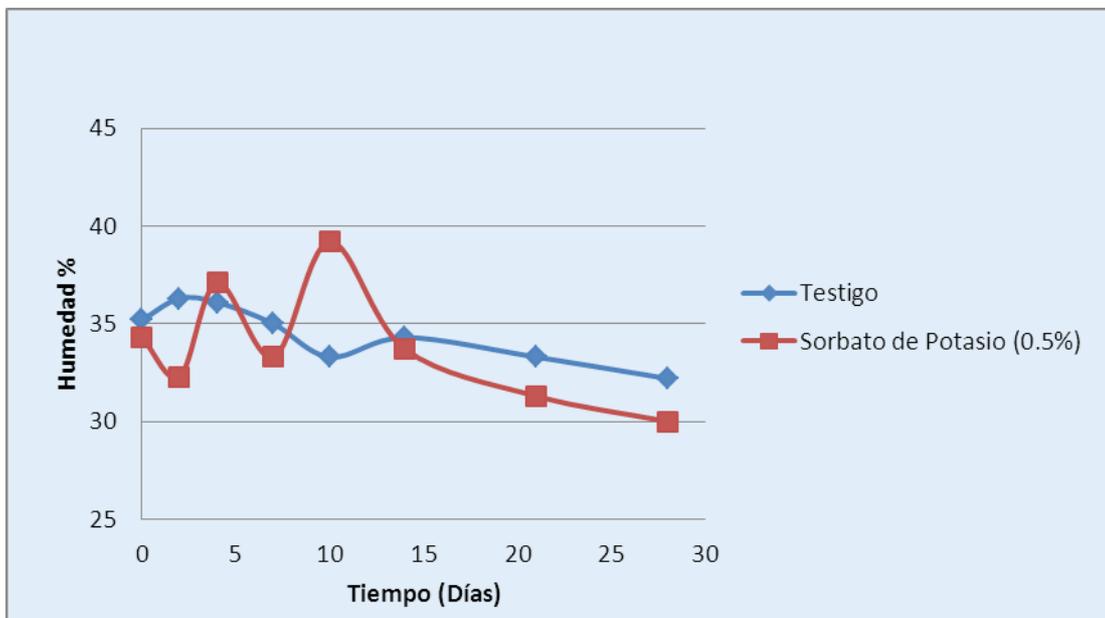
**Gráfico B.6. Recuento total de mohos y levaduras (UFC/g) en pan precocido terminado de hornear.**



**Gráfico B.7. Variación del pH en las pruebas experimentales de pan precocido terminado de hornear.**



**Gráfico B.9. Variación de la Humedad en las pruebas experimentales de pan precocido terminado de hornear.**



**Gráfico B. 10. Promedio de los análisis sensoriales de los tratamientos del pan precocido terminado de hornear.**

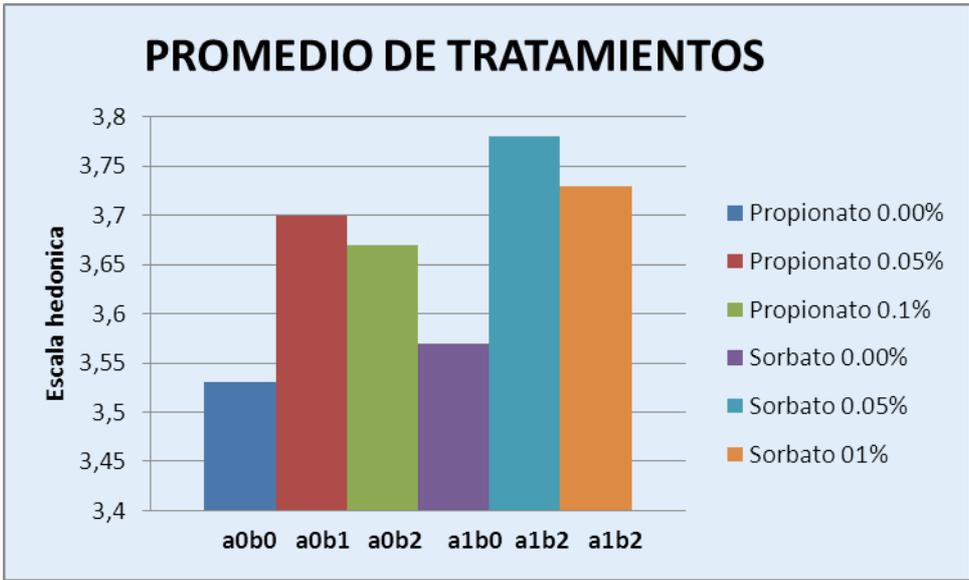
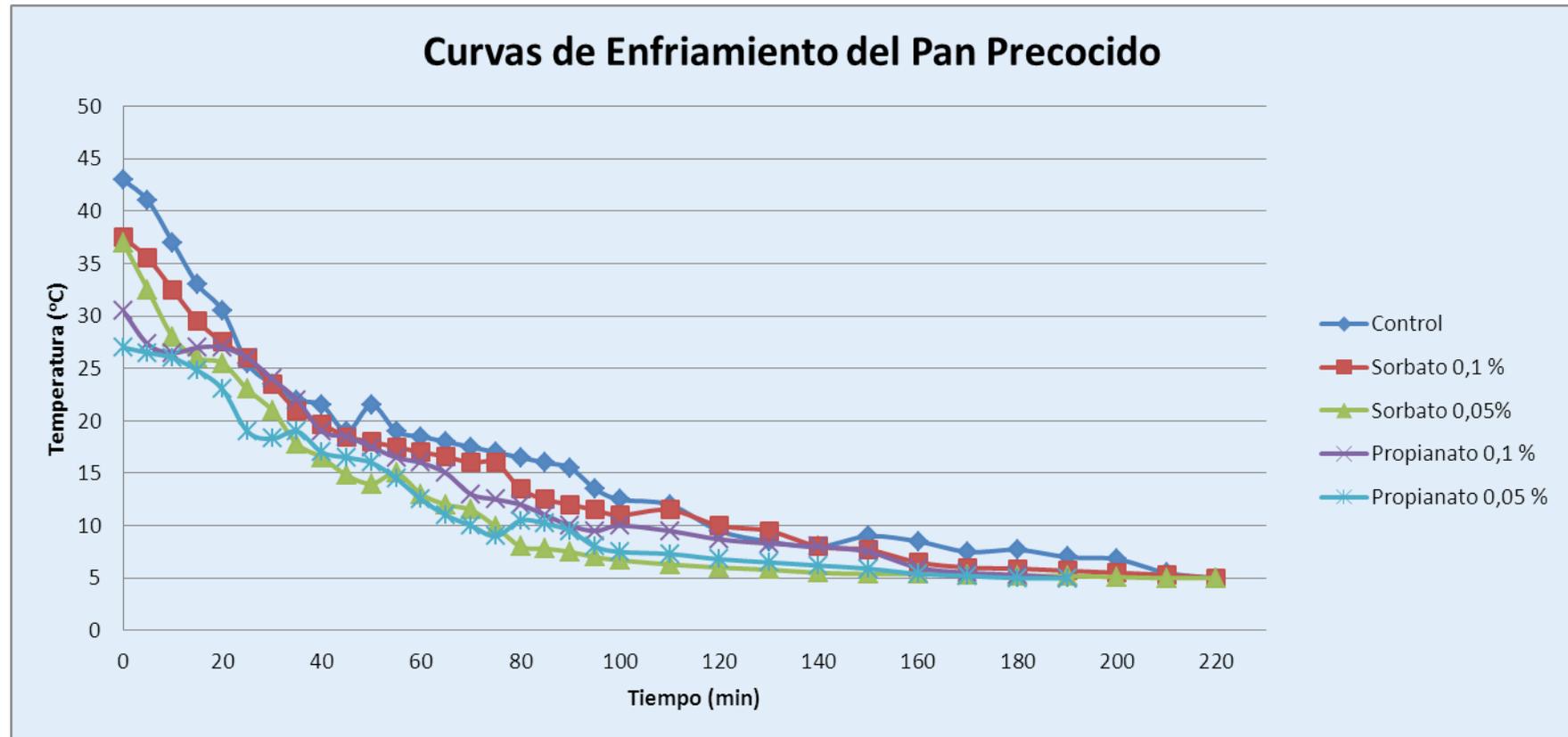
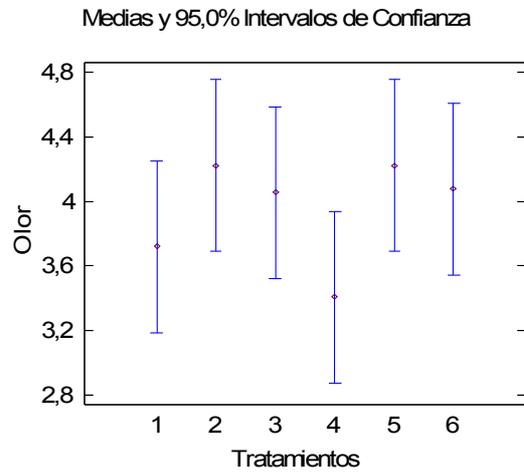


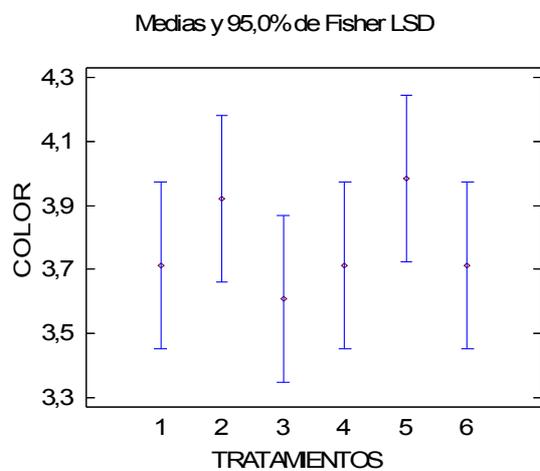
Gráfico B 11. Curvas de enfriamiento del pan precocido



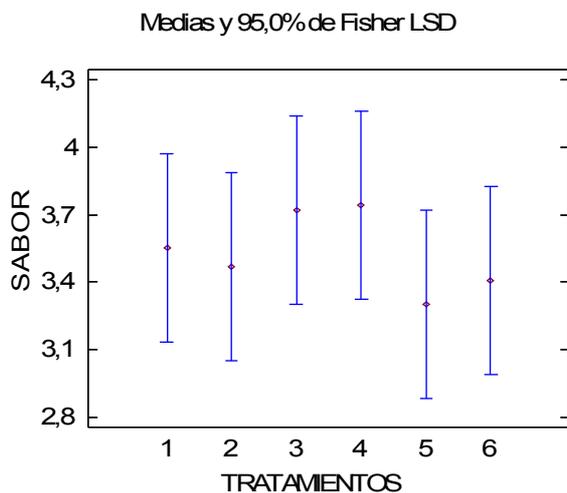
**Gráfico B.12. Característica organoléptica: Olor.**



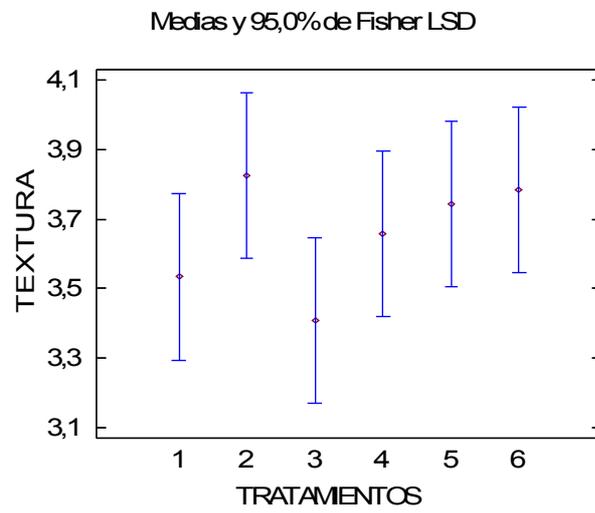
**Gráfico B.12. Característica organoléptica:Color.**



**Gráfico B.13. Característica organoléptica: Sabor**



**Gráfico B.13. Característica organoléptica:Textura.**



**Gráfico B.14. Característica organoléptica:Aceptabilidad**

Medias y 95,0% de Fisher LSD

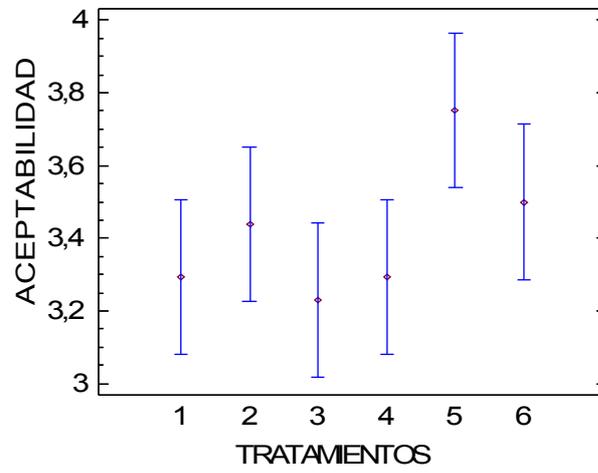


Gráfico B.15 Medias de crecimiento de mohos y levaduras vs tipo de antimicrobiano

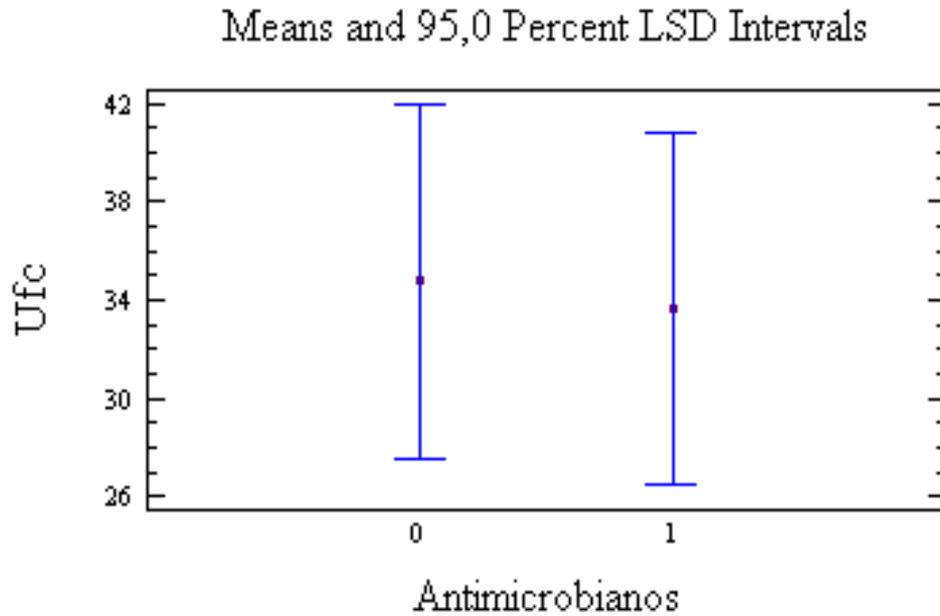
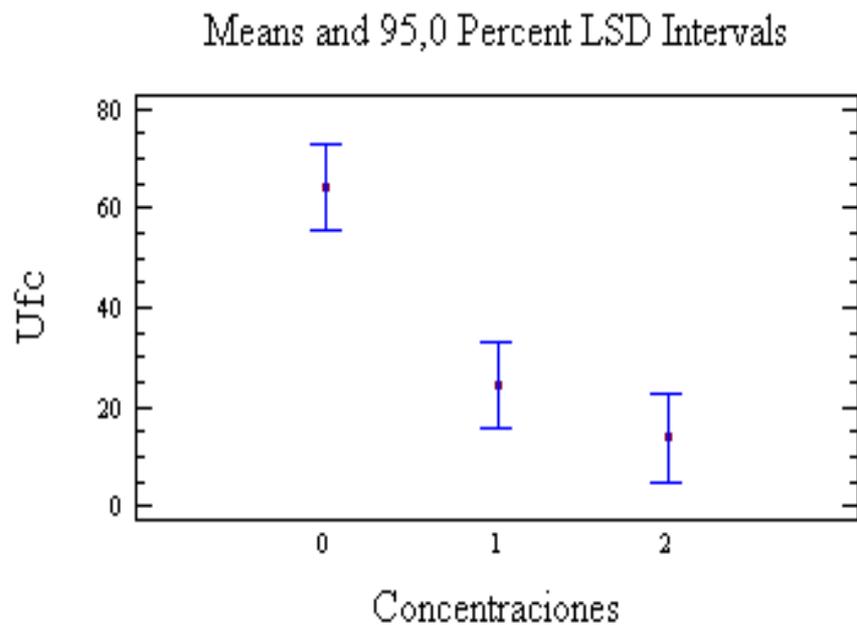
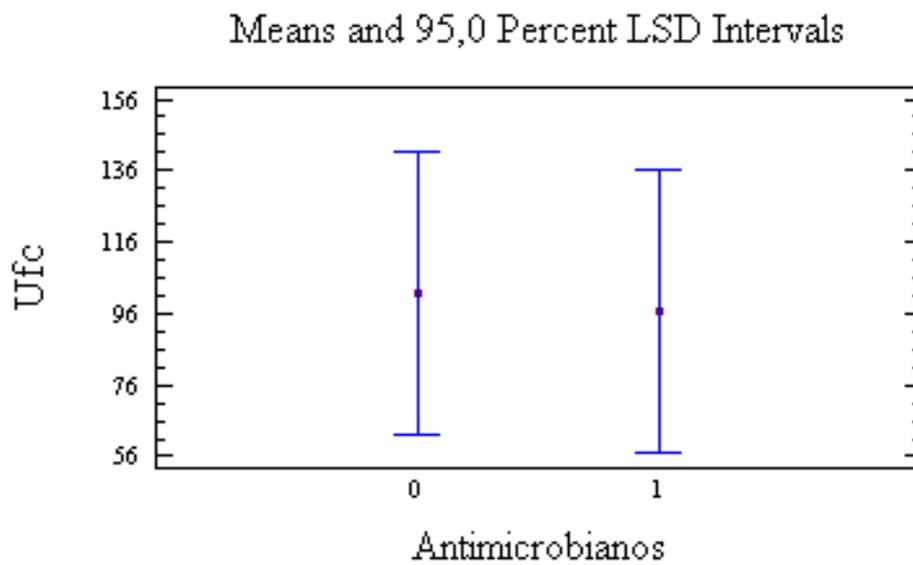


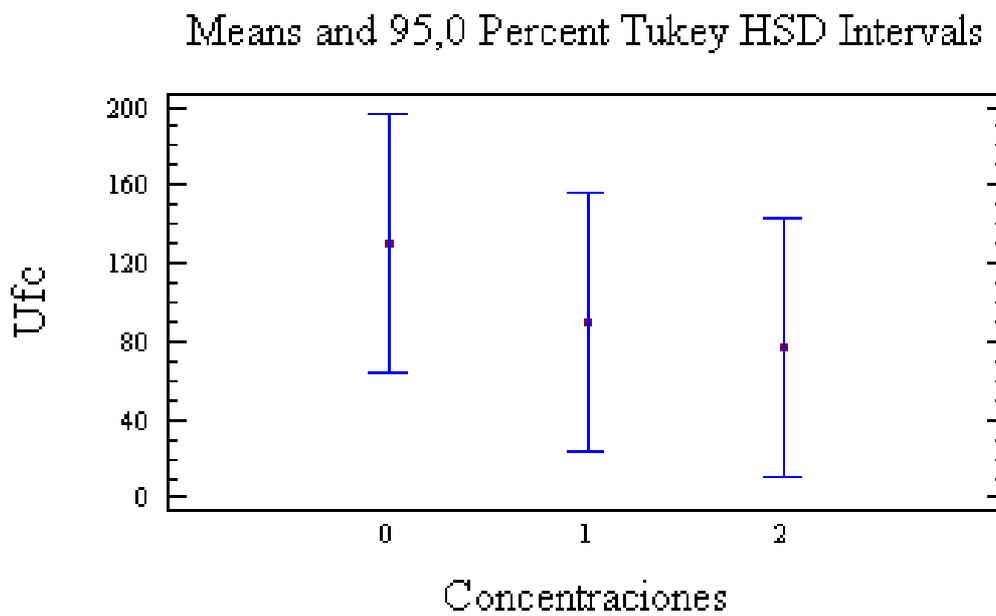
Gráfico B.16 Medias de crecimiento de mohos y levaduras vs concentración de antimicrobiano



**Grafico B.17 Medias de crecimiento de mesófilos vs tipo de antimicrobiano**



**Gráfico B.18 Medias de crecimiento de mesófilos vs concentración de antimicrobiano**



**ANEXO C**

**HOJA DE CATACIÓN**

**DIAGRAMA DE FLUJO**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

FECHA: \_\_\_\_\_

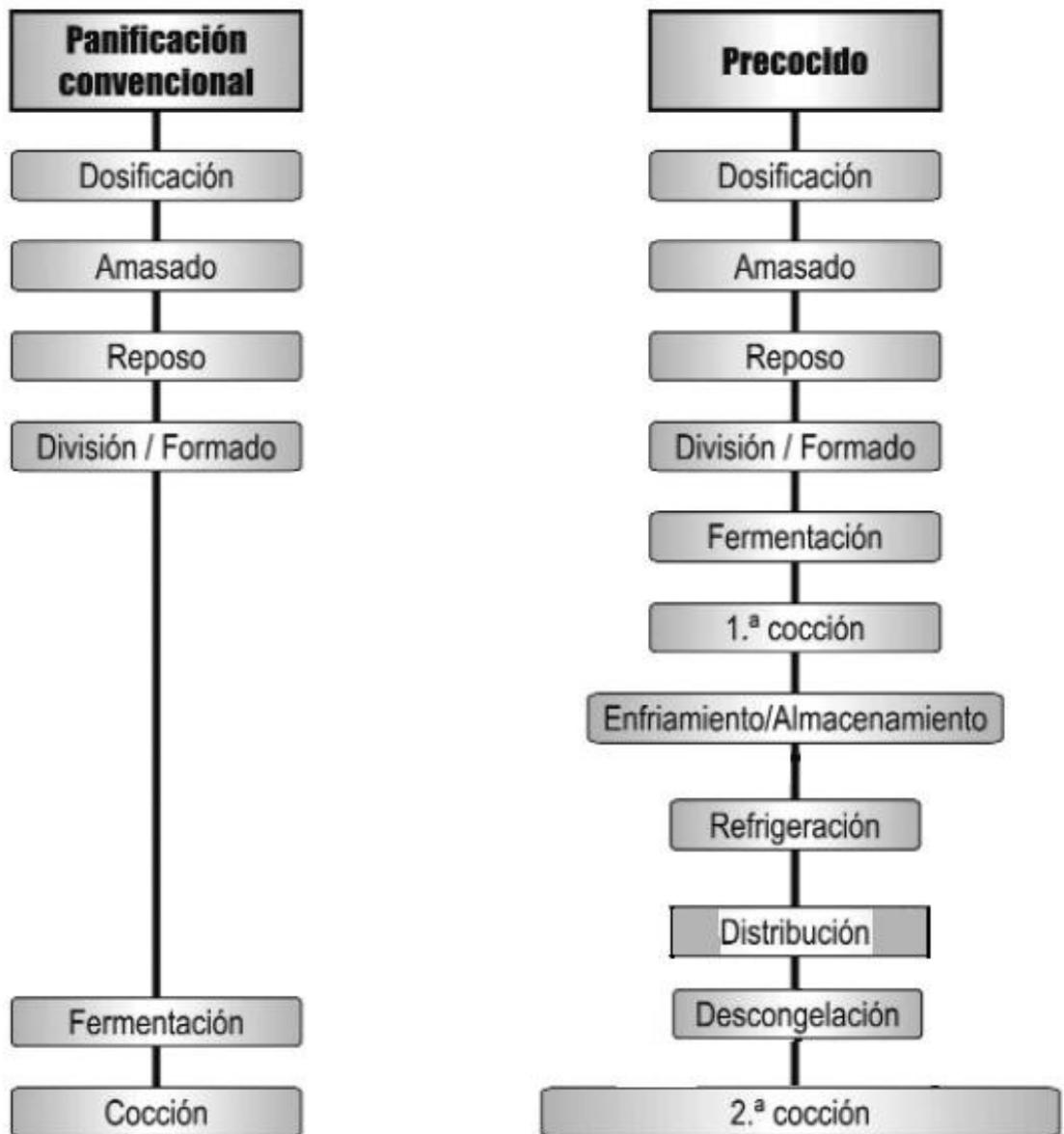
INSTRUCCIONES: Sírvase evaluar cada una de las siguientes muestras, de pan para cada una de las características marcando con una (x).

Características	Alternativas	Muestra N°					
Olor	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						
Color	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						
Sabor	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						
Textura	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						
Aceptabilidad	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						

Elaborado por: Javier Balarezo

Comentarios: \_\_\_\_\_

Gráfico C.2. Proceso de panificación de pan precocido comparado con el proceso convencional.



**ANEXO D**  
**FOTOGRAFÍAS**

## D.1.ETAPA DE PROCESO



**PESADO**



**AMASADO MANUAL**



**AMASADO MECÁNICO**



**REPOSO**



## FERMENTACIÓN



## FORMADO



## PRIMERA COCCIÓN



## PAN PRECOCIDO

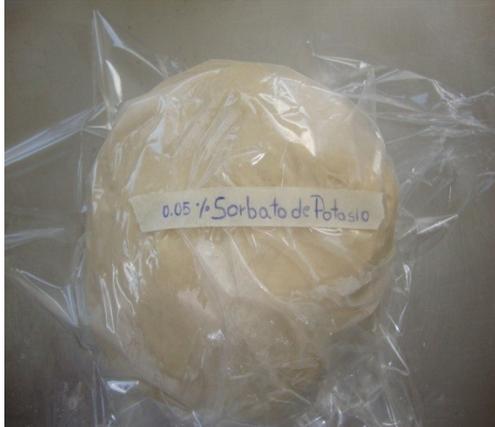


## EMPAQUETADO



## REFRIGERACIÓN

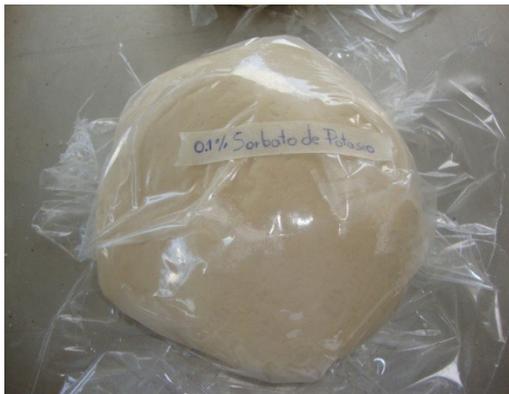
## D.2. TRATAMIENTOS



**SORBATO DE POTASIO 0.05%**



**PROPIONATO DE CALCIO 0.05%**



**SORBATO DE POTASIO 0.1%**



**PROPIONATO DE CALCIO 0.1%**

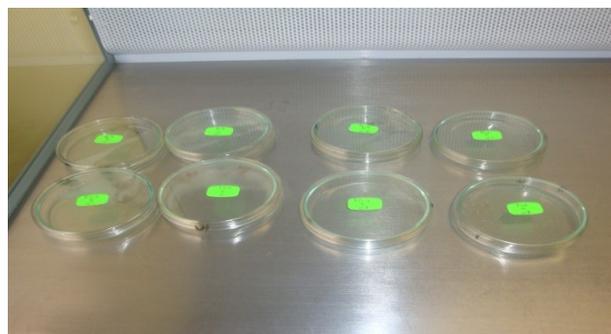


**TESTIGO**

### D.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



### PREPARACIÓN (cámara de flujo laminar)



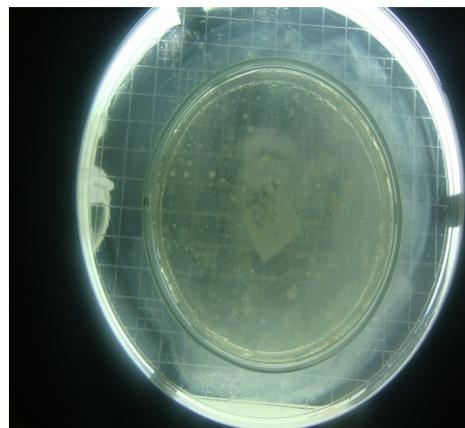
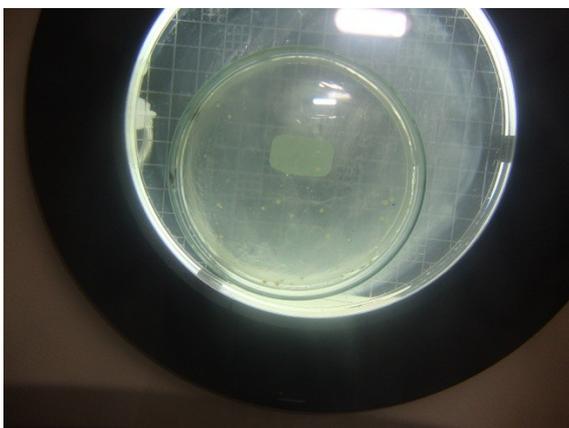
### SIEMBRA



## INCUBACIÓN



## CONTEO



## MESÓFILOS

## MOHOS Y LEVADURAS

#### D.4. Análisis Físico Químicos y Sensorial.



**HUMEDAD**



**pH**



**ANÁLISIS SENSORIAL**

# **ANEXO E**

## **HOJAS TÉCNICAS**

**PROPIONATO DE CALCIO****FOOD CHEMICALS CODEX****FÓRMULA** $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}$ **CAS**

[ 4075 - 81 - 4 ]

**INS:**

282

**NOMENCLATURA**

Sal cálcica del ácido propiónico

**GRADO**

Food Chemicals Codex (FCC 6)

**PESO MOLECULAR**

186.22 g / mol

**DESCRIPCIÓN**

Polvo blanco fino, posee un leve olor a ácido propiónico

**COMPOSICIÓN**

<i>Pureza (Base anhidra)</i>	98.0 % - 100.5 %
<i>Fluoruros</i>	0.003 % Máx.
<i>Plomo (Pb)</i>	2 ppm Máx.
<i>Sustancias Insolubles</i>	0.2 % Máx.
<i>Magnesio (MgO)</i>	0.4 % Máx.
<i>Agua</i>	5.0 % Máx.

**PROPIEDADES**

Fecha de vencimiento: 18 meses a partir de la fecha de fabricación, siempre y cuando el producto sea almacenado en condiciones óptimas y según la información técnica del mismo

Producto no alérgeno

Producto no GMO

Solubilidad: Un gramo disuelve en aproximadamente tres mililitros de agua

pH (Solución acuosa al 10%): 7.5 - 10.5

**EMPAQUE**

Saco de polipropileno laminado con bolsa interior de polietileno, capacidad 25 Kg. neto.

**APLICACIONES**

Preservante (conservante) e inhibidor de mohos y otros microorganismos en alimentos.

**ALMACENAMIENTO**

Guardar en lugar seco, a temperatura ambiente, cerrado el empaque y lejos de productos ácidos.

**MANEJO DEL PRODUCTO**

Evite el excesivo contacto del producto concentrado con la piel.

Para retirar el producto del empaque use mascarilla para polvos finos.

**OBSERVACIONES**

HRA UNIQUMICA SA no se hace responsable por manejos diferentes, almacenamiento o manipulación del producto, fuera de las recomendaciones.

## SORBATO DE POTASIO

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Característica	Especificación
Aspecto	Polvo granulado color crema; libre de olores y sabores extraños
Título (sobre base seca)	mín. 98 % P/P
Pérdida por desecación	máx. 1 %
Arsénico	máx. 3 ppm
Metales Pesados (como Plomo)	10 ppm máx.
Cloruros	máx. 1000 ppm
Sulfatos	máx. 1000 ppm
Mercurio	máx. 1 ppm
Formaldehído	máx. 0.1 %

### PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto:	Granos blancos.
Olor:	Inodoro.
pH:	8,3
Punto de fusión:	270 °C
Densidad (20/4):	1,36
Solubilidad:	582 gr/l en agua a 20 °C

Para información más completa sobre precauciones de seguridad en la manipulación y utilización del azufre, sugerimos consultar la respectiva hoja de seguridad.

