

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE BROMATO DE POTASIO
EN PAN FRANCÉS DISTRIBUIDO EN PANADERÍAS DEL CENTRO DE
LA CIUDAD DE GUATEMALA**

INFORME DE TESIS

PRESENTADO POR
Jorge Alberto Estrada Agustín

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
Químico Farmacéutico

Guatemala, agosto de 2011

JUNTA DIRECTIVA

<i>Oscar Cóbar Pinto, Ph. D.</i>	<i>Decano</i>
<i>Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.</i>	<i>Secretario</i>
<i>Licda. Liliana Vides de Urizar</i>	<i>Vocal I</i>
<i>Dr. Sergio Melgar Valladares</i>	<i>Vocal II</i>
<i>Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli</i>	<i>Vocal III</i>
<i>Br. José Roy Morales Coronado</i>	<i>Vocal IV</i>
<i>Br. Cecilia Liska de León</i>	<i>Vocal V</i>

DEDICATORIAS

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme permitido lograr esta meta, además de su infinita bondad y amor.

A mis Abuelos.

Por sus consejos, su sabiduría, por el amor y apoyo incondicional en mi vida, pero principalmente por incluirme en sus oraciones porque estoy seguro que siempre lo hacen.

A mis Padres.

Por su esfuerzo para brindarme la mejor educación y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, su paciencia y sus regaños y principalmente por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis Hermanos.

Por compartir sus vidas y formar parte de la mía, por su apoyo, gracias por estar en otro momento tan importante de mi vida.

A mi Esposa.

Por permitirme formar parte de su vida, por su amor, por ser la mujer con los mejores sentimientos que he conocido, gracias por apoyarme, por creer en mí y motivarme a hacer las cosas de la mejor manera.

Especialmente a mi Hija.

Por ser lo mejor que me ha pasado, la persona más importante en mi vida, mi motivación para el presente y el futuro.

A mis amigos.

Por estar siempre en las buenas y en las malas, por compartir buenos recuerdos y por su confianza.

...Con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los involucrados en el desarrollo de este trabajo de tesis, especialmente

a mi asesora: Licda. Julia Amparo García Bolaños

a mi revisora: Licda. Aylin Santizo

por sus valiosos aportes, consejos y motivación para culminar este trabajo.

Al Laboratorio Nacional de Salud, por abrirme sus puertas para el aprendizaje de las bases de la técnica analítica, especialmente a la Licda. Indira Marroquín.

A mis compañeros de trabajo y mis jefes en Industrias Bioquímicas y Grupo Unipharm, por confiar en mí y brindarme el tiempo para poder culminar mi trabajo de graduación. Especialmente al Ing. Jonathan Ríos, por su aporte en la parte experimental de éste trabajo.

*A la **Universidad de San Carlos de Guatemala** y en especial a la **Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia** por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y de gente productiva para el país.*

ÍNDICE

	Pág.
1. RESUMEN... ..	1
2. INTRODUCCIÓN... ..	2
3. ANTECEDENTES	
a. Generalidades... ..	4
b. Procesos de Panificación... ..	14
c. Aditivos... ..	18
d. Bromatos... ..	23
e. Situación en Guatemala... ..	29
4. JUSTIFICACIÓN... ..	31
5. OBJETIVOS... ..	32
6. HIPÓTESIS... ..	33
7. MATERIALES Y MÉTODOS... ..	34
8. RESULTADOS... ..	44
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
10. CONCLUSIONES	57
11. RECOMENDACIONES	58
12. REFERENCIAS... ..	59
13. ANEXOS... ..	63

1. RESUMEN

El presente trabajo de tesis fue realizado con el propósito principal de determinar el contenido de bromato de potasio residual en el producto final del proceso de elaboración de pan tipo francés, el cual es de consumo masivo dentro de la población guatemalteca.

La investigación se inició con una amplia revisión bibliográfica sobre el proceso de fabricación del pan, sus componentes y principales aditivos. Para determinar de forma oficial las panificadoras que conformarían el universo de trabajo se recurrió al listado de panificadoras reconocidas por el Departamento de Vigilancia y Control de Alimentos, del MSPAS, y por el Departamento de Saneamiento Ambiental para dicha zona metropolitana.

Se analizaron 19 muestras de pan francés, cada una proveniente de diferentes panificadoras ubicadas en el centro de la ciudad capital, tomadas al azar y en cantidades suficientes para hacer los análisis por duplicado.

Los resultados obtenidos indicaron que el 17.64 % de las panificadoras guatemaltecas involucradas en este estudio, elaboran pan tipo francés que no cumple con los límites establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.15:07 para el uso de Bromato de Potasio.

2. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, son muchos los aditivos alimentarios o sustancias contaminantes de los alimentos que se sospechan son agentes cancerígenos (FAO/OMS, 1973). Una sustancia cancerígena contenida en los alimentos puede ser ingerida por individuos de todas las edades quizás diariamente a lo largo de toda la vida con pocas probabilidades de que se identifique su relación con la carcinogénesis.

El Bromato de Potasio, centro de atención de esta investigación, es utilizado como un agente oxidante, que actúa sobre el gluten (proteína del trigo) y permite elaborar pan más grande y blanco, pero de menor peso; debido a esa característica, los panaderos lo habían empleado en toda su línea de productos hasta que, tanto la Organización Mundial de la Salud como la FAO declararon a ese aditivo mineral como "genotóxico carcinogénico" asociado al cáncer, por lo que en pocos años ha recibido una gran atención por parte de las autoridades en seguridad alimentaria (Prada, D. Piola, C. 2001).

Con el creciente mercado de panificadoras y la introducción de agentes de panificación, se hace cada vez más complicado para las autoridades velar por la calidad de los productos de panificación que se elaboran en nuestro país.

El presente trabajo pretendía identificar y cuantificar esta sustancia por el método de la AOAC 14.042, bajo las normas establecidas para Guatemala por el Ministerio de Economía y por COGUANOR a través del reglamento técnico Centroamericano RTCA

67.01.15:07, el cual ha dictaminado el límite máximo de esta sustancia como aditivo en 35mg/Kg de harina. La investigación se sustenta en la toma de muestras de pan tipo francés expendido en panificadoras del centro de la ciudad de Guatemala, a las cuales tras su debido tratamiento se les determinará la cantidad de Bromato residual, y de ésta forma se podrá hacer inferencias con respecto al uso de éste aditivo en particular.

Los conceptos que aquí se presentan son una interpretación personal de los fenómenos observados, que no tienen otro objeto que contribuir al mejoramiento de la calidad de la alimentación de la población, ya que de esto depende grandemente la salud a futuro de la misma.

3. ANTECEDENTES

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 Harinas

La Harina es el producto que resulta de la molturación o molienda del trigo. Cuando se habla de harina sin ninguna especificación, se debe entender siempre que es harina de trigo; en caso contrario se especificará si es harina de arroz, de maíz, etc. (Sadurni, C. Castells, A. 1997).

3.1.2.1 Clasificación de las Harinas

En principio y como primera clasificación las harinas se dividen en dos grupos. Uno comprende únicamente las obtenidas a partir del endospermo y el otro, las que se obtienen de la molturación total del grano de trigo, incluyendo germen, endospermo y las capas externas de la piel (Sadurni, C. Castells, A. 1997).

a) Con referencia a su uso, las harinas de trigo se clasifican en panificables y para otros usos industriales (Charley, H. 2006).

b) De acuerdo a su valor comercial la harina se clasifica en:

- o *Harina Fuerza*: Es la harina que tiene un elevado contenido- o, mejor dicho, potencial- en gluten, hecho que facilita que la masa pueda fermentar y retener el gas generado.
- o *Harina Floja*: Al contrario de la anterior no es la más indicada para elaborar masas fermentadas, si se elabora pan con esta harina presenta el problema de la fermentación, que no es tan perfecta como en el caso anterior, no esponja tanto la masa y, por tanto, hace que quede más apelmazado, además de secarse rápidamente.
- o *Harina Acondicionada y enriquecida*: Es el tipo de harina que resulta de la adición de ciertos productos (aditivos) con objeto de mejorar el nivel de plasticidad de la masa obtenida y sus características organolépticas (de sabor, aroma y color) y reducir el tiempo de fermentación. En el caso de las harinas enriquecidas, únicamente se aumenta el número de nutrientes (por ejemplo, las proteínas). Para la elaboración de productos de panificación, las harinas acondicionadas deben mezclarse con la panificable en la proporción indicada por el fabricante (Charley, H. 2006).

c) De acuerdo a la variedad de trigos utilizados, la harina fortificada se clasifica en:

- o *Harina tipo A:* es la harina obtenida de las variedades de trigo fuerte (duro), que tiene alto contenido de proteínas y gluten.
 - o *Harina tipo B:* es la harina obtenida de una mezcla de trigos fuertes con suaves.
 - o *Harina tipo C:* es la harina obtenida de las variedades de trigos suaves.
 - o *Harina tipo D:* es la harina obtenida de las variedades de trigos suaves la cual ha sido tratado con un agente modificador de gluten (RTCA. 2009).
- d) Otra clasificación comercialmente aceptada de acuerdo al uso de harinas es, la clasificación por "Ceros":
- o *cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000).* La harina 000 se utiliza siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado^a sin que las piezas pierdan su forma. La 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma. Por ese motivo sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería, en batido de tortas, hojaldres, etc. (Bennion, E. 1967).

^a Leudado: acción de la levadura natural o de otros agentes, que hacen que se formen burbujas de gas (dióxido de carbono) que hinchan la masa y hacen que "suba".

3.1.2 Obtención de Harina de Trigo

Los pasos que se siguen para obtener la harina son:

- a) Limpieza preliminar de los granos, mediante corrientes de aire que separan el polvo, la paja y los granos vacíos.
- b) Escogido de los granos, mediante cilindros cribados que separan los granos por su tamaño y forma.
- c) Despuntado y descascarillado, en esta fase se eliminan el embrión y las cubiertas del grano.
- d) Cepillado de la superficie de los granos, para que queden totalmente limpios.
- e) Molturación, finalmente se pasa a la molienda por medio de unos rodillos metálicos de superficie ásperas o lisas, que van triturando el grano y obteniendo la harina.
- f) Refinado, una vez obtenida la harina pasa a través de una serie de tamices que van separando las diferentes calidades de la harina.

Después de la recolección y la trilla^b que separa la paja del grano de trigo, éste habitualmente se lava y se empapa con agua de modo que su núcleo se rompa adecuadamente.

A continuación en la operación de la molienda, se desmenuza el grano y se hace pasar a través de un conjunto de cilindros apisonadores. Cuando las partículas de menor tamaño han sido cribadas, se

^b Trilla: Se denomina trilla a la operación que se hace con los cereales, tras la siega o cosecha, para separar el grano de la paja.

introducen las más gruesas a través de nuevos rodillos. La operación se repite hasta conseguir una harina blanca que posee un índice de aprovechamiento medio del 72% respecto de la cantidad inicial de grano. Cuando el porcentaje global extraído supera esta cifra, se obtienen las denominadas harinas integrales y oscuras, que contienen la cáscara del grano además de su meollo^c. La harina blanca soporta mejor largas temporadas de almacenamiento en silos, al no poseer un alto contenido en aceites vegetales (Charley, H. 2006).

3.1.3 Pan

El pan es un alimento básico que forma parte de la dieta tradicional en Europa, Oriente Medio, India y América. Se suele preparar mediante el horneado de una masa elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua. La mezcla en algunas ocasiones suele contener levaduras para que fermente la masa y sea más esponjosa y tierna. El cereal más utilizado para la elaboración del pan es la harina de trigo, también se utiliza el centeno, la cebada, el maíz, el arroz. Existen muchos tipos de pan que pueden contener otros ingredientes, como grasas de diferentes tipos (tocino, mantequilla, aceite de oliva), huevos, azúcar, especias, frutas, frutas secas (como por ejemplo pasas), verduras (como cebollas), frutos secos o semillas diversas (Bennion, E. 1967).

^c Meollo: Parte esencial del grano, compuesto de masa de tejido que se encuentra en el interior.

Dentro de la industria panadera, se debe distinguir particularmente a la empresa de panadería y pastelería como aquella que se dedica a la elaboración de panes y pasteles, u otros preparados de confitería, repostería, heladería, etc. Las empresas de panadería y pastelería se clasifican en artesanales o tradicionales y en industriales; haciendo diferencia únicamente en el método de trabajo, precios ofrecidos, plantilla de personal y calidad de las elaboraciones (Sadurni, C. Castells, A. 1997).

3.1.4 Composición del Pan

Los ingredientes básicos, y necesarios para la elaboración del pan son sólo dos: harina y agua. La sal es un componente opcional que se emplea para dar sabor y fortalecer la masa. Según el tipo de pan que se trate se puede incluir como cuarto ingrediente la levadura (INTECAP, 2005).

- a) Harina: La harina es el principal ingrediente del pan. Dependiendo del uso final que se quiera dar a la harina: pastas, panadería, repostería, se suele moler con mayor o menor intensidad hasta lograr un polvo de una fineza extrema.

Para comprender el proceso de panificación conviene entender la harina como un conjunto de dos substancias:

- o *Gluten* - Corresponden al conjunto de proteínas insolubles en agua procedentes de los cereales molidos, son las responsables de proporcionar a la masa un aspecto compacto similar al del chicle. El gluten es también el responsable de atrapar el dióxido de carbono liberado durante la fermentación y provocar el crecimiento de la masa.
 - o *Almidón* - El almidón representa aproximadamente el 70% de peso de la harina y posee como funcionalidad la energía que necesitará la futura planta para poder crecer. Los almidones cumplen la misión de repartir la humedad de forma homogénea durante el amasado y de proporcionar una estructura semisólida a la masa.
- b) Agua: El agua tiene como misión activar las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable. Posee además la capacidad disolvente acuoso de las sustancias añadidas a la masa, siendo además necesaria para la marcha de la fermentación. La composición química del agua empleada afecta a las cualidades del pan. El agua puede representar desde un cincuenta por ciento en panes ligeros, hasta un setenta por ciento en panes más artesanos.
- c) Sal: La sal es un ingrediente opcional en algunos panes, la misión de la sal es por una parte la de

reforzar los sabores y aromas del propio pan, y por otra parte afectar a la textura final de la masa (pueden alcanzar hasta un 2% del peso total de la harina).

- d) Levadura: La levadura es un conjunto de microorganismos unicelulares que tienen por objeto alimentarse del almidón y de los azúcares existentes en la harina. El gas liberado hace que la masa del pan se hinche, aumentando de volumen. El alcohol etílico se evapora durante el horneado del pan, debido a las temperaturas alcanzadas en su interior. La cantidad de levadura que emplea el panadero puede variar dependiendo del tipo de masa que se quiera elaborar y puede oscilar entre el 0.5 - 4% del peso de la harina.
- e) Se suelen añadir otros ingredientes a los anteriormente mencionados (ingredientes primarios) bien con el objeto de mejorar la fermentación, tal es el caso del azúcar, hacerlo más nutritivo, darle distintos sabores, etc., o bien con el objeto de mejorar el sabor, para eso se añaden especias diversas. Estos se conocen como *ingredientes secundarios o enriquecedores* (Bennion, E. 1967) (INTECAP, 2005).

3.1.5 Calidad del Pan

Cuando se habla de calidad en el pan, se habla en realidad de distintos conceptos de calidad, sin que exista un consenso sobre esta materia. Para hablar de calidad se debe definir primero qué se entiende en panificación por este término. Calidad es ahora el conjunto de propiedades o características que confieren al producto aptitud para satisfacer necesidades expresas o implícitas. Además de atributos nutricionales, sanitarios y sensoriales, cobran mayor peso aquellos vinculados con la protección de las expectativas del consumidor (Madrid, A. 1989).

Las harinas son la materia prima básica para productos panificados muy diferentes. Según las recetas, la harina debe interactuar con cantidades muy diversas de otros ingredientes como agua, grasa, azúcar, etc.; Para mantenerse apegado a las exigencias de calidad que el consumidor requiere (Brandt, K. et. al. 2005) (Morris, J. 2006).

Las características de la harina varían con cada cosecha. La calidad depende de las condiciones de cultivo, lluvias, temperaturas, presencia de plagas, fertilización o riego. La calidad del trigo cosechado puede además perjudicarse en las etapas posteriores del acondicionamiento (secado) y la conservación, toda vez que las condiciones fueran desfavorables, con o sin la presencia de plagas. Altas temperaturas y humedades

elevadas, aceleran los procesos vitales, alterando algunos componentes del grano.

El producto final del proceso de panificación debe presentar un buen volumen, que es posible gracias a una buena capacidad para producir gas, adecuada estabilidad de la masa, buen "salto de horno", y buena capacidad para la retención de gases.

Naturalmente el gusto y aroma deben ser agradables al consumidor.

Como se sabe, el tiempo de fermentación tiene influencia sobre el aroma, pero también sobre el volumen del panificado. Tiempos de fermentación prolongados producen un agradable gusto y buen aroma, pero al mismo tiempo reducen la estabilidad de la masa.

El pan debe presentar una miga suave y blanda, y corteza crocante. Además, estas características deben mantenerse durante el almacenamiento. La retrogradación del almidón, es la causa del envejecimiento y endurecimiento del pan; para atenuar estos inconvenientes es necesario modificar el almidón, teniendo cuidado de no producir una masa pegajosa o una miga demasiado rígida. Para obtener una buena miga y una corteza correcta, se debe lograr que parte del agua que se evapora de la superficie durante la cocción, quede retenida en la miga (Morris, J. 2006).

La calidad del pan depende entonces, principalmente, de los siguientes factores:

- a) La aptitud genética de la variedad que marca el potencial alcanzable.
- b) Las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo.
- c) Los recursos del suelo elegido para el cultivo.
- d) Los recursos tecnológicos aplicados para el cultivo.
- e) El manejo post-cosecha de la producción en el campo, el acopio y los elevadores terminales.
- f) El proceso industrial de transformación de harinas.
- g) El proceso industrial de transformación de pan (Brandt, K. et. al. 2005).

3.2 PROCESOS DE PANIFICACIÓN

La elaboración del pan es un conjunto de varios procesos en cadena. Comienza con los ingredientes en sus proporciones justas y las herramientas para su elaboración dispuestas para realizar las operaciones y acaba con el pan listo para ser servido. Dependiendo de los panaderos se añaden más o menos procesos a la elaboración, aunque básicamente hay cuatro:

- a) Mezcla de la harina con el agua (así como otros ingredientes), proceso de trabajar la masa.

- b) Reposo para hacer levar^d la masa (sólo si se incluyó levadura). A este proceso se le denomina a veces como leudado.
- c) Horneado en el que simplemente se somete durante un periodo de tiempo la masa a una fuente de calor para que se cocine.
- d) Enfriado. Tras el horneado se deja reposar el pan hasta que alcance la temperatura ambiente.

Cada paso del proceso permite tomar decisiones acerca de la textura y sabor final que se quiera dar al pan (INTECAP/OPERATIVO, 2005).

- o *Formación de la Masa:* La formación de la masa se compone de dos sub-procesos: la mezcla y el amasado. La masa comienza a formarse justo en el instante cuando se produce mezcla de la harina con el agua. Sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa así como su perfecta oxigenación.
- o *Fermentación y Reposo:* La fermentación del pan ocurre en diversas etapas. La denominada "fermentación primaria" empieza a ocurrir justamente tras el amasado y se suele dejar la masa en forma de bola metida en un recipiente para que repose a una temperatura adecuada. Durante este tiempo la masa suele adquirir mayor tamaño debido a que la levadura

^d Levar: es la reacción que produce el uso de levadura en la preparación de distintas masas, aumentando notablemente su volumen.

(si se ha incluido) libera dióxido de carbono (CO₂) durante su etapa de metabolismo. Los objetivos de la fermentación son la formación de CO₂, para que al ser retenido por la masa ésta se esponje, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina. En un sentido amplio la fermentación se produce durante todo el tiempo que transcurre desde que se han mezclado todos los ingredientes (amasado) hasta que la masa ya dentro del horno alcanza unos 50°C en su interior.

- o *Horneado*: El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y bioquímico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas. La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y tipo de pan. La temperatura oscila entre 220 a 275°C, la duración:

- a) 45-50 min pan de 2000g.
- b) 30-40 min pan de 900g.
- c) 20-30 min pan de 500g.
- d) 13-18 min pan más pequeño

El objetivo del horneado es cocer la masa, transformarla en un producto apetitoso y digerible. La temperatura adecuada para la cocción del pan es de 190 y 270 °C.

Cambios durante la cocción:

- a) Aumenta la actividad de la levadura y produce grandes cantidades de CO₂.
 - b) A una temperatura de 4°C, las células de las levaduras inactivan y cesan todo aumento de volumen.
 - c) A los 55°C la levadura muere.
 - d) Algunas de las células de almidón explotan convirtiéndose en jalea. Por acción de la diastasa, enzima que transforma el almidón en maltosa.
 - e) Al llegar a 77°C cesa la acción de la diastasa.
 - f) Entre los 50 y 80°C las proteínas del gluten se modifican.
 - g) Empieza la caramelización de la capa externa del pan desde los 110 a 120°C. A los 200°C el pan está cocido.
- o *Enfriamiento*: Una vez sacado el pan del horno hay que dejarlo enfriar hasta 35/40°C, durante este tiempo el pan tiene un resudado (pérdida de agua), comenzando su envejecimiento. Con el fin de limitar la pérdida de agua y el envejecimiento este tiempo de enfriamiento ha de ser limitado. No suele aconsejarse ingerir el pan cuando está recién salido del horno, el proceso de enfriamiento es igualmente un proceso de "maduración", este proceso es necesario incluso para aquellos panes que han necesitado de masas ácidas en su elaboración (INTECAP/OPERATIVO, 2005) (Rasmussen, J. 2000).

3.3 ADITIVOS

3.3.1 Aditivos Alimentarios

Según el Codex Alimentarius se entiende por Aditivo Alimentario "cualquier sustancia que normalmente no se consume como alimento ni se usa normalmente como un ingrediente característico del alimento, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencional al alimento con un fin tecnológico (incluso organoléptico) en la fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetamiento, transporte o conservación de ese alimento resulta, o es de prever que resulta (directa o indirectamente) en que él o sus derivados pasen a ser un componente de tales alimentos o afecten las características de éstos. El término no comprende los contaminantes ni las sustancias añadidas a los alimentos para mantener o mejorar las calidades nutricionales" (Brandt, K. et. al. 2005).

3.3.2 Justificación en el uso de Aditivos

En el campo alimentario, los aditivos se utilizan por varias razones:

- Economía.
- Conservación.
- Mejora.

En la determinación de los diversos ingredientes que forman el alimento se buscan aquéllos de menor costo,

siempre y cuando sea posible mantener la calidad deseada (Morris, J. 2006).

Ninguna sociedad altamente desarrollada podría existir actualmente sin usar aditivos en los alimentos. Los aditivos se hacen inmediatamente necesarios en los alimentos cuando las áreas de su producción están alejadas de las áreas en que se concentra la población, creando la necesidad de transportar o almacenarlos bajo condiciones que pueden conducir a su descomposición. Existe una amplia variedad de sustancias químicas que se añaden a los alimentos, no porque sean básicamente preservativas, sino por sus propiedades funcionales en relación con el color, sabor y textura de éstos. Otras más se incorporan como suplementos nutricionales y como propiciadores del procesamiento en la elaboración de los miles de productos que los consumidores exigen. No existe un atributo de calidad que los alimentos pueden poseer para el que no se haya desarrollado un aditivo químico seguro y útil (Norman, P. 1973).

3.3.3 Clasificación de los Aditivos

La clasificación general de los aditivos alimentarios puede ser:

- o Sustancias que impiden las alteraciones químicas y biológicas (antioxidantes, sinérgicos de antioxidantes y conservantes).
- o Sustancias estabilizadoras de la características físicas (emulgentes, espesantes, gelificantes,

antiespumantes, antiapelmazantes, antiaglutinantes, humectantes, reguladores de pH).

- o Sustancias correctoras de las cualidades plásticas. (mejoradores de la panificación, correctores de la vinificación, reguladores de la maduración).
- o Sustancias modificadoras de los caracteres organolépticos (colorantes, potenciadores del sabor, edulcorantes artificiales, aromas) (Madrid, A. 1989).

La clasificación de los aditivos según el Codex Alimentarius es la siguiente:

Lista A

- o A-1. Son aquellos aditivos de los que se posee una evaluación toxicológica satisfactoria.
- o A-2. Son aditivos de los que aún no se posee una evaluación toxicológica completa, pero la existente es suficiente para su admisión provisional.

Lista B

- o B. Aditivos potencialmente interesantes, pero que están a la espera de algún estudio.

Lista C

- o C-1. Aditivos prohibidos por motivos toxicológicos.
- o C-2. Aditivos a restringir por motivos toxicológicos (Verdú, J. 1990).

El bromato de potasio, centro de atención de ésta investigación obedece a la clasificación A-1, dentro de los agentes de tratamiento de las harinas (FAO/OMS, 1973).

3.3.4 Legislación en el uso de Aditivos

En Europa los aditivos alimentarios aprobados por la Unión europea se recogen en listas positivas (es decir, que sólo se pueden usar como aditivos las sustancias legalmente aceptadas) y se codifican mediante una E seguida de un número. Para que pueda adjudicarse un número E a un aditivo el Comité Científico o la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria tiene que evaluar si la sustancia aditiva es segura para la salud. El sistema de números E se utiliza además como una manera práctica de etiquetar de forma estándar los aditivos permitidos en todos los idiomas de la Unión Europea (Besancon, P. Bidan, P. 1988).

No obstante hay que remarcar la obligación de hacer uso de aditivos de modo responsable, siempre de acuerdo con los criterios generales establecidos por la legislación alimentaria de la Unión Europea. Así, se tiene que los aditivos solo podrán ser aprobados cuando:

- o Se pueda demostrar una necesidad tecnológica suficiente.
- o El objetivo que se busca no se pueda alcanzar por otros métodos económicos y tecnológicamente utilizables.
- o No represente ningún peligro para la salud del consumidor en las dosis propuestas, en la medida que los datos científicos disponibles permitan juzgar.
- o No induzcan a error al consumidor.

Igualmente no se podrán utilizar si no queda demostrada su utilidad:

- o Proteger la calidad nutritiva.
- o Aumentar la conservación o su estabilidad.
- o Mejorar sus cualidades sensoriales (sabor, olor, etc.)
- o No encubrir materias primas defectuosas.

Además de los requerimientos anteriores es necesario que los aditivos cumplan con las pruebas toxicológicas para comprobar que carecen de efectos nocivos para la salud humana en las dosis utilizadas. También deben someterse a observación y evaluación toxicológica permanentemente.

La aprobación de cualquier aditivo implica los cumplimientos de las siguientes observaciones y cautelas:

- o Especificar los productos alimenticios a los que puede ser añadido.
- o Precisar las condiciones bajo las cuales debe ser añadido.
- o Establecer las dosis mínimas con las que se obtiene el resultado obtenido.
- o Tener en cuenta la dosis diaria admisible y su probable ingesta cotidiana como consecuencia del conjunto de productos alimenticios integrados en la dieta.
- o En el caso de estar incluido en alimentos específicos para grupos especiales de consumidores,

también debe ser tomada en cuenta la cantidad diaria ingerida (FAO/OMS, 1973).

3.3.5 Riesgos en el uso de Aditivos

Desde el punto de vista toxicológico, los aditivos no se pueden considerar malos ni buenos en sí mismos. El peligro potencial de un aditivo se relaciona con la concentración (o cantidad) ingerida en un periodo de tiempo. El índice que mide la peligrosidad de un aditivo se conoce como *IDA: Ingesta Diaria Admisible*, y se define como la cantidad aproximada de un aditivo alimentario, expresada en relación con el peso corporal, que se puede ingerir diariamente, durante toda la vida, sin que represente un riesgo apreciable para la salud. Algunas veces los efectos cruzados de los aditivos no son evaluados, lo cual puede provocar efectos nocivos a largo plazo (Verdú, J. 1990).

3.4 BROMATOS

3.4.1 Identidad

Fórmula molecular: KBrO_3

Peso molecular: 167.01g/mol; Densidad a 20°C: 3.27 g/cm³

Características físicas: cristales blancos o gránulos blancos; Punto de ebullición: Se descompone a 370°C.

Punto de fusión: 350°C.

Solubilidad en agua: 133 g/L 40°C, 498 g/L 100°C (Lewis, S. Richard, J. 1989).

3.4.2 Historia

El bromato de potasio es un químico utilizado en panadería, desde 1914, para elevar la masa permitiendo, hacer panes más grandes y más blancos, pero con menor peso, porque el tamaño se logra con la formación de burbujas de gas que inflan la masa, efecto que tradicionalmente se logra con la levadura (Bennion, E. 1967).

Debido a esa característica, los panaderos lo han empleado en toda su línea de productos hasta que, tanto la Oficina Mundial de la Salud como la FAO declararon a ese aditivo mineral como "genotóxico carcinogénico" asociado al cáncer. Es decir, el bromato de potasio, que es un poderoso oxidante, muy peligroso de manipular pues puede inflamarse, produce cáncer y en consecuencia fue prohibido en la mayoría de países, donde los gobiernos protegen a su población (Prada, D. Piola, C. 2001).

A pesar de todo, el químico continuó siendo utilizado sin ninguna regulación por los panaderos de todo el mundo hasta 1982, año en que el científico japonés Yuki Kurokawa publicó sus estudios sobre los efectos que esa sustancia provoca en ratas de laboratorio en tiempos relativamente cortos y con cantidades cercanas a las empleadas en el pan y la harina. Este descubrimiento cambió la historia de esa sustancia química y llevó al Japón a ser el primer país en regular su uso (Prada, D. Piola, C. 2001).

3.4.3 Usos del Bromato

Entre los usos propuestos para el bromato de potasio se mencionan en el tratamiento de la cebada, en la producción de cerveza y en el tratamiento de la harina. Ha sido usado en Japón también para mejorar los productos de pasta de pescado. Se lo emplea como neutralizador en el rizado (o permanente) en frío.

El bromato fue patentado como "mejorador" del pan en 1914, de acuerdo a una investigación realizada ese año en la Universidad de Pittsburgh (USA). Éste producto tendría una notable capacidad para mejorar la consistencia del pan, gracias a su efecto oxidante sobre la harina. En el proceso de elaboración de pan se agregaba directamente a la harina y actuaba durante todo el proceso de fermentación y la primera etapa del horneado, modificando proteínas y dando un gluten más elástico, de forma tal que la masa absorbería mayor cantidad de agua y retendría más dióxido de carbono, obteniéndose así mayor volumen (Prada, D. Piola, C. 2001).

3.4.4 Riesgos en el uso del Bromato

El bromato de potasio se prohibió porque se comprobó en laboratorio que tiene acción nefrotóxica, carcinogénica y mutagénica. Pero la prohibición de su uso se debe a dos razones complementarias. Una es la acción de corto plazo, que puede ocasionar intoxicaciones graves por sobredosis, incluso causando

la muerte y la otra es una acción de largo plazo y que puede causar daños renales irreversibles, cáncer y mutaciones genéticas. Lo más grave de estas acciones de largo plazo, es que son acumulativas, es decir, el bromato de potasio se queda dentro del cuerpo humano acumulándose, sin que pueda ser eliminado (Prada, D. Piola, C. 2001).

Una intoxicación con ese aditivo afecta al sistema nervioso periférico, ocasionando serias polineuritis^e. También perjudica al nervio auditivo, de manera que ocasiona desde severas hipoacucias^f hasta la sordera definitiva. Son especialmente sensibles a estos efectos los niños intoxicados. Finalmente, el bromato ocasiona graves lesiones a nivel de los riñones (Prada, D. Piola, C. 2001).

En ese sentido existen un sin número de investigaciones acerca del uso de bromato de potasio, entre ellas una recientemente presentada por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Mayor de San Marcos, Perú; en la que se evaluó *in vivo* los efectos de bromato de potasio (KBrO₃) sobre el desarrollo de embriones pre-implantacionales de ratón. Dentro de las conclusiones de éste estudio se encontró el KBrO₃ produce un efecto dañino sobre el embrión, causando retraso en su desarrollo (González, J. 2007).

^e Polineuritis: dolores intensos en los miembros, las piernas, los brazos, y aun imposibilidad de caminar.

^f Hipoacucias: déficit funcional que ocurre cuando un sujeto pierde capacidad auditiva, en mayor o menor grado.

3.4.4.1 Datos de Toxicidad

La intoxicación con bromatos es de baja incidencia en muchas partes del mundo desde hace décadas. El empleo amplio del bromato de potasio en panaderías como "mejorador" de harinas para panificación constituye la principal fuente de intoxicación con esa sustancia en los países latinoamericanos (Prada, D. Piola, C. 2001).

Se han postulado dos mecanismos toxicológicos como responsables de la intoxicación con bromato de potasio:

- o La degradación a ácido hidrobromico en el estómago, que determina irritación gastrointestinal.
- o La capacidad fuertemente oxidante de los bromatos que facilita su penetración en las membranas biológicas, y contribuye a sus efectos tóxicos a nivel renal y ótico. La sordera puede ser secundaria a la degradación de las células ciliares externas de la cóclea (Prada, D. Piola, C. 2001).

En niños, la dosis tóxica estimada de bromato de potasio es de 240 a 500 mg/kilogramo. En adultos se observaron graves casos de intoxicación con ingestiones de 12 a 50 g. Las dosis letales en humanos varían de 5 a 500 mg/kg de peso.

cyt-rat-ipr 500µmol/kg

cyt-rat-oral 3mmol/kg

DL₅₀ (oral-rata): 321 mg/kg (Lewis, S. Richard, J. 1989).

3.4.5 Límites Permitidos

El efecto cancerígeno del bromato de potasio fue reconocido por la Agencia Internacional de Investigación para el Cáncer en 1983. Ese mismo año, la FAO y la OMS propusieron no permitir concentraciones mayores de 75 mg por kilogramo de harina. Dos años después la Health and Welfare Agency de los Estados Unidos bajó el límite máximo a 50 mg y propuso incluir el bromato de potasio en la lista de las sustancias prohibidas para el consumo humano. Luego, en 1989, la Comisión de la Comunidad Europea prohibió totalmente su uso en los alimentos, decisión secundada por la FAO y la OMS en 1992 y recomendada a todos los países miembros, en 1994. Por último, estudios realizados por el Comité Mixto FAO-OMS, indicaron que el bromato de potasio también produce tumores en las células renales, las células peritoneales y las células foliculares de la tiroides (Prada, D. Piola, C. 2001).

Guatemala bajó la medida máxima de bromato de potasio permitida para la elaboración de pan. Antes admitía 55 miligramos por kilogramo de harina y, a partir de febrero de 2008, solo permite 35 miligramos para la misma cantidad de harina. Esta regulación fue establecida por el Ministerio de Economía, para cumplir

el Reglamento Técnico Centroamericano suscrito por los países del Istmo. Ese mismo acuerdo establece que las naciones signatarias deben permitir el uso del bromato hasta el 2010, año en que deberá ser prohibido en la elaboración de pan (Valdez, S. 2008).

3.4.6 Métodos de Cuantificación

El bromato se puede identificar y cuantificar por varios métodos, incluyendo la titulación iodométrica y la cromatografía líquida de alto rendimiento. Los límites de detección se extienden a partir de los 0.05 a 1 mg/litro.

Uno de los métodos de vanguardia para cuantificar bromatos consiste en el empleo de la fluorescencia de rayos X dispersiva en energías con geometría de reflexión total (TXRF), una técnica analítica nuclear. El procedimiento desarrollado se basa en la extracción acuosa del bromo y su posterior determinación por TXRF usando cobre como estándar interno (Prada, D. Piola, C. 2001).

3.5 SITUACIÓN EN GUATEMALA

Según artículo publicado en Prensa Libre en junio del año 2007, La Asociación de Nutricionistas de Guatemala (Andeguat) ha expresado su preocupación porque se esté utilizando en exceso el bromato de potasio en la elaboración de pan francés, debido a que se trata de un

agente cancerígeno, prohibido en otros países. Esto, debido a que, según ellos en varias zonas capitalinas se ha reportado que el pan francés pesa menos y su interior es inconsistente, existen dudas de que se pueda estar sobrepasando la cantidad permitida de bromato. La presidenta de la Andeguat, expresó en esa oportunidad que, un pan francés mediano contiene valor nutricional, pero éste se ha vuelto incierto por las modificaciones de tamaño e ingredientes en su producción.

En Guatemala no existe control sobre el uso del bromato. Como lo expresa el Departamento de Vigilancia de Alimentos, del Ministerio de Salud, donde aduce que el bromato lo agregan los molinos a la harina, por lo que no cree que sean los panificadores quienes lo apliquen directamente en la elaboración del pan. Además, según este Departamento, no le corresponde a esa cartera efectuar tal supervisión, ya que se trata de un aspecto de calidad y no de salud (Valdez, s. 2008). En ese sentido, el mercado de la harina de trigo es cada vez mas competitivo, los molinos cada vez se desarrollan mas y mas, introduciendo sistemas de gestión de la calidad y de seguridad alimentaria; situación que contrasta grandemente con la falta de capacitación o cuidados aplicables en ese sentido por parte de muchos panaderos artesanales. Dentro de este campo resalta la actual disposición de la industria molinera por el uso de enzimas y otros catalíticos, para evitar de esta forma exponer sus productos con agentes prohibidos o cuestionables.

4. JUSTIFICACIÓN

El pan es uno de los alimentos más importantes y de mayor demanda en el mundo, contribuye al suministro de carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Por lo tanto es esencial que el pan sea de buena calidad, no solo organoléptica, sino también físico-química y toxicológica (Brandt, K. et. al. 2005).

Por lo que respecta a alimentos, el público debe ser protegido en todos los asuntos relacionados con la salud y la economía. Esta protección debe abarcar conceptos tan amplios como seguridad, pureza, sanidad, y valor justo. En años recientes ha habido una intensificación del interés por la seguridad de nuestros alimentos, particularmente por lo concerniente a los aditivos químicos no intencionales e intencionales, entre ellos el Bromato de Potasio (Prada, D. Piola, C. 2001).

Debido a que en varias zonas capitalinas se ha reportado que el pan francés pesa menos y su interior es inconsistente, existen dudas de que se pueda estar sobrepasando la cantidad permitida de bromato; por lo que dada su importancia en la salud pública se hace justificable investigar la presencia de Bromato de Potasio en pan, y establecer si se encuentra dentro de los límites permitidos establecidos en Guatemala, donde se ha disminuído la medida máxima de bromato de potasio permitida para la elaboración de pan y de esta forma servir de soporte al Departamento de Vigilancia de Alimentos del Ministerio de Salud para que pueda tomar las medidas pertinentes si le corresponde hacerlo.

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

5.1.1 Determinar y cuantificar el Bromato de Potasio presente en el pan tipo francés que se expende en panaderías del centro de la ciudad capital.

5.2 ESPECÍFICOS

5.2.1 Verificar si las cantidades de Bromato de Potasio adicionadas como agentes de panificación se encuentran dentro de los límites permitidos en Guatemala para esta sustancia, según Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.15:07.

5.2.2 Demostrar que los productos de panificación expendidos en el centro de la ciudad capital, responden a las exigencias de calidad, en base al contenido de bromatos, y no a las necesidades económicas por reducir costos de producción.

5.2.3 Realizar el monitoreo del cumplimiento de la norma para servir de soporte al Departamento de Vigilancia de Alimentos, del Ministerio de Salud, para que pueda tomar las medidas pertinentes con respecto al uso de Bromato de Potasio en las industrias panificadoras.

5.2.4 Determinar cualitativamente la ausencia de yodatos en las muestras analizadas, previo a la realización de la cuantificación de bromatos para asegurar la validez de los resultados.

6. HIPÓTESIS

El pan tipo francés que se expende en panaderías del centro de la ciudad capital cumple con las regulaciones para el uso de Bromato de Potasio como agente de panificación, establecidas por el Ministerio de Economía de Guatemala, según Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.15:07.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 UNIVERSO DE TRABAJO

El universo de trabajo lo constituyen las panificadoras ubicadas en la zona 1 de la ciudad capital, que están reconocidas por el Departamento de Vigilancia y Control de Alimentos, del MSPAS, y por el Departamento de Saneamiento Ambiental de dicha zona metropolitana.

7.2 MUESTRA

La muestra está constituida por 19 tomas del producto final del proceso de elaboración de pan tipo francés, cada una proveniente de una panificadora distinta, y en cantidades suficientes para realizar 2 réplicas del análisis para cada muestra.

7.3 RECURSOS HUMANOS

Autor: Br. Jorge Estrada

Asesora: Licda. Julia García

Revisora: Licda. Aylin Santizo

7.4 MEDIOS

7.4.1 Recursos Materiales

7.4.1.1 Equipo y Material de Laboratorio

- o Balanza sensible, que aprecie 0.1g
- o Recipiente de fondo plano (970cm² aprox)
- o Tamiz COGUANOR No. 60 (250µm)
- o Atomizador de vidrio

- o Caja de petri
- o Vaso de precipitados (800cm³)
- o Pipetas Volumétricas
- o Pipeta graduada (10cm³)
- o Agitador regulable
- o Centrifugadora
- o Matraces erlenmeyer (250cm³)
- o Probetas graduadas
- o Bureta graduada en 0.05cm³
- o Balón aforado (250cm³)
- o Estufa eléctrica
- o Instrumental de Laboratorio

7.4.1.2 Reactivos

- o Solución de sulfato de zinc.-
- o Solución estándar de hidróxido de sodio 0,4M.-
- o Solución estándar de hidróxido de sodio 0,5M.-
- o Solución de ácido sulfúrico.-
- o Solución de yoduro de potasio.-
- o Solución de molibdato de amonio.-
- o Soluciones patrón de bromato de potasio.-
- o Soluciones estándar de yodato de potasio.-
- o Soluciones patrón de tiosulfato de sodio.-

7.4.2 Procedimiento

7.4.2.1 Diseño de la Investigación

La investigación reúne las características del Diseño experimental, bajo la dimensión temporal de tipo transversal.

o Tamaño de la Muestra (n):

El tamaño de la muestra (n), o el número de panificadoras a muestrear está dado por la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Npq}{\frac{(N-1)A^2}{C^2} + pq}$$

Donde N= Tamaño de la Población (# de panificadoras)
P= 0.5 q= (1-0.5)
A=0.10 C= 1.96

El número de panificadoras (N) que están reconocidas por el Departamento de Vigilancia y Control de Alimentos, del MSPAS, y por el Departamento de Saneamiento Ambiental de dicha zona metropolitana es de 24; por lo que el tamaño de la muestra (n) para este estudio fue 19. Se tomaron, entonces, 19 muestras del producto terminado del proceso de elaboración de pan tipo francés, cada una proveniente de una panificadora distinta, y en cantidades suficientes para realizar 2 réplicas del análisis para cada muestra. Una vez obtenidas las muestras se procesaron en el Laboratorio de Análisis Aplicado de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos. Cabe resaltar que, como se expondrá mas adelante, la

determinación de bromatos en presencia de yodatos da resultados erróneos, por lo que se establecieron puntos de muestreo alternativos para suplir aquellas muestras que potencialmente presentasen yodatos en adición a los bromatos.

o Análisis Estadístico:

Para la realización de inferencias, el análisis estadístico se limitó a la comparación de los resultados con un valor teórico. Para lo cual se obtuvo el promedio del resultado de las dos repeticiones realizadas para cada muestra; éste promedio fue comparado con el valor de referencia propuesto por la normativa. De esta forma se obtuvo, en porcentaje, las muestras que cumplen y las muestras que no cumplen con lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano. Adicional a esto se realizó el análisis descriptivo de los datos obtenidos, y se obtuvo inferencias sobre una proporción a través del análisis de los datos con un intervalo de confianza del 95%.

7.4.2.2 Recolección y Preparación de las Muestras

Las muestras fueron recolectadas directamente de los expendios panificadores de forma aleatoria, valiéndose del listado de panificadoras registradas en la zona 1, proporcionado por autoridades de saneamiento ambiental especialmente para el estudio. Cada muestra se acompañó de una ficha de recolección indicando información básica para la identificación posterior de las muestras.

Para la preparación de las muestras, se pesaron los panes y se colocaron sobre un papel liso para luego cortarlos en tajadas de 2-3mm de espesor, tomando las precauciones necesarias para evitar pérdidas de muestra. Se extienden las tajadas y se dejaron secar a temperatura ambiente y luego en un horno a 50°C por 16 horas. Posteriormente se muelen las muestras en un molino de martillo y el producto resultante se pasa por tamiz No. 20 (Norma Técnica Peruana ITINTEC, 1975).

7.4.2.3 AOAC Método Oficial 956.03

La determinación de bromatos en presencia de yodatos da resultados erróneos, por lo que fue necesario determinar previamente, en forma cualitativa, si la muestra poseía o no yodatos en adición a los bromatos. Por esta razón se adjunta

dentro de este método, una sección para determinar cualitativamente bromatos y yodatos.

A. Prueba cualitativa de bromatos y yodatos

Cubrir la parte inferior del recipiente con una solución de ácido clorhídrico y yoduro de potasio preparada mezclando volúmenes iguales de solución (1+7) de HCl y solución al 1%(w/v) de KI. Distribuir aproximadamente 4 g de harina, uniformemente cernida a través de tamiz No. 60, a lo largo del líquido. Alternativamente a la harina mezclada, rociar reactivo en atomizador de vidrio hasta que todas las partículas se hayan humedecido. Moteado negro o puntos púrpura que no se observaban antes de que el reactivo fuera añadido, indican la presencia de bromato o yodato.

B. Prueba cualitativa para yodatos

- (a) *Aplicable a 10 µg/g o más.-* Distribuir aproximadamente 1 g de harina uniformemente a lo largo de la parte inferior de una caja de Petri y cubrir completamente con la mezcla recién preparada de, 4 volúmenes de solución (1+32) de HCl y 1 volumen de solución al 1%(w/v) de KSCN. Romper los grumos, sin dejar de agitar con la varilla y observar la placa sobre una superficie blanca. Interpretar los resultados como en A.

(b) *Aplicable a 1 µg/g o más.- Proceder como en A, pero usar el reactivo ácido-KSCN, (a).*

Método cuantitativo para bromatos

(Aplicable en ausencia de yodatos)

A. Determinación

Transferir cuantitativamente 200mL de solución de ZnSO₄ a beaker de 600 ó 800mL y agitar con velocidad controlada por motor y agitador de vidrio. (Suficiente agitación para dispersar la harina de forma proporcional, para que no se extienda a la parte inferior de vaso.) Transferir una porción de prueba de 50 ± 0,1g a la solución agitada en porciones de 2-5 g. Continuar revolviendo unos 5 minutos, o hasta que toda la harina seca en la superficie este dispersa de manera uniforme en el líquido. A la vez que se agita, añadir 50mL de NaOH 0,4N con pipeta. Disminuir la velocidad del agitador y agitar aproximadamente cada 5 min. Filtrar o centrifugar, aclarando sobrenadante por filtración, si es necesario (24 cm de papel Whatman N° 12, doblado, o equivalente, es satisfactorio).

Transferir 50mL de esta solución de ensayo a erlenmeyer de 200mL. Si se toma una alícuota menor, diluir hasta unos 50mL con H₂O. Añadir 10mL de H₂SO₄ 2M, 1mL de solución de KI, 1 gota de solución de molibdato de amonio, y 50mL de H₂O. A la vez que se

agita, añadir 5-10ml de solución valorada 0.00359M de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (un exceso). Añadir 5mL de solución de almidón recién preparada y valorar el exceso de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ con KIO_3 0.0006M (Use bureta de 10ml graduada en 0,05ml para las soluciones patrón. El Punto final es mejor observarlo hacia abajo sobre superficie blanca). Cerca del punto final, añadir la solución de KIO_3 , despacio, 1 o 2 gotas por tiempo, revolver y ver el frasco puesto en una superficie blanca después de cada adición.

Tomar el primer tinte rojizo o morado como punto final y, a continuación, añadir varias gotas más para confirmar. Añadir 1ml de solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, y de nuevo valorar más el punto final. El promedio de 2 diferencias entre las cantidades de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ añadida y el KIO_3 utilizado en las valoraciones; $\mu\text{g/mL KBrO}_3 = 10 \text{ (mL } 0.00359\text{M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 - 0.0006\text{M KIO}_3 \text{ mL)}$. Resultados correctos determinados por el factor de recuperación que se indica más adelante (Association of Official Analytical Chemists, 2000) (COGUANOR NGO 34 086 h10, 1985).

B. Factor de Recuperación

Diluir un volumen conocido (x mL), > 3mL pero <10mL, de la solución estándar de KBrO_3 a 250mL. Con alícuota de 50mL, proceder como en el párrafo segundo de la Determinación.

"Bromato añadido" en $\mu\text{g/mL}$ = $10 \times (\text{mL } 0.00359\text{M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 - \text{mL } 0.0006\text{M KIO}_3)$

Suspender porciones de 50g de harina libre de bromatos en 2 porciones de 200mL de solución de ZnSO_4 por separado y con agitación. A la suspensión 1 (blanco), añadir 10mL H_2O ; a la suspensión 2 (de recuperación), añadir x ml solución estándar de KBrO_3 y $(10 - x)\text{mL H}_2\text{O}$. Continuar como anteriormente, con excepción de añadir 40mL de $\text{NaOH } 0,5\text{N}$ con pipeta y agitación continua. Utilizar 5mL de solución estándar de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ "en blanco" y de 10ml en la de "recuperación". La deducción del valor en blanco, si las hubiere, del valor de KBrO_3 encuentra en "recuperación" determinar y multiplicar resultado por 10 para obtener g/mL "recuperado de bromato."

Factor de Recuperación = Bromato añadido/bromato recuperado

Referencia: (Association of Official Analytical Chemists, 2000) (COGUANOR NGO 34 086 h10, 1985)
JAOAC **39**, 664(1956).
© 2000 AOAC INTERNATIONAL

7.4.2.4 Presentación y Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos están comprendidos por dos aspectos, la determinación cualitativa del aditivo en mención así como la determinación cuantitativa del mismo. El análisis está enfocado a la comparación de los resultados obtenidos con un valor teórico. Para lograr inferencias que pudieran satisfacer las variables planteadas en los objetivos, así como dar respuesta a la hipótesis

presentada, se expresó, por cada una de las panificadoras muestreadas, un valor cualitativo para establecer la presencia o ausencia del aditivo en la muestra de pan obtenida, así como un valor cuantitativo, el cual representa el bromato residual en panes, y fue comparado con el valor establecido como límite para este aditivo en el reglamento técnico centroamericano. De la misma manera se obtuvo el promedio del resultado de las dos repeticiones realizadas para cada muestra; éste promedio fue comparado con el valor de referencia propuesto por la normativa. De esta forma se obtuvo, en porcentaje, las muestras que cumplen y las muestras que no cumplen con lo establecido. El análisis estadístico que se llevó a cabo con los resultados, se expresa en la sección 7.4.2.1 (diseño de la Investigación).

8. RESULTADOS

Tabla No. 1

Determinación cualitativa de Bromatos y Yodatos en muestras de Pan Francés.

Muestra No.	Análisis Cualitativo para Bromatos y Yodatos	Análisis Cualitativo para Yodatos
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	++++	-
5	-	-
6	++	-
7	-	-
8	-	-
9	+	+
10	-	-
11	-	-
12	-	-
13	+	-
14	++	-
15	-	-
16	-	-
17	-	-
18	+	+
19	-	-
Total de Muestras Positivas	06	02

Totales derivados de prueba selectiva	Resultado	Porcentaje
Total de Muestras	19	100%
Total de Muestras Negativas para bromatos	15	78.9473%
Total de Muestras Positivas solo para bromatos	04	21.0527%

Gráfica No. 1

Prueba Cualitativa para Bromatos

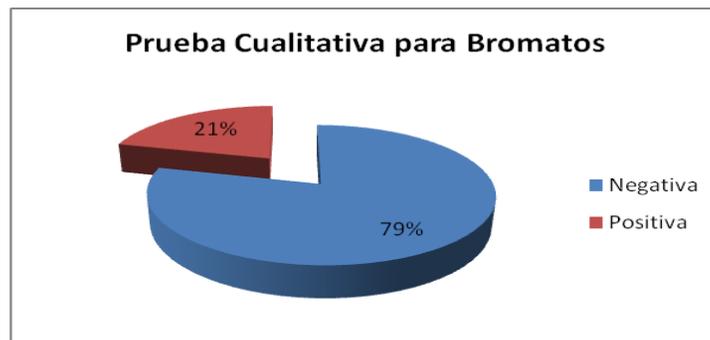


Tabla No. 2

Determinación cuantitativa de Bromato de Potasio en Pan Francés (mg KBrO_3 /Kg de pan)*.

Muestra No.	Repetición 1	Repetición 2	Promedio
1	N.D	N.D	N.D
2	N.D	N.D	N.D
3	N.D	N.D	N.D
4	11.20372	8.14816	9.67594
5	N.D	N.D	N.D
6	4.58334	6.11112	5.34723
7	N.D	N.D	N.D
8	N.D	N.D	N.D
9	N.D	N.D	N.D
10	N.D	N.D	N.D
11	N.D	N.D	N.D
12	N.D	N.D	N.D
13	1.01852	1.01852	1.01852
14	7.63890	7.63890	7.63890
15	N.D	N.D	N.D
16	N.D	N.D	N.D
17	N.D	N.D	N.D
18	N.D	N.D	N.D
19	N.D	N.D	N.D

*La determinación cuantitativa se realizó únicamente a las muestras que resultaron positivas en la prueba cualitativa para bromatos y yodatos y negativas en la prueba cualitativa de yodatos.
N.D: No Determinado

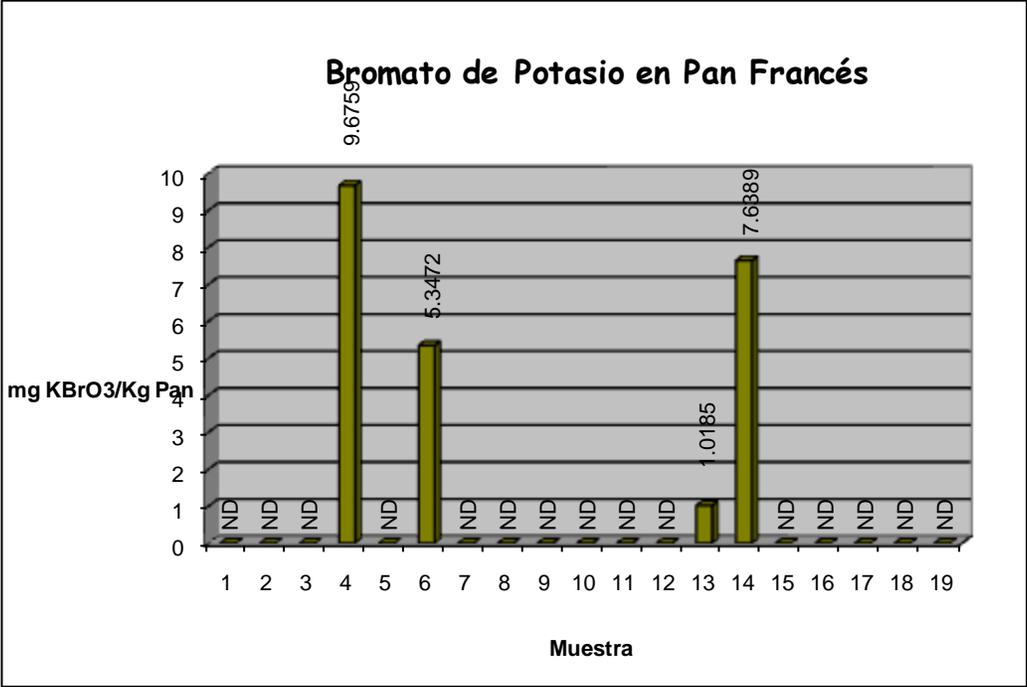
Tabla No. 3

Estadísticos Descriptivos de la determinación de Bromato de Potasio en muestras de Pan Francés con resultados positivos.

<hr/>	
	<i>Promedio</i>
<hr/>	
Media	5.92
Mediana	6.49
Desviación estándar	3.72
Rango	8.66
Mínimo	1.02
Máximo	9.68

Gráfica No. 2

Prueba Cuantitativa para Bromatos en Pan Francés*.



*La determinación cuantitativa se realizó únicamente a las muestras que resultaron positivas en la prueba cualitativa para bromatos y yodatos y negativas en la prueba cualitativa de yodatos.
N.D: No Determinado

Tabla No. 4

Estimación cuantitativa de Bromato de Potasio aportado por el mejorador en las harinas. (mg KBrO₃/Kg Harina).*

Muestra No.	(mg) KBrO ₃ /Kg Pan	(mg) KBrO ₃ /Kg Harina
1	N.D	N.D
2	N.D	N.D
3	N.D	N.D
4	9.67594	80.8910
5	N.D	N.D
6	5.34723	44.7029
7	N.D	N.D
8	N.D	N.D
9	N.D	N.D
10	N.D	N.D
11	N.D	N.D
12	N.D	N.D
13	1.01852	8.5148
14	7.63890	63.8613
15	N.D	N.D
16	N.D	N.D
17	N.D	N.D
18	N.D	N.D
19	N.D	N.D

*La estimación cuantitativa se realizó únicamente a las muestras que resultaron positivas en la prueba cualitativa para bromatos y yodatos y negativas en la prueba cualitativa de yodatos.
N.D: No Determinado

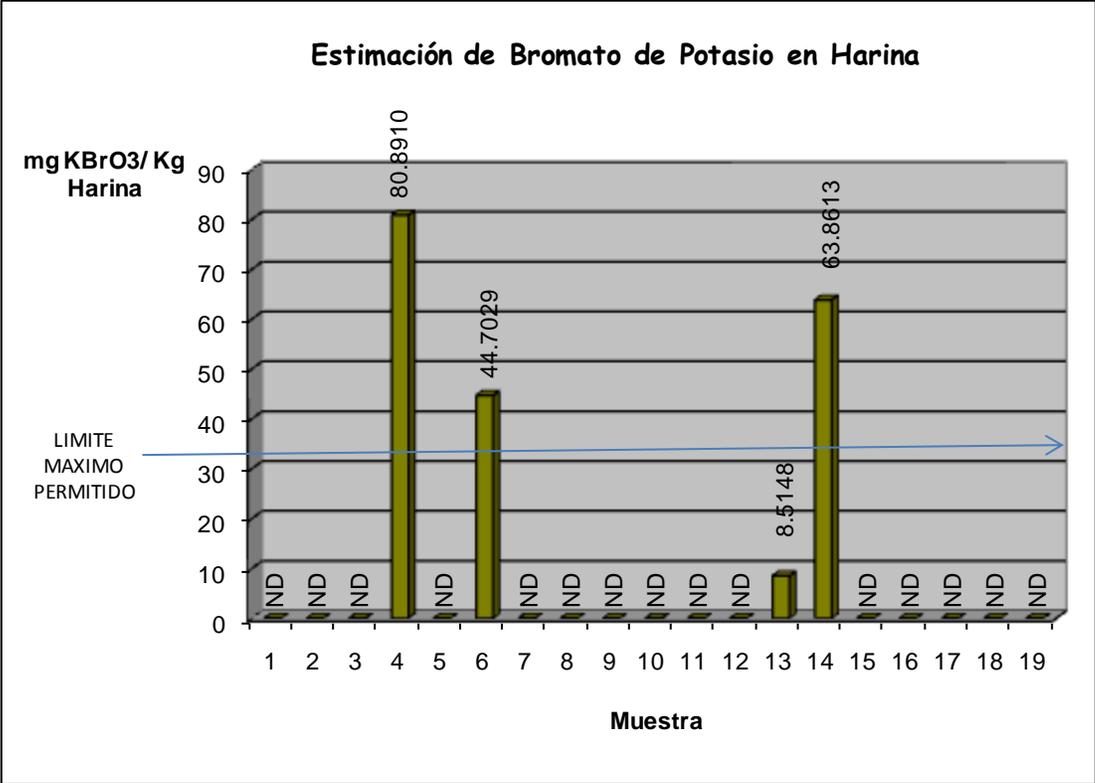
Tabla No. 5

Estadísticos Descriptivos de la Estimación de Bromato de Potasio en muestras de Harina con resultados positivos.

<i>(mg) KBrO₃/Kg Harina</i>	
Media	49.4925
Mediana	54.2821
Desviación estándar	31.0614465
Rango	72.3762
Mínimo	8.5148
Máximo	80.891

Gráfica No. 3

Estimación del contenido de Bromato de Potasio aportado por el mejorador en las harinas.



* La estimación cuantitativa se realizó únicamente a las muestras que resultaron positivas en la prueba cualitativa para bromatos y yodatos y negativas en la prueba cualitativa de yodatos.
N.D: No Determinado

Tabla No. 6

Comparación del Bromato Residual obtenido con respecto a los límites establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano (35 mg KBrO₃/Kg Harina).

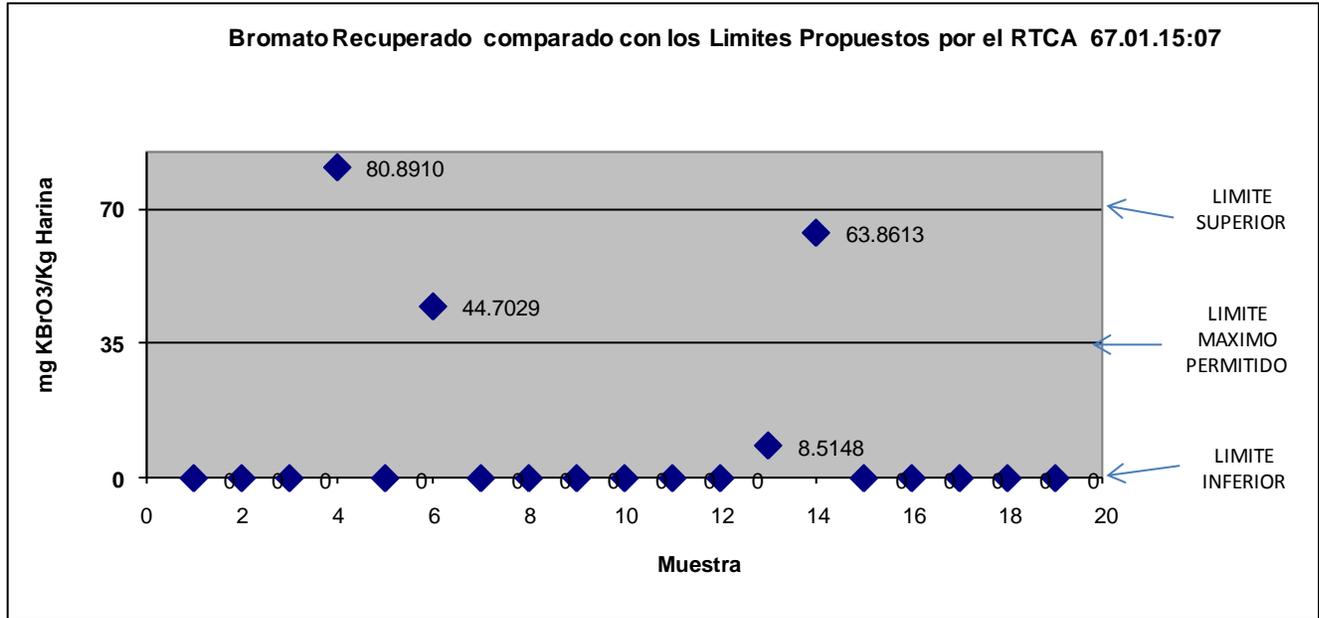
Muestra No.	(mg) KBrO ₃ /Kg Harina	Resultado
1	0.0	Cumple
2	0.0	Cumple
3	0.0	Cumple
4	80.8910	No Cumple
5	0.0	Cumple
6	44.7029	No Cumple
7	0.0	Cumple
8	0.0	Cumple
9	N.D	N.D
10	0.0	Cumple
11	0.0	Cumple
12	0.0	Cumple
13	8.5148	Cumple
14	63.8613	No Cumple
15	0.0	Cumple
16	0.0	Cumple
17	0.0	Cumple
18	N.D	N.D
19	0.0	Cumple

N.D: No Determinado

	Resultado	Porcentaje
Total de Muestras	17	100%
Total de Muestras que cumplen con la Normativa	14	83.35%
Total de Muestras que no cumplen con la Normativa	03	17.64%

Gráfica No. 4

Comparación del Bromato Residual obtenido con respecto a los límites propuestos por el Reglamento Técnico Centroamericano (35 mg KBrO₃/Kg Harina) *.



Cuadro No. 1

Inferencia sobre una proporción

Número de casos:	16
Tamaño de muestra:	19
Nivel de confianza:	95.0%
	Proporción (%) IC (95.0%)

	84.211 60.422 96.617

Prueba realizada en Epidat 3.1

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente estudio se determinó en forma cualitativa y cuantitativa el porcentaje de bromato de potasio en pan francés como un aditivo de la harina, o bien, del proceso mismo de panificación, con el objeto de obtener un mejor rendimiento por lote producido. En la prueba cualitativa (ver tabla No. 1, *sección de resultados*) puede evidenciarse por medio de un factor de cruces, aquellas muestras que contenían bromato de potasio, asumiéndose que a mayor cantidad de cruces, mayor porcentaje de bromatos en pan.

Debido a que la metodología utilizada puede proporcionar falsos positivos, fue necesario realizar la determinación cualitativa de yodatos con el fin de obtener aquellas muestras que del universo de trabajo estaban contaminadas. La presencia de yodato proporciona la cantidad suficiente de yodo libre para favorecer su reacción con el tiosulfato adicionado y además formar la sal binaria bromuro de yodo, por lo que fue necesario determinar, en forma cualitativa, si las muestras poseían o no yodatos en adición a los bromatos. Derivado de esto se obtuvo que dos de las muestras positivas en la prueba cualitativa para bromatos y yodatos, resultaron positivas para la prueba selectiva de yodatos (ver tabla No. 1, *sección de resultados*), por lo que fue necesario excluirlas de todo análisis cuantitativo.

La técnica analítica empleada para la cuantificación de bromatos, a pesar de tratarse de un método oficial, posee baja especificidad cuando las muestras contienen yodatos en adición

a los bromatos, por lo que los métodos de vanguardia por Cromatografía Líquida de Alto Rendimiento y por Fluorescencia de rayos X, representan una opción con mayor especificidad.

La determinación cuantitativa de bromato de potasio en pan francés (ver Tabla No. 2, sección de Resultados) expresada en mg de KBrO_3/Kg de Pan, se realizó únicamente a las muestras que resultaron positivas luego de la prueba cualitativa para bromatos, y que así mismo, obtuvieron un resultado negativo a la prueba selectiva para yodatos, siendo en total el 21% de las muestras analizadas. La media muestral calculada para las determinaciones positivas es de 5.92 mg KBrO_3/Kg Pan, y es notable destacar que la desviación estándar es significativa por lo que se puede evidenciar la alta dispersión de los datos.

Para la realización de inferencias, se efectuó la comparación de los resultados positivos con respecto al valor límite permitido de KBrO_3/Kg Harina, dicha comparación solo fue posible luego de realizar la estimación cuantitativa de bromato de potasio aportado por el mejorador en las harinas (ver Tabla No. 4, sección de Resultados).

De esta forma se obtuvo, valiéndose de un factor gravimétrico, el peso promedio por unidad de pan, el cual es de 220g aproximadamente, y basándose en información que refiere que 50kg de harina rinde 1900 panes aproximadamente con el peso promedio mencionado (INTECAP/OPERATIVO, 2005), se puede hacer una estimación del KBrO_3 presente por Kg de harina; encontrándose la media de las estimaciones positivas en 49.49 mg KBrO_3/Kg Harina, a partir de éstos datos se pudo observar que el 17.64%

de las muestras analizadas no cumple con la Normativa propuesta por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.15:07 (ver Tabla No. 6, *sección de Resultados*), el cual establece el valor máximo permitido de ésta sustancia en 35 mg de KBrO_3/Kg Harina para Guatemala.

Si se tiene en cuenta que, el 82.7% de hogares guatemaltecos que consumen éste alimento pertenecen al área urbana (ver Tabla No.1 *sección de Anexos*), se debe comprender que los resultados antes mencionados, si bien no son lo suficientemente significativos para extrapolarlos a la población, permiten evidenciar un patrón en el cual se entiende que la mayor parte de las panaderías del universo de trabajo, expenden productos de panificación que responden a las exigencias de calidad en cuanto al contenido de bromatos se refiere, y no, a las necesidades económicas por reducir costos de producción a través del uso de éste aditivo.

Parte del bromato de potasio contenido en el pan es transformado por acción del calor y otros factores a bromuro, según estudios realizados por Thewlis B.H. cuando el pan es elaborado con 150 ppm de bromato de potasio, en el pan final se encontrará una cantidad cercana a 30 ppm de bromato de potasio residual (IPCS-INCHEM, N.D.), ploteando los datos obtenidos sobre esta escala de valores, se encuentra que el pan resultante, en promedio, está conteniendo valores por encima de 30 ppm, a pesar de que la estimación aplicada revela datos menores a las 150 ppm de bromato en harinas (ver Tabla No. 4, *sección de resultados*); el Instituto Nacional de Alimentos de Argentina realizó un estudio al respecto en el que concluyó que cuando el

pan es elaborado a partir de harinas que contienen niveles de KBrO_3 dentro de los límites anteriormente aceptados, el mismo se transforma casi por completo en KBr durante el horneado, por lo que el método oficial de análisis AOAC 956.03 no es confiable. (López, P. et.al. 1999) De cualquier forma, su consumo a estos niveles excede los límites máximos permitidos, por lo que representa un riesgo para la salud del consumidor.

La presencia de bromato de potasio en las harinas destinadas a la panificación y a las diferentes variedades de panes que se venden y consumen en cualquier país es mínima y no representa ningún peligro para la salud de los consumidores, de acuerdo a un estudio a cargo del Instituto de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana, en colaboración con la Escuela de Farmacia de esa Academia. Ese estudio incluyó el análisis de muestras de las harinas procesadas por los molinos del país y de más de 20 panaderías del Distrito Nacional. La información que presentaron destaca que, estudios realizados por el Comité Mixto (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimenticios y Contaminantes -JECFA- determinó que para que puedan detectarse trazas de bromato residual en los panes es preciso que las harinas que se utilizan en su elaboración lo contengan por encima de 50 mg/kg. (IPCS-INCHEM, N.D.) En ese sentido el presente estudio demuestra que el 17.64% de muestras sometidas a investigación, contienen bromato de potasio por encima de 50 mg/Kg de harina (ver Tabla No. 6, *sección de Resultados*). Informaron que se ha podido establecer, a través de otras investigaciones (González, J. 2007), que la dosis tóxica de bromato de potasio para niños es 240-500 mg por cada kilogramo

de harina, mientras que en adultos los casos graves de intoxicación están asociados con ingestiones de 12-50 g por kilogramo de peso y que en la región hispanoamericana, en general, no se han registrado casos de intoxicación con bromato de potasio.

Actualmente como alternativa al uso de bromato de potasio se utilizan mezclas de enzimas con actividad secundaria, ácido ascórbico (vitamina C que es un oxidante), lecitina de soya y otros compuestos. Hay toda una nueva generación de productos que son ahora auxiliares de la panificación y que se expenden en pastillas solubles en agua, lo que facilita su empleo en cantidades controladas; (Ibañez, L. 1993) Sin embargo, el problema va más allá, por ejemplo, en Estados Unidos el bromato en la harina no se prohibió sino que se reguló, porque de no producirse harina con bromato, el precio del pan llegaría a niveles insostenibles. Con el poder que tienen los industriales en ese país no podía ser de otra forma; pero eso no desmiente el hecho que el bromato de potasio es un cancerígeno. Y de la misma manera se proyecta para Guatemala y el resto de países latinoamericanos, la sustitución en el uso de bromato significará mayores costos de producción que serán trasladados a los consumidores. (Ibañez, L. 1993)

Dentro de la proporción de muestras positivas, se evaluó cuál podría ser el parámetro poblacional correspondiente, a esa proporción, de unidades que cumplen y se determinó que está entre el 60.422 y el 96.617 %. Este intervalo expresa que de repetirse cien veces el estudio, probabilísticamente entre el 60 y el 96% de las muestras cumplirían dentro de la población,

por lo que se demuestra que, en efecto, la mayoría de las panificadoras del centro de la ciudad capital, elaboran productos acordes a la norma en cuanto al uso de bromato; sin embargo, tal aseveración, cabe resaltar, es poco precisa, y ello se debe al tamaño pequeño de muestras utilizadas para realizar las estimaciones.

Cuando se discute la seguridad de un aditivo alimenticio, el grado de exposición de la población a la sustancia, necesita tener una consideración especial, así mismo, para evaluar los efectos en la salud, de la exposición a un tóxico químico en la dieta se necesita información sobre la ingesta de esas sustancias, en particular son necesarios datos sobre concentraciones efectivas de esas sustancias en diversos alimentos. En ese sentido, los resultados aquí expresados pueden interpretarse como una herramienta de soporte para las entidades de salud encargadas de velar por la seguridad alimentaria, cuyos esfuerzos se centran principalmente en el monitoreo del cumplimiento de la norma a nivel de harinas, y no en el producto terminado del proceso de panificación. Además se hace evidente que los aditivos en alimentos de consumo regular como el pan, deberían tener requerimientos estrictos, por lo que cabe resaltar la labor emprendida por otros países centroamericanos en los que la normativa, no solo para el aditivo en mención, sino también para muchos otros, es más estricta. (Ibañez, L. 1993)

10. CONCLUSIONES

- 10.1. Se encontró que el 21.05% de las muestras analizadas poseen bromato de potasio en su formulación como mejorador de masa.
- 10.2. El 17.64% de las muestras analizadas no cumplen con la normativa propuesta por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.15:07.
- 10.3. Según el monitoreo efectuado, el 83.35% de las panificadoras incluidas en el estudio cumple con las exigencias de calidad descritas en la normativa establecida por el Reglamento Técnico Centroamericano para el uso de este aditivo.
- 10.4. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden interpretarse como una herramienta de soporte para las entidades de salud encargadas de velar por la seguridad alimentaria, cuyos esfuerzos se centran principalmente en el monitoreo del cumplimiento de la norma a nivel de harinas, y no en el producto terminado del proceso de panificación.
- 10.5. Del 78.94% de muestras que no presentaron Bromatos en la prueba cualitativa, el 10.53% corresponde a muestras con yodatos en su formulación, lo que las hace inespecíficas para la cuantificación de bromatos.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1. Evaluar la necesidad de ampliar investigaciones de este tipo, orientadas a la evaluación de la calidad final del pan que se comercializa en el territorio nacional, debido a que los molinos cada vez se desarrollan más y más, introduciendo sistemas de gestión de la calidad y de seguridad alimentaria; situación que contrasta grandemente con la falta de capacitación o cuidados aplicables en ese sentido por parte de muchos panaderos artesanales.
- 11.2. Realizar investigaciones que contrasten ampliamente las cantidades de Bromato de Potasio adicionado a las harinas y el Bromato de Potasio recuperado en el producto final de panificación, mediante técnicas de análisis cuantitativo más selectivas, exactas y con muestras más representativas con respecto al tamaño poblacional.
- 11.3. Por lo que respecta a alimentos, el público debe ser protegido en todos los asuntos relacionados con la salud y la economía, por lo que es recomendable la adopción de normativas más estrictas por parte del Ministerio de Salud, como las impuestas por otros países latinoamericanos, sin dejar de lado el aporte de soluciones y alternativas que contemplen la protección económica tanto del productor como del consumidor.

12. REFERENCIAS

1. Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official Methods of Analysis (AOAC)*. 17th edition. USA. Ed. George Bants Company.
2. Bennion, E. (1967). *Fabricación de Pan*. 4^a edición. España. Ed. Acribia S.A. 396p.
3. Besancon, P. y Bidan, P. (1988). *Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias*. España. Ed. Acribia S.A. 680p.
4. Brandt, K. et.al. (2005). *Producción de Pan de Trigo, Control de la calidad y Seguridad Alimenticia en las cadenas de producción Orgánica*. Organic HACCP. Consultado en Junio de 2009. Disponible en la Web: http://www.organichaccp.org/Lib/OrganicHACCP/Leaflet/ES/09_Wheat_ES.pdf
5. Charley, H. (2006). *Tecnología de Alimentos, Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos*. México. Ed Limusa. 767p.
6. Dra. Prada, D; Dr. Piola, C. (2001). Argentina. *Bromatos, Aspectos toxicológicos y regulatorios*. Servicio de Toxicología, Rosario, Argentina. Consultado en Mayo de 2009. Disponible en la Web: www.sertox.com.ar/modules
7. FAO/OMS (Ed.). (1991). *Guía de Especificaciones para test de Identificación*. 5^a edición. Italia. FAO/OMS. 239p.
8. FAO/OMS (Ed.). (1973) *Lista de Aditivos evaluados en cuanto a su Inocuidad en el uso Alimentario*. Italia. FAO/OMS (CODEX) Documento Técnico, 83p.
9. Gonzáles, J. (2007). *Perú: Embriotoxicidad del bromato de potasio en ratón*. Revista Peruana de Biología.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
Consultado en Mayo de 2009. Disponible en la Web:
<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bVrevistas/biologia/v14n1/pdf/v14n01a14.pdf>

10. Hobbs, B. y Roberts, D. (1993). *Higiene y Toxicología de Alimentos*. 3ª edición. España. Ed. Acribia S.A. 654p.
11. Ibañez, L. (1993). Tesis Ad Gradum de Química Farmacéutica: "Determinación cuantitativa de Bromato de Potasio en harina, mejorando la masa y estimulación en panes". Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima, Perú.
12. INE/SEGEPLAN. (1992) *Encuesta Nacional de Consumo Aparente de Alimentos*. Guatemala. INE/SEGEPLAN. 62p.
13. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. (2005). *Manual de Panificación*. Guatemala. INTECAP/Depto. Técnico Didáctico. Doc. Tec. 143p.
14. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. (2005). *Manual de Panificación*. Guatemala. INTECAP/Nivel Operativo, Panadero. Doc. Tec. 134p.
15. Lewis, S. y Richard, J. (1989). *Food Additives Handbook*. New York. USA. Ed. Chapman & Hall. 598p.
16. López, P. et.al. (1999). *Argentina: Estudio Realizado para determinar el uso indebido de $KBrO_3$ en productos de panificación*. Boletín para Profesionales. Vol. VII (nº1) Instituto Nacional de Alimentos ANMAT, Argentina. Consultado en Mayo de 2010. Disponible en la Web: http://www.anmat.gov.ar/webanmat/publicaciones_boletinesProfesionales.asp
17. Madrid, A. (1989). *Manual de Industrias Alimentarias*. 3ª edición. España. Vicende Ediciones. 565p.

18. Menchú, M. et.al. (2007). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. 2ª edición. Guatemala. OPS/INCAP. 128p.
19. Morris, J. (2006). República Dominicana. *Aspectos de la calidad del pan*. Qlif. Consultado en Junio de 2009. Disponible en la Web:
[www.qlif.org/Library/pub/haccp_el/9_prod_wheat/9_ES_web_p roduccion_pan_A3.pdf](http://www qlif.org/Library/pub/haccp_el/9_prod_wheat/9_ES_web_p roduccion_pan_A3.pdf) -
20. Norma Guatemalteca Obligatoria. (1985). *Harinas de Origen Vegetal*. COGUANOR NGO 34 086 h10. Ministerio de Economía, Guatemala. Consultado en Mayo de 2009. De la Web:
www.coguanor.org/dmdocuments/sst/legis/guatemala/gua_decr eto_1523.pdf
21. Norma Técnica Peruana ITINTEC NTN 206006. (1975). *Productos de Panadería. Extracción y Preparación de la Muestra para Laboratorio*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -INDECOPI-. Consultado en Mayo de 2009. De la Web:
www.minem.gob.pe/archivos/dge/legislacion/normas/num.pdf
22. Norman, P. (1973). *La Ciencia de los Alimentos*. México. Ed. Harla. 749p.
23. Rasmussen, J. (2000). México. *Proceso de elaboración de pan*. Boletín técnico panificador. Consultado en Junio de 2009. Disponible en la Web:
www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r13755 .DOC.html
24. Reglamento Técnico Centroamericano RTAC 67.01.15:06 Consultado en Mayo de 2009, de la web:
www.ops.org.ni/opsnic./tematicas/nutricion/downloads/norm a-tec-unionaduanera.doc

25. Sadurni, C. y Castells, A. (1997). *Técnicas de Pastelería, Panadería y Conservación de Alimentos*. España. Ed. Síntesis S.A. 254p.
26. Váldez, S. (2008). Guatemala. *Dudas en uso de bromato*. Prensa Libre, Guatemala. Consultado en Mayo de 2009. Versión electrónica disponible en:
<https://www.prensalibre.com.gt/pl/2008/junio/07/243053.html>
27. Verdú, J. (1990) *Nutrición y Alimentación Humana*. España. Ed. Océano/Ergón. 700p.
28. IPCS-INCHEM Programa Internacional de seguridad Química. (N.D.) Joint Expert Committee on Food Additives. Consultado en Mayo de 2009:
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je03.htm>

13. ANEXOS

13.1 HECHURA DEL PAN FRANCÉS

El pan francés original es un pan que no lleva manteca, su forma es alargada y es bastante crujiente. Así mismo se sabe del pan francés que es el de más difícil fabricación, el de más bajo rendimiento, el de más elevado costo de distribución y el de menor tiempo de conservación.

13.1.1 Preparación de los ingredientes

Para elaborar 130 kg de pan diarios se necesitarían de los siguientes ingredientes o materias primas:

MATERIA PRIMA	CANTIDAD
Harina	10 kilogramos
Agua	56 litros
Sal	1,500 gramos
Levadura	1,600 gramos
Malta	0,300 gramos
Aditivos panificados	xxxx

Antes de comenzar a trabajar es de suma importancia controlar que el lugar de trabajo, los equipos y los utensilios así como el personal destinado a la elaboración, cumplan los requisitos higiénicos indispensables, que son las Buenas Prácticas de Manufactura (bpm).

13.1.2. Pesado de los ingredientes

Pesar todos los ingredientes sólidos y medir los líquidos utilizando balanza y recipiente con escala de medidas, respectivamente. El pesado no debe realizarse por aproximación ni utilizando medidas como la pizca, el puñado.

Esta etapa es importante para mantener la calidad constante del producto. No se debe hacer por aproximación.

13.1.3 Mezclado

La etapa que sigue al pesaje es la mezcla. En ella los ingredientes se unen todos en una sola masa y de allí en adelante el proceso sigue según la masa formada. En caso de un error durante su desarrollo ya no se podrá volver atrás y el error se reflejará luego en el pan elaborado.

13.1.4 Recogido de la masa

El amasado es una etapa clave y decisoria en la calidad del pan. En esta etapa influirá tanto el tipo de amasadora como la velocidad, la duración y la capacidad de ocupación de la misma. Durante este proceso, los componentes de la harina (almidón, proteínas, grasas, cenizas y enzimas), pierden su individualidad y, junto con sus demás ingredientes, van a dotar a la masa de unas características plásticas (fuerza y equilibrio). En esta etapa se pueden

diferenciar dos fases: mezcla y amasado intensificado, tanto si utiliza una amasadora lenta como rápida.

La mezcla se realiza en primera o baja velocidad y no debe ser demasiado larga (3 a 5 minutos). Aquí se pueden hacer correcciones, es decir, añadir agua o harina hasta lograr el punto deseado.

El amasado intensificado se efectúa en segunda o alta velocidad. El tiempo de amasado dependerá de las características de la amasadora, de los ingredientes utilizados y de la temperatura del lugar de trabajo (cuadra) de la harina y del agua.

Es importante determinar la temperatura la masa. Para alcanzar la temperatura deseada (entre 24 y 26 °c en invierno y entre 20 y 22 °c en verano). La forma más sencilla es regular la temperatura del agua, con hielo o agua caliente, según corresponda. La operación de mezclar y amasar produce un aumento de temperatura de la masa, causada principalmente por el calor producido por la hidratación de la harina al iniciar la absorción de agua y por el calor generado por la fricción de la masa durante el amasado.

13.1.5 Fermentación

Deje que la masa se fermente por aproximadamente 30 min. Esta etapa del proceso es crítica para la obtención de un

pan con características aromáticas óptimas (se debe tapar con nylon para evitar que la masa se seque).

13.1.6 Redondeado

La masa se pasa por la sobadora para lograr celdillas (agujeritos del pan) cada vez más pequeñas y obtener una miga más uniforme. Con la sobadora se obtiene un pan más compacto, de corteza más brillante y miga más clara.

13.1.7 Descanso / Reposo

Posteriormente se dejará descansar la masa durante aproximadamente 10 minutos sobre una mesa, tapada con un nylon (limpio y desinfectado). Esto permitirá que la masa se relaje, facilitando una mejor división y armado.

13.1.8 División / armado

Esta masa descansada se separa en bollos a los que se les da la forma y el tamaño característicos del tipo de pan francés que va a producir (flauta, felipe, milonguita, baguette, etc.). Esta etapa puede desarrollarse en forma manual o mecánica (utilizando maquinaria).

13.1.9 Estibado

Una vez armados los bollos, se colocan sobre las bandejas, que deben ser previamente untadas con grasa, margarina u otro material desmoldante para que la masa no

se pegue, salvo que se cuente con bandejas con recubrimiento antiadherente o sobre tablas de madera, previamente cubiertas por sus liencillos (tendillos). Una vez más se protegen las piezas de masa para evitar que se sequen.

13.1.10 Segunda fermentación

De este modo, se dejan fermentar. Esto permite que las piezas leven, que se expanda el volumen y que se defina el aroma. El tiempo de fermentación dependerá de la cantidad de levadura utilizada y de las condiciones de humedad y temperatura, que no debe ser superior a 30 °c dado que la temperatura ideal para el desarrollo de la levadura es de 27 °c. En el modelo desarrollado es necesario dejar fermentar la masa entre 60 y 90 minutos.

13.1.11 Cortado

A continuación se hace un corte sobre la superficie para que el pan termine de desarrollarse en el horno y no se fracture.

13.1.12 Cocción

Independientemente del tipo de horno la cocción se realizará siempre entre 180 y 260 °c, en una atmósfera rica en vapor de agua. Las características de tiempo y temperatura de cocción dependerán del profesional panadero

y del tipo de pan, ya que es la experiencia la que demuestra la mejor forma de cocción.

La cocción de pan francés requiere de la generación de vapor de agua, dado que la misma permite el desarrollo de las piezas, aumenta el volumen y le otorga brillo y color. El tiempo de cocción dependerá del tamaño del pan. Si es un pan flauta, el tiempo aproximado es de 20 a 25 minutos.

13.2 SITUACIÓN EN GUATEMALA

A continuación se presenta información estadística que refleja una estimación del consumo promedio de productos alimenticios, derivados de panificación, de la población guatemalteca.

Tabla No. 1

Consumo de Alimentos, per cápita diario en gramos (g), por área urbana y rural, según grupo de alimentos.

Grupo de Alimentos	Total (g)	Área (%)	
		Urbana	Rural
Pan Francés	24	43	13
Derivados del Trigo	72	107	51

Tabla No. 2

Distribución de los hogares que consumen este alimento por área, urbana y rural, según producto alimenticio.

Producto	Total	Área %	
		Urbana	Rural
Pan Francés	67.3	82.7	58.1

Tabla No. 3

Distribución porcentual de los hogares a nivel nacional por causas de (NO) consumo de éste alimento.

Alimento	Alto precio	Disponibilidad	Hábitos alimenticios	No es frecuente	Otras
Pan francés	11.7 %	6.8%	31.7%	37.3%	12.4%

Tabla No. 4

Distribución porcentual de los hogares por área urbana de la forma de adquisición de los alimentos, según grupo de alimentos.

Alimento	Área Urbana			
	Compra	Produce	Otra	No Sabe
Pan francés	96.1%	0.3%	0.4%	3.2%

Tabla No. 5

Consumo de Alimentos per cápita diario en gramos (g) por región de consumo, según grupo de alimentos.

Alimento	Región						
	Metropolitana	Central	Norte	Costa Atlántica	Oriente	Costa Pacífico	Altiplano
Pan francés	52g	27g	8g	35g	19g	24g	7g

Tabla No. 6

Composición del Pan Francés en 100 gramos de porción comestible.

No.	Nombre	Agua %	Energía Kcal.	Proteína g	Grasa total g	Carbohidratos g	Ceniza g	Calcio mg	Fósforo mg	Hierro mg	Tiamina mg	Riboflavina mg	Niacina mg	Vit. C mg	Retinol mcg
1	Pan francés de Costa Rica	39.60	243.00	8.20	0.70	49.50	2.00	28.00	51.00	2.20	0.08	0.04	0.96	0.00	0.00
2	Pan francés de El Salvador	19.00	330.00	11.50	0.40	67.90	1.20	36.00	100.00	2.10	0.08	0.06	1.06	0.00	0.00
3	Pan francés de Guatemala	26.60	311.00	9.40	4.30	58.50	1.10	38.00	114.00	4.90	0.10	0.20	1.26	0.00	2.00
4	Pan francés de Honduras	17.20	357.00	12.10	4.70	65.10	0.90	11.00	104.00	2.40	0.05	0.04	1.14	0.00	0.00
5	Pan francés de Nicaragua	15.50	360.00	12.70	4.20	66.30	1.30	49.00	114.00	1.30	0.10	0.14	1.57	0.00	0.00
6	Pan francés de Panamá	22.90	317.00	10.80	1.80	63.10	1.40	32.00	101.00	1.80	0.08	0.06	1.20	0.00	0.00

Autor:

Jorge Alberto Estrada Agustín



Firma
(Estudiante)

Asesora:

Licda. Julia Amparo García Bolaños



Firma

Revisora:

Licda. Aylin Santizo



Firma

Director de Escuela:

Lic. Estuardo Serrano Vives.



Firma