

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos



“Caracterización del pan francés utilizando diferentes presentaciones de levaduras (fresca, seca granulada y seca instantánea) para mejorar el rendimiento de producción en la industria de panificación”

Silvia Patricia Barrios Martínez

Guatemala

2011

**Caracterización del pan francés utilizando diferentes presentaciones de levaduras
(fresca, seca granulada y seca instantánea) para mejorar el rendimiento de producción
en la industria de panificación**

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos



Caracterización del pan francés utilizando diferentes presentaciones de levaduras (fresca, seca granulada y seca instantánea) para mejorar el rendimiento de producción en la industria de panificación

Trabajo de investigación presentado por Silvia Patricia Barrios Martínez para optar el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Guatemala

2011

Vo. Bo. :

(f) 
Ingeniera Elsa Gudiel
Asesora

Tribunal Examinador:

(f) 
Ingeniera Elsa Gudiel
Asesora

(f) 
Licenciada Ana Silvia Colmenares

(f) 
Ingeniero Salvador Morales

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de diciembre de 2011

PREFACIO

Gracias a Dios por darme la oportunidad de haber llegado hasta aquí,
A mis padres por toda la ayuda y apoyo a lo largo de todo este tiempo,
Mis amigos por su apoyo en las buenas y en las malas,
Panadería Olid por permitir realizar el estudio y brindarme los recursos para hacerlo,
Mi asesora y catedrática por su ayuda, comprensión y apoyo,
Universidad por ayudarme a alcanzar mi meta.

CONTENIDO

| | Página |
|--------------------------------------|--------|
| Prefacio ----- | vi |
| Lista de tablas ----- | ix |
| Lista de gráficas ----- | xii |
| Lista de ilustraciones ----- | xiii |
| Lista de ecuaciones ----- | xiv |
| Resumen ----- | xv |
| | |
| I. Introducción ----- | 1 |
| A. Antecedentes ----- | 1 |
| B. Justificación ----- | 4 |
| C. Objetivos ----- | 5 |
| D. Materiales y métodos ----- | 6 |
| | |
| II. Marco teórico ----- | 15 |
| A. Introducción----- | 15 |
| B. Atributos de calidad del pan----- | 15 |
| C. Características del pan----- | 15 |
| D. Sabor y aroma----- | 16 |
| E. Alteración y envejecimiento----- | 16 |
| F. Elaboración del pan----- | 17 |
| 1. Pan francés----- | 18 |
| G. Levadura----- | 19 |
| 1. Fresca----- | 20 |
| 2. Seca granulada----- | 22 |
| 3. Seca instantánea----- | 23 |
| H. Fermentación----- | 24 |

| | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------|
| I. Dosificación----- | 26 |
| III. Resultados y discusión ----- | 27 |
| A. Elaboración del pan----- | 27 |
| B. Resultados de análisis fisicoquímicos----- | 34 |
| C. Resultados de evaluación sensorial ----- | 52 |
| D. Resultados de rendimientos de levaduras ----- | 62 |
| E. Comparación de las levaduras y determinación de la más adecuada ----- | 63 |
| IV. Conclusiones ----- | 66 |
| V. Recomendaciones ----- | 67 |
| VI. Bibliografía ----- | 68 |
| VII. Apéndice ----- | 71 |
| A. Gráficas, tablas y cálculos ----- | 71 |
| B. Análisis estadístico ----- | 79 |
| C. Guías y boletas análisis sensorial ----- | 80 |
| D. Normas ----- | 85 |
| E. Fotografías del proceso ----- | 85 |

LISTA DE TABLAS

| Tabla | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Consumo de harina de trigo en Guatemala | 4 |
| 2. Formulación para elaboración de pan francés a base de levadura fresca | 6 |
| 3. Formulación para elaboración de pan francés a base de levadura granulada | 7 |
| 4. Formulación para elaboración de pan francés a base de levadura instantánea | 8 |
| 5. Peso pan antes de hornear | 18 |
| 6. Condiciones de uso de levaduras | 24 |
| 7. Condiciones adecuadas de almacenamiento | 24 |
| 8. Porcentaje de humedad de pan | 34 |
| 9. Dimensiones de pan | 36 |
| 10. Defectos en pan | 40 |
| 11. Coloración de corteza en pan | 42 |
| 12. Título de acidez total y pH de pan | 44 |
| 13. Costo de materia prima para elaboración de pan | 62 |
| 14. Pesos de muestras de pan para cálculo de porcentaje de humedad | 71 |
| 15. Dimensiones de recipiente utilizado para análisis de volumen | 71 |
| 16. Desplazamiento, peso, volumen y densidad muestras de pan con levadura fresca | 71 |
| 17. Desplazamiento, peso, volumen y densidad muestras de pan con levadura instantánea | 72 |
| 18. Desplazamiento, peso, volumen y densidad muestras de pan con levadura granulada | 72 |
| 19. Mililitros de Hidróxido de Sodio 1N utilizados para prueba de Título de Acidez Total | 72 |

| Tabla | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 20. Fuerzas de penetración obtenidas en texturómetro para prueba de compresibilidad | 73 |
| 21. Dimensiones de masas elaboradas con levaduras “control” para análisis de estabilidad de almacenamiento | 73 |
| 22. Dimensiones de masas elaboradas con levaduras almacenadas a 25C por 7 días | 73 |
| 23. Dimensiones de masas elaboradas con levaduras almacenadas a 15C por 7 días | 74 |
| 24. Dimensiones de masas elaboradas con levaduras almacenadas a 4Cpor 7días | 74 |
| 25. Dimensiones de masas elaboradas con levaduras almacenadas a 25C por 14 días | 74 |
| 26. Dimensiones de masas elaboradas con levaduras almacenadas a 15C por 14días | 75 |
| 27. Dimensiones de masas elaboradas con levaduras almacenadas a 4C por 14 días | 75 |
| 28. Descriptores de pan elaborado en panadería 1 y 2 utilizados en grupo focal | 75 |
| 29. Descriptores otorgados por panelistas en grupo focal para muestras de Pan 1 y Pan 2 | 76 |
| 30. Media de intensidad de cada descriptor de muestras de pan elaboradas con levadura fresca, instantánea y granulada | 76 |
| 31. Tabla de frecuencia de cada descriptor de muestras de pan elaboradas con levadura fresca, instantánea y granulada | 77 |
| 32. Preferencia de pan según tipo de levadura con comentarios | 77 |
| 33. Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de humedad | 79 |
| 34. Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de pesos | 79 |
| 35. Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de volumen | 79 |

| Tabla | Página |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 36. Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de densidades | 79 |
| 37. Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de pH | 79 |
| 38. Análisis 38 ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de título de acidez total | 79 |
| 39. Orden de presentación de muestras | 84 |
| 40. Requisitos del pan popular por norma COGUANOR NTG 34168 | 85 |

LISTA DE GRÁFICAS

| Gráfica | Página |
|----------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Precio pan francés | 2 |
| 2. Fuerza de penetración en pan | 45 |
| 3. Crecimiento de masa por levaduras almacenadas a 25 ⁰ C | 48 |
| 4. Crecimiento de masa por levaduras almacenadas a 15 ⁰ C | 49 |
| 5. Crecimiento de masa por levaduras almacenadas a 4 ⁰ C | 49 |
| 6. Preferencia por atributos | 53 |
| 7. Media de atributos de apariencia | 54 |
| 8. Frecuencia de atributos de apariencia | 54 |
| 9. Media de atributos de aroma | 55 |
| 10. Frecuencia de atributos de aroma | 56 |
| 11. Media de atributos de textura al tacto | 57 |
| 12. Frecuencia de atributos de textura al tacto | 57 |
| 13. Media de atributos de textura en boca | 58 |
| 14. Frecuencia de atributos de textura en boca | 59 |
| 15. Media de atributos de sabor | 60 |
| 16. Frecuencia de atributos en sabor | 60 |
| 17. Preferencia de pan según tipo de levadura | 61 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| Ilustración | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Gráficas prueba compresibilidad | 47 |
| 2. Masas elaboradas con levaduras almacenadas a 25 ⁰ C por 7 días | 50 |
| 3. Masas elaboradas con levaduras almacenadas a 4 ⁰ C por 7 días | 51 |
| 4. Masas elaboradas con levadura almacenada en condiciones adecuadas y condiciones inadecuadas | 52 |
| 5. Fotocopias miga de pan a base de levadura fresca | 85 |
| 6. Fotocopias miga de pan a base de levadura seca instantánea | 86 |
| 7. Fotocopias miga de pan a base de levadura seca granulada | 86 |
| 8. Cartillas de color utilizadas para color de corteza y miga | 87 |
| 9. Miga de pan a base de levadura fresca | 89 |
| 10. Miga de pan a base de levadura seca instantánea | 89 |
| 11. Miga de pan a base de levadura seca granulada | 89 |
| 12. Pan elaborado a base de levadura seca instantánea | 90 |
| 13. Pan elaborado a base de levadura fresca | 90 |
| 14. Pan elaborado a base de levadura seca granulada | 90 |

LISTA DE ECUACIONES

| Ecuación | Página |
|---------------------------|--------|
| 1. Porcentaje de humedad | 10 |
| 2. Volumen | 10 |
| 3. Título de acidez total | 11 |

RESUMEN

Guatemala se caracteriza por su amplia variedad de formas de producción de alimentos, uno de los más populares es el de la elaboración de productos panaderos, como el pan francés. La mayoría de panaderías guatemaltecas tienen la particularidad de poseer procesos antiguos y tradicionales, muchas veces caseros; esta característica brinda propiedades organolépticas únicas, que los distinguen de productos panaderos que son fabricados con procesos que utilizan equipos con tecnología moderna, los cuales poseen características agradables para el consumidor, pero que tienen variabilidad en propiedades organolépticas que tienen los panes tradicionales, además la utilización de tecnología moderna se ve reflejada en el incremento del precio del pan francés.

En nuestro país, la población no tiene recursos suficientes para alimentarse de forma balanceada, una de las causas de este problema se debe a que los precios de los productos de la canasta básica van en aumento, tal es el caso del pan francés.

Debido a este problema, se tenía como objetivo desarrollar una mejora al proceso de elaboración de pan francés, mediante el análisis de las tres presentaciones de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* que se distribuyen en Guatemala: levadura fresca, levadura seca granulada y levadura seca instantánea; con esto se buscaba optimizar el rendimiento de producción de pan francés, apoyando las panaderías tradicionales que son vitales para la economía y nutrición de nuestro país, en este caso se utilizó como producto base, el elaborado por la Panadería 1.

Se concluyó que la sustitución de la levadura fresca en la elaboración de pan francés por medio del uso de levadura seca instantánea demostró mejorar el rendimiento por medio de la reducción de costos de manera reducida, pero mejora características fisicoquímicas de acidez y estructura alveolar de la miga, además de facilitar el proceso de elaboración del pan y el almacenamiento de la levadura

I. INTRODUCCIÓN

A. ANTECEDENTES

Guatemala es en la actualidad el mercado agroalimentario más amplio de Centroamérica, con una posición relevante de sus empresas de transformación tanto desde el punto de vista de la producción como de la exportación. Las industrias de alimentos y bebidas, con el 42.3% del total de la producción industrial, constituyen el primer sector de la industria manufacturera de Guatemala, y emplean el 36.7% de la mano de obra. Estas cifras dan una idea de la importancia de esta industria que se encuentra en un claro proceso de expansión. (Loma-Ossorio, 2000)

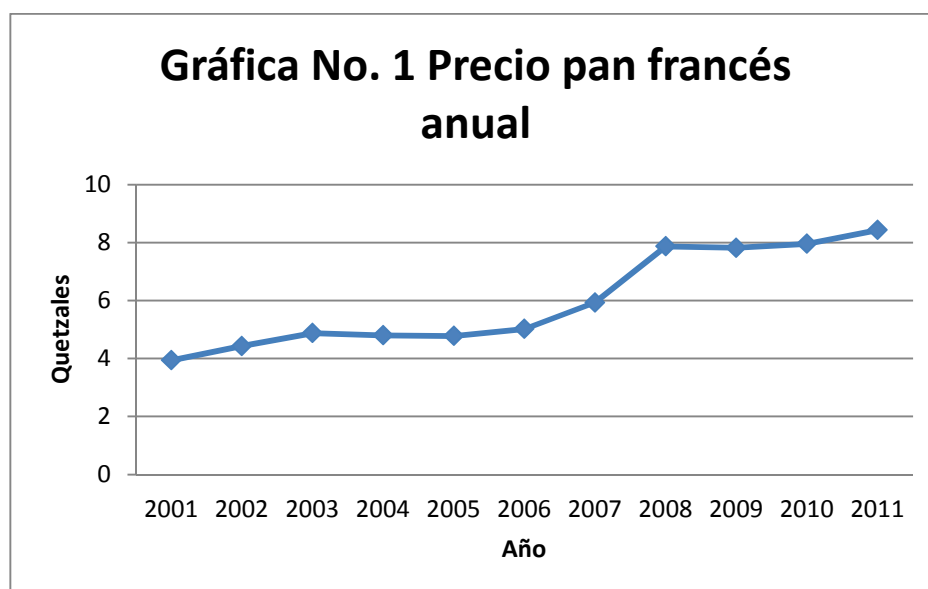
Las empresas agroalimentarias de Guatemala manifiestan cada vez mayor interés en incrementar la calidad, el prestigio y la excelencia de sus productos, pero la presión de la competencia interna y externa, requieren mejorar la gestión, aumentar el nivel de internacionalización mediante la promoción exterior, el intercambio de tecnología y la inversión en activos productivos y una mayor inversión en investigación y desarrollo. (Loma-Ossorio, 2000)

En Guatemala la industria derivada de la harina de trigo está orientada fundamentalmente a satisfacer el mercado nacional. A pesar de ser un subsector en general de escaso desarrollo, está constituido por pequeñas y medianas empresas, sobretodo panaderías, de gran importancia social, por ser fuente de ingresos y empleo de numerosas familias. Se calcula que en el país existen unas seis mil panaderías pequeñas, de carácter familiar que genera aproximadamente unos cincuenta mil empleos. (Loma- Ossorio, 2000)

El subsector ha acusado en los últimos años la reducción de la producción de trigo, y la presencia, cada vez mayor, de productos foráneos para atender el consumo doméstico. Esta situación ha llevado al incremento de las importaciones de trigo por parte de los molineros, principalmente de Estados Unidos y Canadá, que permite abastecer las empresas guatemaltecas productoras de derivados de la harina, como la industria de la panadería y producción de pastas. (Loma-Ossorio, 2000)

El incremento en el índice de precios en los alimentos ha aumentado en un 25% hasta el 2008 y el 67% de sus gastos totales son utilizados para el consumo de alimentos en los hogares pobres. Los principales productos afectados por el alza son las leguminosas, cereales, productos de panadería, frutas, aceites, grasas, lácteos, grasas, huevos y carne. (Jaramillo, 2008)

Datos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) indican que en términos nominales el alza de precios en alimentos sube sustancialmente en el maíz y trigo desde 2002 los cuales son básicos para el consumo de la población guatemalteca (tortilla y pan). El aumento de precios está concentrado en cuatro productos de la canasta básica: trigo, arroz, aceites vegetales y lácteos. (Graziano, 2008)



Datos proporcionados por la página electrónica del Instituto Nacional de Estadística (INE), en relación a la canasta básica.

Medidas recién tomadas por el gobierno de Guatemala para suprimir los efectos al alza de precios en los alimentos son: eliminación de impuestos a la importación (ej. harina trigo en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua) e incentivos especiales para la producción de granos (México y Centroamérica) (Graziano, 2008)

Cualquier variación de los precios del trigo en el ámbito internacional puede afectar la rentabilidad de la producción de pastas, harina y pan, notablemente, más aún, en un país en el cual los precios se encuentran regulados desde hace mucho tiempo. (Gabay, 2009)

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), entre los alimentos de mayor consumo por el guatemalteco encontramos los cereales, como el maíz y el trigo. El trigo es el segundo cereal más consumido por la población, principalmente en forma de pan, pastas y otros productos de panificación. Los datos de la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO) muestran que en nuestro país, el suministro nacional de trigo se ha duplicado durante los últimos 15 años y siendo el pan la forma más común de consumirlo, se asume que también ha aumentado el consumo del mismo. (INE, 2011)

En Guatemala, según los datos proporcionados por la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO) el consumo de harina de trigo desde el año 1990 hasta el año de 2001, se ha incrementado aproximadamente en un 22% (Tabla No.1). La harina de trigo se utiliza principalmente para la preparación de pastas y panes de diferentes tipos. El incremento en la disponibilidad nacional de harina de trigo supone un aumento en el consumo de derivados del trigo, principalmente de pan. (Graziano, 2008)

Tabla No.1 Consumo de harina de trigo en Guatemala

| Año | Consumo (kg/año/per capita) |
|------|--------------------------------|
| 1990 | 24.5 |
| 1991 | 25.4 |
| 1992 | 30.5 |
| 1993 | 28.1 |
| 1994 | 30.6 |
| 1995 | 27.4 |
| 1996 | 28.7 |
| 1997 | 33.5 |
| 1998 | 35.5 |
| 1999 | 31.8 |
| 2000 | 30.0 |
| 2001 | 34.0 |

Datos proporcionados por la página electrónica de la organización para la agricultura y la alimentación (FAOSTAT)

La industria de la panadería, bollería y galletería presentan diferencias en sus formas y métodos de producción. Así por ejemplo, aquellas dedicadas a elaborar pan y bollería, en general, se caracterizan por los bajos niveles de tecnología, escaso desarrollo de sistemas de calidad e inocuidad y deficiencia en el empaque y capacidad de distribución del producto. (Loma-Ossorio, 2000)

El producto de panadería que más se consume en Guatemala es el pan francés (en forma de bollo), seguido por el pan dulce, con cubierta de manteca y azúcar. (Loma-Ossorio, 2000)

B. JUSTIFICACIÓN

Guatemala posee una amplia área de comercio panadero, por lo que la panadería 1 permitió realizar un trabajo de investigación dentro de sus instalaciones sobre un posible cambio de utilización de levadura en pan francés, ya que en la actualidad utilizan levadura fresca, pero se basan en esta elección únicamente porque posee un menor costo en comparación a la levadura seca granulada y seca instantánea.

Por lo que como parte de la investigación de trabajo de graduación se elaboró una caracterización de pan francés de las tres presentaciones de levadura que son distribuidas en el país, para que la elección de la levadura sea la adecuada y que tenga beneficios no únicamente en rendimientos, sino también en características sensoriales, vidas de anaquel, facilidades en la elaboración y almacenamiento de la levadura; para ello se utilizó levadura fresca o prensada, levadura seca granulada y seca instantánea.

Con ello se esperaba aumentar los rendimientos del pan mediante la utilización de la levadura en la dosificación adecuada para lograr obtener un producto con mayores beneficios, que los que ya se tienen en la actualidad.

C. OBJETIVOS

1. General

Proponer una alternativa de sustitución de levadura que mejore el rendimiento, las características fisicoquímicas y facilite el proceso de elaboración del pan francés, garantizando el ahorro en la producción a través de la reducción de costos de materia prima por medio de la utilización de la levadura que mejor desarrolle las características deseables en el pan producido en la industria de panificación.

2. Específicos

- Comparar parámetros físicos de los panes elaborados con levadura fresca, seca granulada y seca instantánea.
- Determinar las características fisicoquímicas de los panes elaborados.
- Evaluar los atributos de olor, apariencia, textura y sabor de los panes por medio de un análisis sensorial, así como su preferencia.
- Determinar el rendimiento de los panes obtenidos de cada una de las levaduras.

D. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Elaboración de pan francés: Antes de iniciar 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, de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Tabla No. 2 Formulación para elaboración de pan francés a base de levadura fresca

| Ingrediente | Cantidades a utilizar (lb) |
|----------------------|----------------------------|
| Harina de trigo dura | 100.00 |
| Manteca vegetal | 4.00 |
| Azúcar | 1.50 |
| Levadura fresca | 1.30 |
| Sal | 1.50 |
| Agua | 55.00 |

(Levaduras Universales, 2011)

Procedimiento:

- En un recipiente grande, mezclar todos los ingredientes hasta conseguir una bola de masa homogénea.
- Amasar en batidora durante 5 minutos a velocidad media hasta que la masa no quede pegajosa.
- Envolver con papel plástico la masa durante 30 minutos y esperar a que duplique su volumen.
- Introducir la masa dentro de cilindro (estirando de largo y de ancho) hasta obtener una masa lisa y brillante.
- Pesas bolas de masa de 1.75onzas y de ellas cortar a la mitad para bolear y formar dos esferas del mismo tamaño.
- Envolver las bolas de masa en mantas durante 30 minutos hasta que dupliquen su tamaño.

- Unir dos bolas formando un ocho, realizar 6 parejas de estas bolas, luego con un rodillo de madera se debe presionar la intersección horizontal de las bolas para que se unan y estirar hacia arriba y abajo hasta obtener el tamaño deseado.
- Colocar sobre bandejas de aluminio previamente engrasadas e introducir a cámara de fermentación en carritos de acero, durante 45 minutos (el tiempo puede variar dependiendo la temperatura del lugar, puede ser un máximo de 60 minutos y un mínimo de 30 minutos)
- Observar que las masas obtengan un volumen adecuado (mínimo el doble de cómo se introdujeron)
- Hornear masas durante 30 minutos a 200°C.
- Al salir los panes del horno se deben voltear cuando están en las bandejas para evitar cambios en color y en firmeza de la corteza

Tabla No. 3 Formulación para elaboración de pan francés a base de levadura granulada seca

| Ingrediente | Cantidades a utilizar(lb) |
|----------------------|----------------------------------|
| Harina de trigo dura | 100.00 |
| Manteca vegetal | 4.00 |
| Azúcar | 1.50 |
| Levadura granulada | 0.43 |
| Sal | 1.50 |
| Agua | 55.00 |

(Levaduras Universales, 2011)

Procedimiento:

- Disolver la levadura granulada seca en el agua medida a 40⁰C, agitar y dejar reposar durante 10 minutos.
- En un recipiente grande, mezclar todos los demás ingredientes con la levadura hidratada, hasta conseguir una bola de masa homogénea.
- Amasar en batidora durante 5 minutos hasta que la masa no quede pegajosa.
- Envolver con papel plástico la masa durante 30 minutos y esperar a que duplique su volumen.

- Introducir la masa dentro de cilindro (estirando de largo y de ancho) hasta obtener una masa lisa y brillante.
- Pesar bolas de masa de 1.75onzas y de ellas cortar a la mitad para bolear y formar dos esferas del mismo tamaño.
- Envolver las bolas de masa en mantas durante 30 minutos hasta que dupliquen su tamaño.
- Unir dos bolas formando un ocho, realizar 6 parejas de estas bolas, luego con un rodillo de madera se debe presionar la intersección horizontal de las bolas para que se unan y estirar hacia arriba y abajo hasta obtener el tamaño deseado.
- Colocar sobre bandejas de aluminio previamente engrasadas e introducir a cámara de fermentación durante 45 minutos (el tiempo puede variar dependiendo la temperatura del lugar, puede ser un máximo de 60 minutos y un mínimo de 30 minutos)
- Observar que las masas obtengan un volumen adecuado (mínimo el doble de cómo se introdujeron)
- Hornear masas durante 30 minutos a 200°C.
- Al salir los panes del horno se deben voltear cuando están en las bandejas para evitar cambios en color y en firmeza de la corteza

Tabla No. 4 Formulación para elaboración de pan francés a base de levadura seca instantánea

| Ingrediente | Cantidades a utilizar(lb) |
|----------------------|----------------------------------|
| Harina de trigo dura | 100.00 |
| Manteca vegetal | 4.00 |
| Azúcar | 1.50 |
| Levadura instantánea | 0.43 |
| Sal | 1.50 |
| Agua | 55.00 |

(Levaduras Universales,2011)

Procedimiento:

- En un recipiente grande, mezclar todos los ingredientes hasta conseguir una bola de masa homogénea.

- Amasar en batidora durante 5 minutos hasta que la masa no quede pegajosa.
- Envolver con papel plástico la masa durante 30 minutos y esperar a que duplique su volumen.
- Introducir la masa dentro de cilindro (estirando de largo y de ancho) hasta obtener una masa lisa y brillante.
- Pesar bolas de masa de 1.75onzas y de ellas cortar a la mitad para bolear y formar dos esferas del mismo tamaño.
- Envolver las bolas de masa en mantas durante 30 minutos hasta que dupliquen su tamaño.
- Unir dos bolas formando un ocho, realizar 6 parejas de estas bolas, luego con un rodillo de madera se debe presionar la intersección horizontal de las bolas para que se unan y estirar hacia arriba y abajo hasta obtener el tamaño deseado.
- Colocar sobre bandejas de aluminio previamente engrasadas e introducir a cámara de fermentación durante 45 minutos (el tiempo puede variar dependiendo la temperatura del lugar, puede ser un máximo de 60 minutos y un mínimo de 30 minutos)
- Observar que las masas obtengan un volumen adecuado (mínimo el doble de cómo se introdujeron)
- Hornear masas durante 30 minutos a 200°C.
- Al salir los panes del horno se deben voltear cuando están en las bandejas para evitar cambios en color y en firmeza de la corteza

2. Análisis fisicoquímicos

a. **Porcentaje de humedad:** Para la determinación de humedad se utilizó el método 30.006 reportado en el AOAC. Una vez lavadas las cápsulas se les adicionó el pan hecho migajas, el cual se ha elaborado con la ayuda de una licuadora, luego se colocó 1g aproximadamente de muestra en cada cápsula, en la estufa a 110⁰C durante un período de 12hr; una vez transcurrido ese tiempo se dejaron enfriar dentro del horno

y luego se pesaron y se determinó el porcentaje de humedad por la diferencia de peso, el análisis se realiza en triplicado.

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ de Humedad} = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \right) \times 100 \text{ (Ecuación No. 1)}$$

Donde:

- m1: masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos
- m2: masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos
- m3: masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos
- Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

b. Determinación de peso, volumen y densidad del pan

- Para la determinación de las dimensiones se utilizó el método 10-05 de la AACC:
- Pesar un pan y obtener el peso neto.
- Medir las dimensiones del recipiente de plástico.
- Colocar las semillas de maíz y marcar hasta donde llegan.
- Colocar el pan dentro del recipiente.
- Colocar de nuevo las semillas asegurándose que se cubre toda la hogaza.
- Medir la nueva altura y obtener la distancia de desplazamiento (altura final-altura inicial).
- Con el dato anterior y las dimensiones del recipiente obtener el volumen mediante la siguiente ecuación:

$$\circ V = \Pi * r^2 * D \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

- $V =$ volumen del pan (cm^3)
- $r =$ radio del cilindro (cm)
- $D =$ distancia desplazada desde la marca (cm)
- Con el dato de peso y volumen obtener el valor de la densidad en g/cm^3 .
- Realizar en duplicado para los 3 tipos de panes. (Lainez, 2006)

c. **Defectos en pan:** Se observó cada uno de los panes, tanto su interior como exterior, anotando observaciones y se tomaron fotocopias para comparar la formación de agujeros, coloración interior, color de corteza, contraste de áreas oscuras y claras de la corteza, deformaciones, roturas en corteza. (Quaglia, 1991)

d. **Color de corteza:** Se tomaron las cortezas de cada uno de los panes y se compararon con las tonalidades que se encuentran en las cartillas de color, se determinó si presentaban cambios entre ellas.

e. **Determinación de pH de pan:** Se trituraron los panes y se disolvieron en agua hasta obtener una solución al 10% sobre la que se realizaron las dos determinaciones. Para el pH únicamente se introdujo los electrodos a la solución previamente hecha. El título total se midió mediante la titulación con hidróxido de sodio 0.1N, a la solución al 10% con 2mL de fenoftaleína al 1%, hasta que formara un color rojo estable. El título de acidez total se calculó mediante la ecuación:

$$\text{T.A.T} = \text{volumen en ml de hidróxido de sodio } 0.1\text{N} * 0.06$$

(Ecuación No. 3)(Quaglia, 1991)

f. **Firmeza:** Con el texturómetro se tomó un pan francés de cada una de las levaduras (sin utilizar los extremos) y se introdujo del equipo a una velocidad de 10mm/s y una distancia de 20mm con sonda cilíndrica de aluminio de 25mm, se tomaron los

datos de fuerza de penetración (g), con sus respectivas gráficas. Se realizaron dos pruebas en triplicado cada tipo de pan.(Lainez, 2006)

g. Estabilidad en el almacenamiento de levaduras por crecimiento de

masas: Se colocaron las tres muestras de levaduras a diferentes temperaturas (4°C , 15°C y 25°C) durante 7 y 14 días. Todas las muestras de levaduras se sellaron en bolsas de papel celofán a las diferentes condiciones. Se midió el volumen que crecen las masas al dejarlas fermentar durante 30 minutos con los diferentes tipos de levaduras almacenadas y de esta manera indicar el porcentaje de aumento de volumen. (Cauvain, 1998)

h. Evaluación Sensorial:

1) GRUPO FOCAL

a) Preparación de las muestras: Se utilizaron dos tipos de pan francés, el tipo 1 elaborado con la receta original de la panadería 1 en donde se utiliza tradicionalmente la levadura fresca, el tipo 2 pan francés de panadería de competencia, 2.

Los panes se calentaron entre 5 y 10 minutos para que se encontraran a una temperatura alrededor de los $35\text{-}40^{\circ}\text{C}$, se presentó a cada panelista un pan francés de cada tipo, descartando los de las orillas ya que carecen de uniformidad. Cada muestra se colocó en un plato desechable que se identificó con los números 1 o 2 según el tipo de pan.

b) Presentación de las muestras: Los panelistas se reunieron en tres grupos de nueve y un grupo de 8, en el Laboratorio de Análisis Sensorial salón E-106, Universidad del Valle de Guatemala. Los panelistas se acomodaron en una mesa sin separaciones para facilitar la discusión. A cada panelista se le entregaron las dos muestras de pan y un vaso de agua.

Previo al inicio de la sesión se dio a conocer a los panelistas el objetivo de la prueba y las instrucciones a seguir. El grupo focal se llevó a cabo a través de la discusión grupal de cada uno de los descriptores de pan que el investigador ha seleccionado. La moderadora fue la encargada de explicar cada uno de los descriptores y cómo debe percibirse, los descriptores que se explicaron fueron de olor, apariencia, textura y sabor. Se debió indicar la importancia de que recordaran estos descriptores para la prueba de perfil sensorial que se realizaría más adelante. La moderadora siguió la guía para grupo focal que se adjunta en el apéndice.

Al finalizar las preguntas de la guía la moderadora determinó si los panelistas recordaban las características esperadas en el pan y la manera que debían de evaluar usando algunas preguntas.

c) Análisis de datos: El redactor tomó nota de todas las respuestas de los panelistas y llevó el conteo de respuestas donde se solicitó que calificaran la característica.

Para el análisis de datos las respuestas de los panelistas se agruparon y se reportaron como porcentajes. La tabla agrupa las respuestas según los atributos de apariencia, olor, textura y sabor, así como la preferencia en cada uno de los atributos.

2) PERFIL SENSORIAL

a) Preparación de las muestras: Se prepararon tres tipos de pan francés, el primero elaborado con levadura fresca, el segundo con levadura seca instantánea y el tercero con levadura seca granulada. Los panes se calentaron previo al ingreso de los panelistas al laboratorio, entre 5-10 minutos antes, para que se encontraran a una temperatura alrededor de los 35-40⁰C, se presentó a cada panelista un pan francés de cada tipo, descartando las orillas. Cada muestra se colocó en un plato desechable que se identificó con números aleatorios de tres dígitos, ver Tabla No. 39.

b) Presentación de las muestras: Antes de iniciar la evaluación se indicó a los panelistas que los panes que se utilizaron en el Grupo Focal eran los alimentos de referencia, por lo que es importante que recordaran los atributos que se describieron. Además se leyó la boleta por si existía alguna duda. Luego cada panelista recibió las tres muestras pan francés codificadas con números aleatorios. En cada bandeja se colocaron una muestra de cada tipo de pan, un lápiz, una servilleta y un vaso para enjuague con su respectiva boleta.

c) Análisis de datos: Con los datos numéricos obtenidos se realizó una tabla con las intensidades que los panelistas dieron a cada atributo, se determinó la media de intensidad de cada descriptor y se elaboraron gráficas de araña de cada atributo con los promedios y se compararon los resultados obtenidos en cada atributo. Además se determinó la preferencia que mostró el panel por alguna de las tres muestras. Por último se realizó un análisis de los comentarios para determinar si hay que mejoras por hacer y en qué dirección.

i. **Comparación de rendimiento entre levaduras:** Se comparó las cantidades de levaduras necesarias para producir la misma cantidad de pan (mismo peso de producto terminado), para luego calcular los costos de materia prima de cada uno de los panes y evaluar cuál poseía los menores costos de producción por uso de materia prima.

II. MARCO TEÓRICO

A. Introducción

El pan, en sus múltiples formas, es uno de los alimentos más consumidos por la humanidad. Tradicionalmente, el pan se elabora a partir de harina del cereal de trigo. Muchos otros tipos de cereales e incluso legumbres pueden molerse para obtener “harina”, pero la capacidad de las proteínas contenidas en el trigo para transformar una porción de harina y agua en una masa cohesiva que se transforma en pan queda corrientemente limitada al trigo. (Cauvain, 2002)

B. Atributos de calidad del pan

Se utiliza el término “pan” para describir una variedad de productos de diferente forma, tamaño, textura, corteza, color, grado de firmeza, sabor y aroma y calidad sensorial. Las características de tales productos son diversas, y por ello, no tiene sentido los términos de calidad “buena” o “mala”, excepto para el juicio de un atributo en particular.

La pérdida de frescura del producto es otra característica del mismo, que se espera sea acorde con el tiempo que ha pasado desde que se fabricó. (Cauvain, 2002)

C. Característica del pan

La característica del pan y otros productos fermentados dependen de la formación de la red de gluten en la masa, no sólo para atrapar el gas procedente de la fermentación sino también porque contribuye directamente a la formación de una estructura alveolar en la miga, que tras el horneado, confiere una textura y palatabilidad diferente a la de otros productos horneados. La estructura de la miga en el pan horneado posee orqueadas rodeadas por una red de hebras conectadas entre sí, gluten coagulado, en la que los gránulos de almidón y las partículas de salvado están

firmemente incrustados. Esta miga se deforma cuando se expone a la presión de los dedos y cuando esa fuerza cesa, retorna a su forma original, al menos si el producto está fresco. (Cauvain, 2002)

D. Sabor y aroma

Muchos de los ingredientes que se usan en la fabricación de productos fermentados contribuyen significativamente al sabor y aroma de los mismos. La harina tiende a tener un sabor bastante suave derivado principalmente del aceite del germen y de las partículas de salvado presente. La adición de sal al pan es el modificador del sabor más evidente, contribuyendo a la potenciación, en la boca, de otros sabores que pudieran estar presentes. (Cauvain, 2002)

La sal es necesaria para controlar la velocidad de fermentación, además realza el sabor del pan. Tanto la sal como el azúcar afectan la actividad de las levaduras. (Reed, 1991)

Los cambios más comunes que se aprecian en el sabor y aroma son los asociados con el desarrollo de ácidos derivados de la actividad microbiana en la masa, los cuales se detectan en las migas. El 80% del sabor del pan deriva de la corteza del mismo, en donde se da el pardeamiento de Maillard. (Cauvain, 2002)

E. Alteración y envejecimiento del pan

El pan se consume fresco, desafortunadamente permanece así sólo durante unas pocas horas después de sacarlo del horno. Durante el almacenamiento sufre diversos cambios que conducen a la pérdida de su frescura organoléptica. Los factores que gobiernan la velocidad a la que el pan pierde su frescura durante su almacenamiento se dividen en dos grandes grupos: aquellos debidos al ataque microbiano y los que son consecuencia de una serie de cambios químicos y físicos que dan lugar al endurecimiento progresivo de la miga, denominado “envejecimiento”. (Cauvain, 2002)

F. Elaboración de pan

El proceso estándar de elaboración del pan tiene similitudes en varios lugares del mundo, las variaciones existentes básicamente se dan por la formulación de las recetas y el proceso de elaboración, pero en general todas las recetas deben pasar por una etapa de fermentación por medio de la levadura.(Toledo, 2008)

En Guatemala el mercado panificador se caracteriza por ser tradicionalista, es decir no se introduce innovaciones considerables respecto a las recetas y el proceso de elaboración, además los insumos utilizados en la producción en su mayoría son proveídos por empresas que tienen varios años en el mercado y que son internacionales. (Loma-Ossorio, 2000)

Muchas de las panaderías, como la Panadería 1, han empezado como simples negocios, las cuales en forma posterior han logrado captar una cartera importante de clientes que les ha permitido crecer, teniendo como factor clave el mantener los insumos utilizados, tal es el caso de la 1, puesto que el resultado final no se altera, caso contrario si existe una variación continua de los insumos, es muy probable que se produzcan distintos sabores y texturas que pongan en riesgo la producción. (Loma-Ossorio, 2000)

El pan es un alimento básico que se elabora cocinando una mezcla de harina o grano m1o, agua o leche, y otros ingredientes. La harina puede ser de trigo (el grano más utilizado), centeno, cebada, maíz, arroz, papas o soya. Dependiendo de los ingredientes utilizados, el pan puede ser con levadura o ácimo. El primero se hace combinando un agente que produce la fermentación y subida del pan, en general levadura, con el resto de los ingredientes, normalmente azúcar, sal y grasa, además de la harina y el líquido. La levadura actúa en el proceso de fermentación, generando diminutas burbujas de dióxido de carbono, en la mezcla o masa, incrementando su volumen y haciéndola ligera y porosa.

Las levaduras químicas, en especial la levadura de cocina, logra la distensión de la masa por la interacción entre carbonatos y ácidos, reduciendo en gran medida el tiempo que requiere la acción de la levadura natural. (Pylar, 1992)

1. Pan francés: Especificaciones del producto:

- Apariencia y descripción: El pan francés debe estar formado por dos esferas unidas más o menos redondeadas del mismo tamaño en forma de ocho 8. (Quaglia, 1991)

Tabla No.5 Peso pan antes de hornear

| Tamaño | Peso (oz.) |
|---------|------------|
| Pequeño | 1.0 |
| Mediano | 1.5 |
| Grande | 2.0 |

(Quaglia, 1991)

- Consistencia: Interna: Suave, esponjoso y Externa: tostada. (Quaglia, 1991)
- Textura exterior: Lisa. (Quaglia, 1991)
- Textura interior: Miga mórbida, si se aplasta debe volver lentamente a la posición primitiva(Quaglia, 1991)
- Color: Interno, blanco uniforme y externo, dorado uniforme (Quaglia, 1991)
- Olor: característico, sin presencia de aroma a fermentado, huevo u otro ingrediente en especial. Puede presentar olores “alcohólicos” o a “éster” debido a la fermentación de los azúcares presentes. (Quaglia, 1991)
- Sabor: Característico desabrido, sin presencia de sabores extraños (amargo, salado, etc.).
- La barra clásica de 200g y de 60-70cm de largo tiene una duración ideal de dos días: las más gruesas incluso 3-4 días. Una barra debe llegar fresca a los consumidores, lo que significa que debe tener como máximo de 4 a 5 horas. Además la barra debe tener una miga ligera elástica, una corteza fina,

crujiente y ligeramente rugosa. Por tanto no gruesa y dura o gomosa, que no se desmenuce y que no sea estropajosa. (Quaglia, 1991)

G. Levadura

El pan convencional se prepara con harina, agua, azúcar, sal, manteca y un microorganismo vivo, la levadura. La levadura pertenece al reino Fungi y se denomina *Saccharomyces cerevisiae*. Cuando la harina se mezcla con el agua, una enzima presente en la harina rompe el almidón en dos azúcares, maltosa y glucosa. Después se mezclan los ingredientes para el pan y la levadura metaboliza los azúcares, produciendo alcohol (etanol) y dióxido de carbono (anhídrido carbónico) como productos de desecho.

Este proceso metabólico se denomina fermentación; la masa se eleva cuando las burbujas de anhídrido carbónico quedan atrapadas en la matriz pegajosa. El alcohol, que se evapora durante la cocción, y el gas dióxido de carbono forman espacios que permanecen en el pan. (Tortora, 2007)

Si se usa levadura en la fabricación del pan, se debe preferir la levadura biológica a la química. Es mejor utilizar levadura de cerveza, sea fresca o seca, que polvos de hornear. (Toledo, 2008). Las cepas de levaduras utilizadas en este trabajo pertenecen a la especie *Saccharomyces cerevisiae*.

La levadura es un ingrediente básico en la elaboración del pan, no sólo es responsable del crecimiento de la masa, también se asocia a la textura, sabor y duración del pan, por ende es importante seleccionar la más adecuada según el proceso productivo de los panificadores. El panadero de hoy busca una opción que le permita bajar sus costos, ser más productivo, brindar atención personalizada y sobre todo mejorar la calidad del producto final. Las enzimas de las levaduras, las proteolíticas y el agente reductor natural, el glutatión, son los que desempeñan las funciones más

relevantes en la formación de la masa, aunque la harina contiene a su vez, muchas enzimas que también ayudan. (Reed, 1991)

Si la relación entre la levadura y el tiempo de reposo de la masa se llevara hasta las últimas consecuencias, se podría continuar aumentando la dosis de levadura esperando que se eliminara el tiempo de reposo. Realmente, se podría llegar a un tiempo “nulo” de reposo pero el pan que se obtendría sería de una calidad más deficiente que la que cabe esperar del producto conseguido con una hora o más de fermentación. (Reed, 1991)

Los factores químicos que influyen en la actividad de las levaduras son el pH, los nutrientes disponibles y la presencia de sustancias capaces de bloquear el desarrollo o de inhibir la actividad de fermentación. (Quaglia, 1991)

1. Principales presentaciones de levadura: En la actualidad, las levaduras de panadería se producen en diversas formas que cumplen necesidades específicas de clima, tecnología, producto, metodología, transporte y almacenamiento. La levadura se ofrece en diversas formas, incluyendo la levadura comprimida, la granular, en crema, en forma de pellet deshidratado, la levadura instantánea, encapsulada y congelada. (Reed, 1991)

En este trabajo sólo se enfocará en la presentación de levadura fresca, granulada e instantánea.

a. Levadura fresca: Es la forma más consumida por panaderías tradicionales, por razones económicas y prácticas. Se presenta en forma de bloques compactos que limitan el contacto con el oxígeno del aire, es de color beige, no obstante, puede ser de color y de consistencia plástica en otros países. Para garantizar una mejor conservación, el envase limita el intercambio gaseoso y controla la migración

de la humedad. (Toledo, 2008) .El contenido estándar en extracto seco es del 28-30%. (Reed, 1991)

La levadura fresca para que pueda producir una buena fermentación del pan debe tener fundamentalmente las siguientes características:

- Estado de conservación: La levadura se altera rápidamente si su contenido de agua es superior al 75%; si el aire no se expulsa correctamente en la compresión de la levadura produce calor por la respiración de las células influyendo en su capacidad de fermentación. También se ve alterada en almacenamiento en temperaturas superiores a los 20⁰C.
- Color de levadura: Debe ser blanco-grisáceo-pajizo.
- Sabor de levadura: Debe ser insípido, la presencia de sabores particulares pueden proceder de microorganismos contaminantes como el ácido acético y láctico.
- Grado de acidez de la levadura: Depende de la presencia de ácidos como láctico, acético, fosfórico y sulfúrico. Las consecuencias de estos ácidos sobre la tecnología de la panificación son diversas: el ácido láctico tiende a exfoliar la malla glutínica, mientras el ácido acético tiende a volverla rígida, obteniendo un efecto mejorante con el ácido fosfórico. (Quaglia, 1991)

Los problemas que se presentan al utilizar levadura fresca:

- Poder fermentativo alto pero descontrolado.
- Menor precisión en la dosificación.
- Tiempo de vida útil 15 días.
- Sabor muy concentrado en pan.
- Textura irregular en pan. (Toledo, 2008)

La utilización de la levadura fresca requiere tomar en consideración que se desintegra fácilmente en la amasadora y el contacto con agua fría no presenta inconvenientes. La levadura prensada soporta muy bien la congelación lenta ($<1^{\circ}\text{C}/\text{min.}$) y conserva sus prestaciones iniciales después de un año de almacenamiento a -18°C , a condición de que sea descongelada en frío positivo y utilizada en un plazo de 24 horas. (Toledo, 2008)

b. Levadura seca granulada: Es una levadura deshidratada que consiste en pequeños gránulos, tiene un contenido de humedad muy escaso; se suministra en papel laminado. La principal ventaja de su utilización frente a las levaduras deshidratadas estriba en que la humedad de la harina no afecta la actividad de la levadura. Es muy utilizada en cervecaría y en sistemas de panificación con alimentación automática. (Reed, 1991)

Se utiliza en lugares donde existen temperaturas ambientales altas, sus componentes tienen la resistencia, y pueden reproducirse si previamente son disueltos en agua. Este tipo de levadura no es muy utilizada, ya que presenta una demora muy significativa en la activación del microorganismo. (Toledo, 2008)

Este tipo de levadura no necesita mantenimiento en frío, pero es necesario antes de su utilización cumplir con un proceso de hidratación. El poder fermentativo logrado es levemente inferior al de la levadura comúnmente utilizada (prensada). (Toledo, 2008)

Como consecuencia del proceso de extrusión al que se somete la levadura granulada antes de la desecación, el producto final se granula en forma de bastoncitos, que permiten una rehidratación casi inmediata. (Quaglia, 1991)

c. Levadura seca instantánea: Debe su nombre al hecho de que no es necesario prehidratarla a su incorporación a la harina. Se utiliza tan fácilmente como la levadura fresca o prensada. En la mayoría de aplicaciones, la finura y la porosidad de las partículas permiten una distribución rápida y homogénea de la levadura en la masa. Sin embargo, la utilización de amasadoras a muy alta velocidad (duración de amasado inferior a 3 minutos) puede plantear problemas de dispersión, en cuyo caso es necesario hacer antes su rehidratación a 38°C. (Toledo, 2008)

La facilidad de manejo de la levadura instantánea, hace posible utilizarla como herramienta variable de fermentación. Esta virtud permite reducir la temperatura de la masa y retrasar la prefermentación en épocas de altas temperaturas ambientales, y por el contrario, cuando la temperatura es baja, el aumento de la temperatura del agua utilizada mejora su velocidad de fermentación. (Toledo, 2008)

La utilización de la levadura seca instantánea exige tomar la precaución de evitar el contacto directo con el agua fría, el hielo o las paredes de amasadoras refrigeradas. Para ello, basta con mezclarla en seco con la harina, o espolvorearla sobre la masa al comenzar el amasado. Su sensibilidad al frío es menor que la de la levadura seca granular. Su poder fermentativo es idéntico al de la levadura prensada, para un peso 3 ó 4 veces menor. Dicho de otro modo: 1kg de levadura seca instantánea reemplaza 3 ó 4kg de levadura fresca. (Toledo, 2008)

Debido a su sensibilidad a la humedad y al oxígeno del aire, se debe conservar en bolsas de aluminio y poliéster cerradas térmicamente. (Quaglia, 1991)

Existen algunas ventajas importantes antes de seleccionar un insumo tan importante para el proceso de panificación entre ellos tenemos:

- Precio más bajo.
- Mayor rendimiento.

- No necesita refrigeración.
- Facilidad de transporte y almacenamiento.
- Vida útil de 2 años.
- Alarga la vida útil del pan, conservando sus características originales.
- Mejora el sabor del pan.
- Elimina el olor y el sabor del fermento.
- Excelencia en textura, sabor y aroma.(Toledo, 2008)

Tabla No. 6 Condiciones de uso de levaduras

| LEVADURA FRESCA | LEVADURA SECA GRANULAR | LEVADURA INSTANTÁNEA |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| Adición directa al amasador | Rehidratar previamente con agua a 40 C | Premezclar con la harina |
| 1 mes de vida útil | 6 meses de vida útil | 2 años de vida útil |
| 70% Humedad | 8% Humedad | 4% Humedad |
| 100% proporción de uso | 50% proporción de uso | 30 a 50% proporción de uso |
| Mantener producto alejado de máquinas calientes y hornos | | |
| No mezclar con sal ni preservantes | | |

(Levaduras Universales, 2011)

Tabla No. 7 Condiciones adecuadas de almacenamiento

| LEVADURA FRESCA | LEVADURA SECA ACTIVA | LEVADURA INSTANTÁNEA |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Debe estar refrigerada (0-5 C) | Mantener en lugar fresco | |
| Refrigerar inmediatamente levadura que no se use en proceso | Mantener paquete cerrado (consumir rápidamente paquetes abiertos) | |
| Mantener en condiciones secas y limpias | | |
| No estibar ni contaminar con otros productos | | |
| Consumir primero stocks más antiguos | | |

(Levaduras Universales, 2011)

H. Fermentación

El poder fermentativo de una levadura se refiere a que tan rápido se reproduce, es beneficiosa la rapidez si las masas son formadas en ese momento, pero si existe alguna demora, la fermentación daña la masa y el sabor del pan. En el caso de la

levadura seca instantánea se puede manejar su acción fermentativa con la temperatura del agua, es decir si se coloca agua fría en la mezcla, la velocidad de fermentación es lenta y permite trabajar sin echar a perder la masa. Cuando se usa levadura fresca, la temperatura del agua no tiene mayor incidencia por lo que si hay un retraso en la elaboración se perderá la masa y con ello el pan. (Toledo, 2008)

La *Saccharomyces cerevisiae* transforma por fermentación la glucosa y la fructosa; estos dos azúcares derivan de la acción de las enzimas sobre las moléculas más complejas de otros tipos de azúcares, tales como la sacarosa, maltosa, almidón y otros azúcares similares. (Quaglia, 1991)

Las enzimas que están presentes en las harinas (amilasas) escinden el almidón en maltosa o dextrosa, los cuales a su vez junto con la sacarosa, son transformadas por las enzimas presentes en las células de la levadura en glucosa y fructosa que por la acción de otra enzima (la zimasa) se transforman en anhídrido carbónico y alcohol. Entre los compuestos volátiles de fermentación están los aldehídos, en modo particular, el aldehído acético que en parte se forma por la escisión del azúcar y que no se reduce a alcohol ni se oxida a ácido acético. Entre los productos de fermentación los ácidos volátiles están representados por pequeñas cantidades de ácido fórmico y cantidades mayores de ácido acético. (Quaglia, 1991)

Influyen en la capacidad de fermentación y en las propiedades físicas de las masas factores tanto externos como internos:

- Externos: temperatura y humedad del ambiente, la actividad fermentativa debe aumentar a temperaturas bajas (invierno) con relación a las elevadas (verano); una humedad elevada requiere una duración más larga del reposo, al contrario de lo que debe hacerse en un clima seco.
- Internos: calidad panificable de la harina, tasa de extracción, granulometría y el estado de la levadura. (Quaglia, 1991)

I. Dosificación

La dosificación es muy importante ya que permite al productor controlar sus materias primas, sobre fermentación, y también evitar desperdicios. En el caso de levadura fresca su textura cremosa impide su pesaje en forma adecuada, por ello se presentan desperdicios en la producción. (Toledo, 2008)

1. Levadura fresca o prensada: Puede usarse desde 0,2% para fermentaciones largas y hasta 8,0% en fermentaciones cortas para productos dulces; lo más usual es de 2,0 o 3,0%, es decir, por cada 100 libras de harina, usar 2 o 3 libras de levadura fresca. (Levaduras Universales, 2011)

2. Levadura seca granular: Disolver levadura (4 veces su peso) en agua tibia a temperatura de 43 °C, puede agregarse azúcar (1/6 del peso de la levadura) y se debe agitar y reposar 10 minutos. (Levaduras Universales, 2011)

3. Levadura seca instantánea: Se debe utilizar la mitad del peso que se usaría de fresca, es decir de 1% al 1,5%. La cantidad de agua debe aumentarse en la misma cantidad que la levadura seca que se adiciona (1% al 1,5%).(Levaduras Universales, 2011)

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Elaboración del pan

Existe una diversa cantidad de variaciones en las características del pan francés que se produce en Guatemala, esto debido a cambios en las cantidades de los ingredientes utilizados en la formulación, y de las variaciones que se realizan en el proceso de la elaboración del pan. Todas estas variaciones se ven reflejadas en las características finales del pan no sólo en físicas sino también químicas.

Para obtener el proceso de elaboración estandarizado que se menciona en la sección de Metodología se realizaron varias pruebas que permitieron igualar el procedimiento para obtener el pan francés con las características propias del producto de la Panadería 1.

El pan francés producido está elaborado a base de harina de trigo dura, manteca vegetal, azúcar, levadura, sal y agua. Cada uno de estos ingredientes posee una función importante el cual al combinarse en conjunto otorgan las propiedades del pan francés.

La utilización de harina de trigo dura es importante ya que ésta brinda mayor contenido de gluten, el cual en conjunto con las proteínas del trigo, gliadina y glutenina, permiten la formación de la masa moldeable y resistente a los gases de fermentación que se producen por la levadura, en las primeras pruebas realizadas para estandarizar el proceso de elaboración, no se utilizó el cilindro para amasar la masa, por lo que aunque las proteínas de trigo estaban presentes en la masa, no se permitió el desarrollo completo de la estructura del gluten por lo que la masa obtenida no era moldeable y escasa de volumen. Esta harina de trigo fue utilizada para las tres formulaciones de pan, por lo que todas presentaban las mismas cantidades de gliadinas las cuales son

responsables del volumen del pan y las mismas cantidades de gluteninas las cuales regulan el tiempo de amasado y la elasticidad de la masa, de ésta manera se aseguró que las variaciones de volumen y densidad de los panes eran responsabilidad completamente de las levaduras utilizadas. Otro componente importante otorgado por la harina, es el almidón el cual se relaciona con la absorción del agua que produce un hinchamiento cuando aumenta la temperatura, éste fenómeno se produce durante el horneado y se le denomina gelatinización.

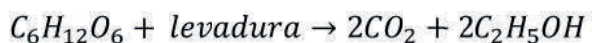
La manteca vegetal es el agente emulsionante de la formulación, ésta mejora la retención del gas en la masa durante la fermentación y por lo tanto aumenta el volumen y la suavidad del producto final. Además ayuda a elevar el tiempo de endurecimiento del pan, cuando éste empieza a envejecer debido a la retrogradación, tal como lo explica Quaglia(1991,287):

«Cuando el almidón se mezcla con agua y se calienta, la amilosa se disuelve y poco a poco, con el enfriamiento forma un gel. La larga cadena de los ácidos grasos de los lípidos añadidos como emulsionantes se fija en la hélice de la amilosa retardando por consiguiente el proceso de retrogradación del almidón»

Esta grasa también ayuda al empuje que necesita la masa cuando entra al horno, ya que durante este proceso la masa aumenta significativamente el volumen, asimismo impide que las burbujas de gas que se encuentran dentro de la masa se unan lo cual se ve reflejado en una estructura de la miga más fina, por lo que al utilizar la misma cantidad y tipo de manteca en las 3 formulaciones se pudo descartar las variaciones en la estructura de la miga debido al emulsionante utilizado.

El alimento de las levaduras es el azúcar, por lo que para la comparación de las 3 formulaciones era importante que se administrara la misma cantidad para cada una de ellas, tal como lo explica Quaglia, (1991,299):

«Los azúcares fermentables son la glucosa y la fructosa (dextrosa y levulosa), la sacarosa se transforma en los dos azúcares que la constituyen mediante hidrólisis o por la acción de la invertasa de la levadura y la maltosa se convierte en dos moléculas de glucosa o dextrosa por la acción de la maltasa. »



El dióxido de carbono que se forma se disuelve en la fase acuosa de la masa y se retiene en el gluten hasta que la masa crece; el otro gas fermentado es el etanol, éste por ser más soluble en agua se evapora más fácilmente durante el horneado, aunque una parte queda en el pan y contribuye directamente al sabor del pan (sabor a fermentado o alcohol) pero éste se va perdiendo conforme pasa el tiempo después del horneado.

El resto de azúcar que no se transforma, migra a la parte externa de la masa y durante el horneado se forma la coloración oscura en la corteza. Un papel importante de la sacarosa, es su efecto sobre la actividad de agua de un producto horneado, si se aumenta los niveles de sacarosa, se disminuye la actividad de agua y tiene un efecto significativo en la caducidad y tiempo sin estropearse por hongos.

Es importante controlar la cantidad de azúcar que se utiliza ya que puede llegar a disminuir la capacidad de fermentación de la levadura, es por ello que en productos panaderos dulces se necesita utilizar mayor cantidad de levadura. Al igual que la formación del gluten, la incorporación del cloruro de sodio a la masa es importante, ésta proporciona mayor compactidad a la masa por interactuar por fuerzas electrostáticas con las gliadinas las cuales convierten las fibras del gluten en fibras más cortas, por lo que ésta debe ser correctamente medida antes de incorporarla ya que puede transformar la masa en altamente consistente y en algunos casos dura, en este caso, se utilizó la misma cantidad y tipo de sal para la elaboración de los tres tipos de pan. La sal influye en la vida útil del pan, ya que su capacidad de absorción de agua le permite controlar el transporte de humedad en el pan, ya que en ambientes secos la sal disminuye el paso de humedad del producto al ambiente y de esta manera se retrasa que la corteza y la miga se sequen y se endurezcan por la retrogradación; en caso opuesto, en ambientes húmedos la sal absorbe la humedad del ambiente provocando una disminución en la

vida útil del pan ya que se transforma en un ambiente más propenso a la actividad microbiológica.

El agua es un componente influyente para la calidad del producto final, ya que se debe de cuidar no solo la cantidad sino también la calidad, Quaglia (1991:291) menciona que la dureza, pH, temperatura y otras propiedades fisicoquímicas pueden afectar la actividad de la levadura durante el proceso de fermentación; al igual que la harina de trigo, manteca, azúcar y sal se utilizó el mismo tipo de agua, pero las cantidades variaron en volúmenes pequeños para obtener una masa adecuada; el nivel óptimo de agua es la cantidad máxima necesaria para que la masa todavía sea fácil de moldear, sin ser extremadamente firme, ya que esto no permite un adecuado desarrollo de burbujas dentro de la miga por lo tanto la miga se torna densa y de alveolos de volumen pequeño. En caso contrario, si se utiliza exceso de agua la masa se torna pegajosa y muy suave, por lo tanto la masa no retiene las burbujas lo que se refleja en grandes agujeros en la miga y la calidad del pan es pobre, esto se observó en las pruebas realizadas.

El único ingrediente que se varió en las formulaciones fue el de la cantidad de las diferentes presentaciones de levadura, fresca, seca granulada y seca instantánea. Para obtener el proceso estandarizado se realizaron varias pruebas a diferentes concentraciones para determinar cuál era la cantidad idónea para que se realizara la fermentación de manera adecuada sin realizar cambios que causaran diferencias con el pan francés elaborado en la Panadería 1. Los mayores proveedores de levaduras en Guatemala, Levaduras Universales, indican en sus recomendaciones que se utilicen 3% de levadura fresca para elaborar el pan y 1% de levadura seca granulada y seca instantánea para el caso de los otros dos tipos de pan. En las primeras pruebas realizadas se utilizaron estos porcentajes, pero se observó que la cantidad de levadura era excesiva lo cual no sólo provocaba un aumento en el costo por materia prima, reduciendo así los rendimientos, sino también generaba cambios negativos en las características organolépticas del pan, ya que se crearon arrugas y burbujas en la

corteza, se percibía un olor y sabor ácido por la fermentación, el cual no se espera que presente el pan.

Se observó que el uso de diferentes tipos de levaduras determina distintos tiempos de fermentación, ya que las actividades de cada una de ellas no son iguales. Los tiempos de fermentación para el pan de levadura fresca y levadura instantánea fue mayor que para los de levadura seca granulada, esto se puede percibir como una ventaja para disminuir los tiempos de producción, además procesos fermentativos más largos y lentos permiten que las reacciones producidas por las enzimas proteolíticas sean más prolongadas por lo que generan productos más ricos que mejoran las características organolépticas por la producción de aminoácidos, esterres y azúcares, asimismo la producción de dióxido de carbono es mas lenta y gradual por lo que se genera una porosidad más fina y regular, además la masa posee una mayor acidez lo que retarda el desarrollo de hongos.

A continuación se mencionan las pruebas que se realizaron para estandarizar el proceso de elaboración de los panes francés:

Primera prueba

Se utilizaron 3lb de levadura fresca, 1.5lb de levadura seca granulada y 1.5lb de levadura seca instantánea por cada 100lb de harina, para elaborar cada uno de los tipos de pan francés, además durante el proceso de amasado no se utilizó el cilindro por lo que la estructura del gluten no se pudo desarrollar completamente. La masa obtenida fue de poco volumen y poco elástica, además durante esta prueba los tiempos de fermentación previo al boleado y al formado fueron únicamente de 15 minutos, éste tiempo se estableció debido a que las masas crecían de manera rápida, por lo que el proceso fermentativo fue muy violento. El pan con levadura fresca que se obtuvo de esta prueba fue de textura dura, apariencia estriada y con burbujas; el pan de levadura seca granulada presentó machas oscuras y textura grumosa; el pan de levadura seca

instantánea resultó con manchas blancas y agujeros en la miga muy grandes, reflejo de un crecimiento excesivamente rápido y violento, además no se permitió que se desarrollaran los compuestos de sabor, olor y textura deseables, asimismo la ausencia del amasado con cilindro impidió el adecuado desarrollo del gluten, por lo que los panes resultaron pesados.

Segunda prueba

Se utilizaron las nuevas cantidades de levaduras, 1.3lb de levadura fresca, 0.43lb de levadura seca granulada y de seca instantánea y el cilindro previo al boleado, al disminuir las cantidades de levadura se decide a aumentar los tiempos de fermentación a 30 minutos previo al boleado y del formado, pero durante este tiempo la masa no se tapa con manta, quedando expuesta al aire del ambiente, esto genera una masa rígida, tenaz, estable, seca que no se puede trabajar mecánicamente, ya que forma una corteza en el exterior de la masa, esto hace que la masa no crezca durante la fermentación en la cámara, lo cual impide el intercambio gaseoso, por lo tanto no hay aumento del volumen de las masas.

Tercera prueba

Con las nuevas cantidades de levaduras y el recubrimiento de las masas con las mantas durante la fermentación, se crearon masas más estables ya que no crecen violentamente sino que en forma gradual y lenta, permitiendo el desarrollo de compuestos importantes para la calidad del pan y disminuyendo los costos por materia prima utilizada. En esta prueba el tiempo de fermentación en la cámara fue de 45 minutos.

Cuarta prueba

Se decide aumentar el tiempo de fermentación dentro de la cámara a 60 minutos ya que se observó que al momento de introducir el pan al horno tenía poco empuje para crecer, por lo que los 15 minutos extra de fermentación permitieron que las masas

ingresaran más estables al horno, otorgando mayor empuje para su crecimiento que se vio reflejado en un aumento en el volumen. Se observó que los cambios del clima en donde se realizó el pan influyen de manera importante el tiempo de fermentación, ya que en días fríos, como el que se tenía durante la realización de esta prueba, se necesitó de más tiempo de fermentación para que la masa creciera, mientras que en días calurosos las masas crecieron en menor tiempo.

Quinta prueba

Durante la fermentación en la cámara en las pruebas anteriores se introducían las bandejas que contenían los panes en bases que sostenían las bandejas y que estaban expuestos directamente al calor y la humedad del ambiente dentro de la cámara de fermentación, y se observó que en algunas ocasiones las masas presentaban formación de costra, como en el caso de la segunda prueba, este fenómeno se dio cuando la cámara no estaba completamente llena, por lo que la temperatura aumentaba y la humedad disminuía creando un ambiente demasiado seco provocando una leve costra en la masa que retardaba el crecimiento de la misma, se determinó que la cámara no reparte el aire con uniformidad, por lo que existen áreas de la habitación que la temperatura puede llegar a ser mayor a 32°C la cual desarrolla la costra en la masa; al utilizar los carritos de acero se observó que la transferencia de calor hacia la masa fue de una manera más lenta, gradual, menos directa y más uniforme, debido a que los carritos poseen paredes de acero en todo su alrededor, por lo que cuando el calor ingresa al carro éste se expande de manera homogénea a toda su área, por lo que todas las bandejas donde se encontraban las masas poseían la misma temperatura (entre 28°C - 32°C). Si la fermentación se lleva a cabo a temperaturas bajas (26°C - 28°C), la formación de ácido láctico y butírico es menor, esto conlleva que el pan fermente más lentamente pero a su vez con más cuerpo, las enzimas al ser menos activas no producen tanto volumen y el sabor del pan es mejor.

B. Resultados de análisis fisicoquímicos

Todos los parámetros de evaluación instrumental fueron analizados estadísticamente por medio del análisis ANOVA ($p < 0.05$), sus respectivos resultados se encuentran en el apéndice.

1. Porcentaje de humedad: El contenido de humedad presente en el pan francés establece no sólo la vida útil, sino también la percepción en textura de la corteza y la miga. «Durante el proceso de horneado es donde se pierde la mayor cantidad de agua por medio de vapor entre 45-35% de humedad y durante el enfriado se pierde un pequeño porcentaje por el gradiente de temperatura», según indicado por Quaglia (1991:274).

Tabla No. 8 Porcentaje de humedad de pan

| | Tipo de levadura utilizada | | |
|-----------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Fresca | Instantánea | Granulada |
| % Humedad | 22.76±0.04 ^a | 23.4±0.2 ^b | 25.6±0.4 ^c |

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0.05$)

La Tabla No. 8 indica que el pan que presentó la menor cantidad de humedad fue la elaborada a base de la levadura fresca, mientras que el pan a base de levadura seca granulada fue la que mayor porcentaje presentó. El envejecimiento del pan está estrechamente relacionado con el contenido de humedad, por lo que el pan a base de levadura granulada presentará una mayor transferencia de humedad de la miga a la corteza por lo que el atributo de corteza crujiente y quebradiza se perderá más rápido que en el pan a base de levadura fresca e instantánea.

La elaboración del pan francés a base de levadura seca granulada necesita de una previa hidratación con agua a 40°C, la cantidad de agua que se utiliza para esta prehidratación debe ser la indicada por la formulación, pero como se ha mencionado anteriormente la cantidad de agua óptima para crear una masa con propiedades

adecuadas puede variar en concentraciones volumétricas muy pequeñas pero que pueden afectar en la humedad final del pan, tal fue el caso del pan a base de levadura granulada, ya que al elaborar este tipo de pan se observó que la masa necesitó de una cantidad levemente mayor de agua ya que la masa carecía de elasticidad y era muy firme con la cantidad de agua utilizada únicamente para la prehidratación, esta adición fue la responsable del incremento de humedad en el pan, el cual indica que sería el pan con mayor afinidad al crecimiento de hongos y por lo tanto un menor tiempo de vida de anaquel, además de una mayor retrogradación, es decir aumentaría su dureza más rápido que en el caso de los otros dos tipos de pan.

Cauvain (2002:89) indica que «la corteza del pan tiene una considerable menor cantidad de humedad que la miga. El contenido de humedad de la corteza es entre 12-17%, mientras que la miga tiene rangos de 35-40%», por lo tanto este gradiente de humedad debe llegar a un equilibrio entre 25-28%. Los 3 tipos de panes elaborados cumplen con lo estipulado por la norma COGUANOR NTG34168: Pan Popular, especificaciones, ya que el intervalo de humedad permitido es de 20-30%.

Las características organolépticas también se ven influidas con el contenido de agua presente en el pan, una mayor humedad, como la del pan con levadura seca granulada, se puede percibir como un pan con mayor frescura, pero si la miga contiene mucha humedad ésta puede migrar a la corteza y transformarla en suave y gomosa, aumentando la elasticidad, al ejercerle presión con el dedo regresa rápidamente a su forma original, como se observa en los resultados del análisis sensorial posteriormente indicados, los panelistas indicaron que la que mayor atributos en textura al tacto (compacidad, elasticidad, y esponjoso) presentó fue la de levadura granulada, y se puede observar que esta relación es lineal ya que para el pan de levadura seca instantánea que presenta menor porcentaje de agua que la levadura granulada, presentó menores valores en atributos en textura al tacto, pero mayores que los

obtenidos por el pan a base de levadura fresca ya que presentaba un mayor contenido de humedad.

Es importante controlar también que no se obtengan humedades demasiado bajas en el pan ya que puede generar masas agrietadas que consecuentemente se transforman en panes secos, duros, rasgados, crocantes de mayor firmeza, menor elasticidad y masticabilidad, debido en algunos casos a bajas temperaturas de horneado por cargas excesivas en el horno, por lo que es de vital importancia que se planee correctamente en qué cantidades se introducen los productos al horno para que no disminuya la eficiencia de transferencia de calor dentro de él.

2. Determinación de peso, volumen y densidad: El análisis de las dimensiones de los panes se realizó utilizando un pan francés de cada tipo, descartando los de las orillas ya que carecen de uniformidad. Como se muestra en la Tabla No. 9 los resultados obtenidos fueron muy dispersos, debido a que la producción del pan francés carece de la utilización de moldes y equipos que ayudan a moldear y crear productos uniformes y esta diferencia de datos no sólo se dio en los panes de diferentes levaduras sino también entre los panes a base de la misma levadura, es por ello que las desviaciones estándar son amplias.

Tabla No. 9 Dimensiones del pan

| | Peso (g) | Volumen (cm ³) | Densidad(g/cm ³) |
|-------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|
| Fresca | 20±2 ^a | 201±33 ^a | 0.10±0.02 ^a |
| Instantánea | 20±2 ^a | 252±26 ^b | 0.08±0.01 ^b |
| Granulada | 21±3 ^a | 177±22 ^a | 0.12±0.02 ^c |

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre muestras (p<0.05)

a. Peso: los tres tipos de panes elaborados fueron producidos con las mismas cantidades de materia prima, exceptuando por la cantidad de levadura y fueron sometidos a los mismos tiempos de horneado, al momento de bolear las masas se pesaron unidades de 49.6g que luego se dividieron en dos esferas para bolear, como se puede observar en la columna de peso de la Tabla No. 9, los pesos disminuyeron a

aproximadamente 20g, por lo que la disminución en pesos que se presentó fue por la pérdida de agua durante el horneado. Las diferencias de pesos entre muestras se deben a la retención de agua de cada una de ellas, aunque la diferencia entre ellas no fue significativa. El francés elaborado a base de levadura seca granulada presentó una diferencia mayor en peso, seguido por el pan de levadura seca instantánea y el pan con menor peso fue el de levadura fresca, este mismo comportamiento fue el observado en el porcentaje de humedad de las muestras de pan, por lo tanto las variaciones en los pesos se deben al contenido de agua que se acumuló dentro del pan.

b. Volumen: Las variaciones en el volumen del pan pueden verse modificados por varios factores como acidez en pan, oxidación de masa, grasa, calidad y cantidad de agua, proceso de horneado, cantidad y tipo de harina por ser el contribuidor de las proteínas que forman el gluten, la aplicación de energía durante el proceso de amasado para crear una estructura adecuada de la matriz del gluten, pero en este caso se estableció que los cambios se deben a la velocidad de fermentación de cada uno de los tipos de levaduras.

El mecanismo de expansión de la masa, es explicado por Cauvain (2002:128)

«Inicialmente las burbujas de aire que son incorporadas en la masa durante el mezclado están compuestas principalmente de una mezcla de nitrógeno y oxígeno. Las burbujas de gas nitrógeno que permanecen atrapadas en el gluten actúan como puntos nucleares y el gas de CO₂ producido durante la fermentación de la levadura que utiliza el oxígeno se difunde a ellos. Cuando las burbujas de gas nitrógeno reciben el CO₂, empiezan a expandirse y el volumen de la masa aumenta más.»

El volumen es uno de los factores en donde se puede observar las actividades de fermentación de las levaduras, ya que mediante «la transformación que realizan generan los gases que forman más del 70% del volumen final del pan, y durante el horneado se expande en 50% más por la futura producción de dióxido de carbono hasta que muere la levadura», según lo indicado por Cauvain (2002: 127).

El pan elaborado por levadura seca instantánea presentó el mayor volumen con $252\pm 26\text{cm}^3$, éste obtuvo una diferencia significativa en comparación a las otras dos levaduras, ya que la levadura fresca presentó un menor valor con $201\pm 26\text{cm}^3$ y por último la levadura seca granulada presentó el menor volumen, de esta manera se puede observar que la levadura seca instantánea presenta una mayor producción de gases fermentadores que permiten el crecimiento de la masa y por lo tanto generan un volumen mayor que el de la levadura fresca y granulada.

Es importante distinguir entre la producción de gas y la retención de gas en la masa fermentada. La producción de gas se refiere a la generación de dióxido de carbono como consecuencia natural de la fermentación. La expansión de la masa puede ocurrir únicamente si el dióxido de carbono es retenido por la masa. No todo el gas generado durante la elaboración de pan es retenido dentro de la masa, la proporción que se retiene dependerá del desarrollo correcto de la matriz de gluten.

El escaso volumen del pan a base de levadura seca granulada no sólo se pudo deber la baja producción de gases durante la fermentación, sino que también se pudo haber formado costra sobre la masa lo cual no le permitió crecer en la forma adecuada o por una temperatura demasiado alta durante el horneado, además que presentaba un mayor contenido de agua.

c. Densidad: La densidad tiene un efecto en la percepción y suavidad del producto final, ésta relación entre el peso y el volumen del pan permite estimar la expansión que obtuvo la masa durante la fermentación y el horneado. Cauvain (2002:200) indica que los productos catalogados como pan francés presentan una densidad entre $0.15\text{-}0.18\text{g/cm}^3$, los panes elaborados presentaron densidades menores entre $0.08\text{-}0.12\text{g/cm}^3$, demostrando que los panes con las levaduras utilizadas son más livianos que los indicados por Cauvain.

La Tabla No. 9 indica que el pan elaborado con levadura seca instantánea presentó un valor de densidad menor con $0.08 \pm 0.01 \text{g/cm}^3$, éste fue el que presentó el mayor volumen, por lo que la habilidad de producir un aumento en el crecimiento de la masa fue el que influyó en la disminución de su densidad produciendo un pan más liviano y esponjoso, mientras el pan elaborado con levadura seca granulada presentó el valor más alto de densidad con $0.12 \pm 0.02 \text{g/cm}^3$ debido a que presentó el mayor valor en peso de las 3 muestras, al relacionarlo con los resultados del análisis sensorial los panelistas indicaron que ésta muestra presentaba mayores atributos en textura al tacto como compacidad, elasticidad y esponjosidad.

Por poseer la mayor densidad, el pan a base de levadura seca granulada presentaba una miga menos expansiva, con alveolos más unidos, de poco espacio entre ellos y percibido como un pan “pesado” y gomoso debido a la dificultad de producir y mantener el gas de fermentación durante su elaboración.

3. Defectos en pan: La presencia de irregularidades en la corteza y la miga del pan son indicativos de un proceso de elaboración defectuoso, los factores que pueden generar estos defectos se deben a la falta de control en procesos que determinan el pH, humedad, temperatura de horneado, tiempo y temperatura de fermentación, tiempo y cantidad de energía en amasado, también la cantidad y el tipo de levadura utilizada.

La Tabla No. 10 indica que el pan que mayores defectos presentó fue el elaborado con la levadura seca granulada, ya que éste presentó una miga compacta, con corteza agrietada, presencia de burbujas y manchas blancas. Las burbujas presentes en la corteza del pan se deben a temperaturas demasiado altas o tiempos inadecuados de fermentación, sin embargo los 3 tipos de panes fueron elaborados bajo las mismas condiciones por lo que éste no fue el factor de generación de estos defectos. Al tratarse de levadura seca granulada ésta debe ser prehidratada antes de incorporarla al resto de ingredientes, por lo que es importante que cuando se hidrate se observe que los

gránulos se disuelven completamente en el agua tibia, formando una solución sin grumos de color beige oscura, si éstos no se disuelven correctamente y se agregan al resto de ingredientes, la levadura no se homogeniza completamente en la masa, por lo que al momento de fermentar los gases no se expandirán en toda la masa ya que ésta no se encuentra presente en todos sus áreas generando burbujas, mala estructura en el pan y volumen escaso.

Tabla No. 10 Defectos en el pan

| | Tipo de levadura | | |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| | Fresca | Instantánea | Granulada |
| Agujeros en miga | Medianos en general, varios grandes | Numerosos agujeros medianos, sin agujeros grandes | Poca cantidad de medianos, pequeños en general |
| Descripción miga | Expansiva | Expansiva | Compacta, volumen escaso |
| Coloración interior | Dona (J1-01) * | Amaranto (I2-01) * | Dona (J1-01) * |
| Deformaciones | No existen | No existen | No existen |
| Roturas en corteza | No existen | No existen | No existen |
| Apariencia en corteza | Color homogéneo con presencia de manchas blancas, sin burbujas ni arrugas | Color homogéneo, con poca cantidad de arrugas y sin burbujas | Coloración oscura, con burbujas y arrugas |

* Identificación dada por cartillas de color y fotocopias de migas adjuntas en apéndice

La estructura de la miga depende en gran medida de la distribución del gas en la masa durante la fermentación en la cámara, cuando existe mayor cantidad de CO₂ en ella la porosidad de la miga es mayor por lo que el tamaño de los agujeros aumenta.

El pan elaborado con la levadura fresca fue la que presentó mayor cantidad de agujeros en la miga y no fue la que presentó mayor volumen, mientras que el francés a base de levadura instantánea fue el que obtuvo mayor volumen pero los agujeros en la miga eran en su mayoría medianos, esto indica que la fermentación de la levadura fresca fue demasiado rápida y descontrolada por lo que la formación de los alvéolos en la miga

no fue lenta ni organizada como fue el caso de la levadura instantánea. Las manchas blancas presentes en la corteza del pan francés de levadura fresca respaldan que la fermentación fue excesiva y fuera de control.

Como se ha indicado anteriormente no es posible categorizar a un pan como de buena o mala calidad, ya que en muchos casos los consumidores prefieren que el francés que consumen posea una miga muy expansiva y de mayor volumen, pero también existen consumidores que prefieren que la miga del pan sea más compacta, por lo que aunque se categorice la organización de la miga como un defecto es importante enfatizar que varía según la percepción de cada consumidor.




4. Color corteza: El azúcar, la sal, la intensidad del amasado, temperatura de horneado y fermentación y acidez de masa, son factores que influyen directamente en la coloración final de la corteza del pan. La sal le da un aumento en la tonalidad de la parte exterior; la profundidad del color de la corteza del pan conseguida durante el horneado está influenciada por el pH de la masa, con pH ácidos se obtiene un color más oscuro. Además las reacciones térmicas, que incluyen el encafecimiento no enzimático (reacción de Maillard) y caramelización de los azúcares contribuyen directamente no sólo al sabor y sino también a la coloración oscura de la corteza.

Cauvain (2002:285-286) explica claramente cómo estas reacciones generan la coloración en la corteza:

«La caramelización es la transformación a polímeros compuestos cafés (de 2 a 3%) que sobran luego de la fermentación. Si no existe una concentración decente de azúcares este oscurecimiento no se lleva a cabo correctamente, esto inicia cuando los azúcares simples en la corteza empiezan a derretirse a 130-140⁰C hasta 200⁰C que generan oligosacáridos coloreados».

«La Reacción de Maillard inicia a los 100⁰C, es una interacción entre azúcares reductores (glucosa, fructosa o maltosa) aminoácidos (lisina) y proteínas o péptidos que forman un aminoaldehidos altamente coloreados y compuestos heterocíclicos de nitrógeno. »

Tabla No. 11 Coloración de corteza en pan

| Tipo de levadura | Color de corteza | |
|------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Fresca | Natilla (I2-04)* |  |
| Instantánea | Tequila (I3-07)* |  |
| Granulada | Campana (I3-08)* |  |

* Identificación dada por cartillas de color adjuntas en apéndice

El pan elaborado con levadura fresca presentó una tonalidad beige clara denominada Natilla (I2-04), ésta presentó manchas blancas las cuales se discutieron anteriormente. Al compararse con los panes de levadura seca instantánea y seca granulada se observa que éstos dos últimos presentaron una tonalidad más oscura, entre beige y marrón claro, debido a que presentaron mayor cantidad de azúcares que permitieron una mayor caramelización y una reacción de Maillard más intensa. Es importante determinar el porqué éstos dos tipos de panes presentaban mayor cantidad de azúcares, esto es indicativo de que las levaduras no utilizaron la misma cantidad de azúcares como alimento para fermentar, como lo hizo la levadura fresca, esto viene a apoyar que la levadura fresca presenta un proceso de fermentación más descontrolado y violento por lo que utiliza de manera más rápida los azúcares que posee para transformarlos en productos fermentados.

Al analizar los resultados obtenidos en la prueba de perfil sensorial se observa el mismo comportamiento antes descrito, el pan con levadura fresca fue el que los panelistas indicaron ser el más claro, mientras el francés de levadura seca granulada presentó la coloración más oscura. Además el pan con levadura instantánea presentó una leve brilloso debido a la presencia de dextrinas.

La capacidad del horno influirá el color final de la corteza del pan ya que la eficiencia de la transferencia de calor no es la misma cuando el horno se encuentra completamente lleno a que cuando se encuentra vacío, en las pruebas realizadas se observó que cuando éste se encontraba lleno, los colores obtenidos eran más pálidos, mientras que cuando el horno se encontraba vacío el pan tomaba coloraciones más oscuras.

5. Determinación de pH en pan: El análisis del pH y la acidez titulable ayudan a estudiar el desarrollo del proceso de fermentación que determinará las propiedades organolépticas y la estructura final del pan, ya que se realizan varios cambios de pH en la masa, Cauvain (2002:79) «Los cambios se deben a la formación de ácido láctico: de un valor inicial de 6.2 va tomando valores de pH más bajos durante el aumento en el tiempo de fermentación hasta llegar a valores entre 5.4-5.6»

Quaglia (2002:297) indica que « Todos los productos fermentados tienen un pH y un TAT óptimos que dependen de la fermentación y que influyen en las características del producto final. Para el pan francés el pH debe ser de 5.6 y la acidez titulable de 0.25.»

Los panes deben presentar un ambiente ácido ya que favorece la formación del gluten, lo que vuelve más extensible la masa y se refleja como un pan de mejor estructura de la miga, la disminución del pH se da mientras el dióxido de carbono se disuelve en la fase acuosa.

La Norma COGUANOR NTG34168 para pan popular indica que el pH debe encontrarse entre el intervalo de 5.8-6.1, los panes elaborados por los tres tipos de levaduras no cumplen con éste requisito ya que presentan valores inferiores a los establecidos debido a una fermentación excesiva.

Tabla No. 12 Título de acidez total y pH de pan

| | pH | Título acidez total (ml NaOH 0.1N) |
|-------------|------------------------|-------------------------------------------|
| Fresca | 5.07±0.06 ^a | 0.19±0.01 ^a |
| Instantánea | 5.00±0.00 ^b | 0.21±0.00 ^b |
| Granulada | 5.13±0.06 ^c | 0.20±0.01 ^c |

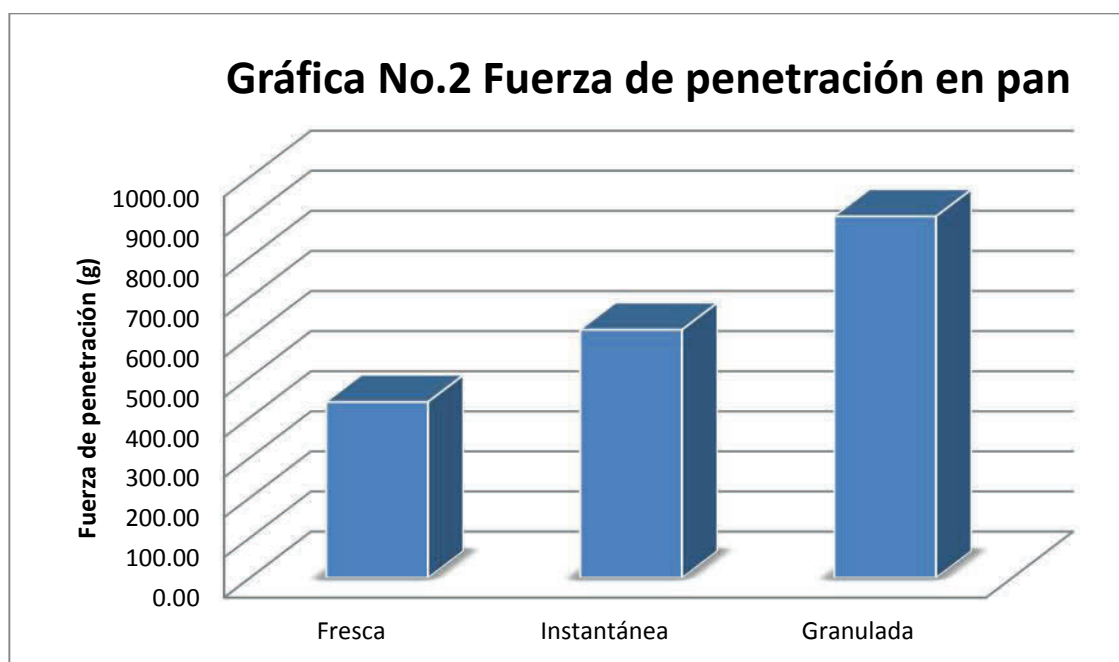
Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre muestras (p<0.05)

Como se muestra en la Tabla No.12 los tres tipos de panes presentaron valores de pH y título de acidez total (TAT) menor a los óptimos, esto es indicativo de que la fermentación se realizó a temperaturas demasiado altas o durante mucho tiempo, lo cual resultó en el envejecimiento excesivo de la masa. Estas temperaturas altas pueden deberse a la temperatura ambiental, es decir, si la elaboración del pan se realiza durante la estación de calor, por lo que se deben realizar los cambios en tiempos de fermentación cuando existan cambios estacionales. La acidez excesiva conlleva a panes de bajo volumen y mal aspecto, éste puede ser la razón del pobre volumen del pan a base de levadura seca granulada.

Al comparar los valores obtenidos entre las tres levaduras se observa que el pan con menor pH fue el de la levadura instantánea y fue el que presentó el mayor TAT, debido a que todavía presentó una cantidad elevada de azúcares en la masa, esto comprueba que la tonalidad de color de su corteza es más oscura que el de la levadura fresca.

Los tres tipos de panes elaborados presentaron índices de acidez altos lo cual puede considerarse como una ventaja ya que aumenta la duración de conservación del producto por retardar el desarrollo de microorganismos, como mohos y hongos.

6. Firmeza: Existen dos maneras de medir la firmeza presente en el pan, por métodos sensoriales y por métodos instrumentales como la prueba de compresión. La firmeza del pan va relacionada con la suavidad de la miga, factores como la humedad, la densidad y la estructura alveolar de la miga afectan la percepción de la suavidad del producto. Además es importante controlar los tratamientos después del horneado, como el empaquetado y/o almacenamiento del pan. Es elemental controlar la energía que se administra a la masa al momento de mezclar ya que al aumentar el nivel de energía el volumen del pan aumenta y con éste aumento se reduce el tamaño de las células y aumenta su uniformidad, por lo tanto la suavidad de la corteza mejora. Además es primordial establecer qué tipo de mezclador se utilizará, para elaborar éste tipo de francés se utilizó la batidora con la herramienta de gancho de esta manera se incorporo el aire más efectivamente, generando una estructura alveolar más abierta.



Cuando el pan francés presenta bajos contenidos de humedad se produce un aumento en la firmeza y disminución de la elasticidad, pero al observar los resultados de humedad de los panes se observa que el pan elaborado con levadura fresca fue el que

presentó el menor contenido de humedad ($22.76 \pm 0.04\%$), pero al observar la Gráfica No. 2 se observa que este tipo de pan fue el que menor fuerza de penetración necesitó para comprimirse, por lo tanto es el pan que menor firmeza presentó, esto pudo deberse a que presentaba una corteza más crujiente, por lo que al ejercerle poca fuerza de penetración se logró comprimir fácilmente en comparación a los otros dos tipos de pan, esto fue percibido por el panel utilizado en el grupo focal del análisis sensorial ya que para la muestra de pan de levadura fresca fue la que mayor puntuación presentó en los descriptores de crocante y tostado, indicando una mayor gelatinización en la corteza, conjuntamente presenta paredes celulares más delgadas que requieren inevitablemente de una menor fuerza de fractura.

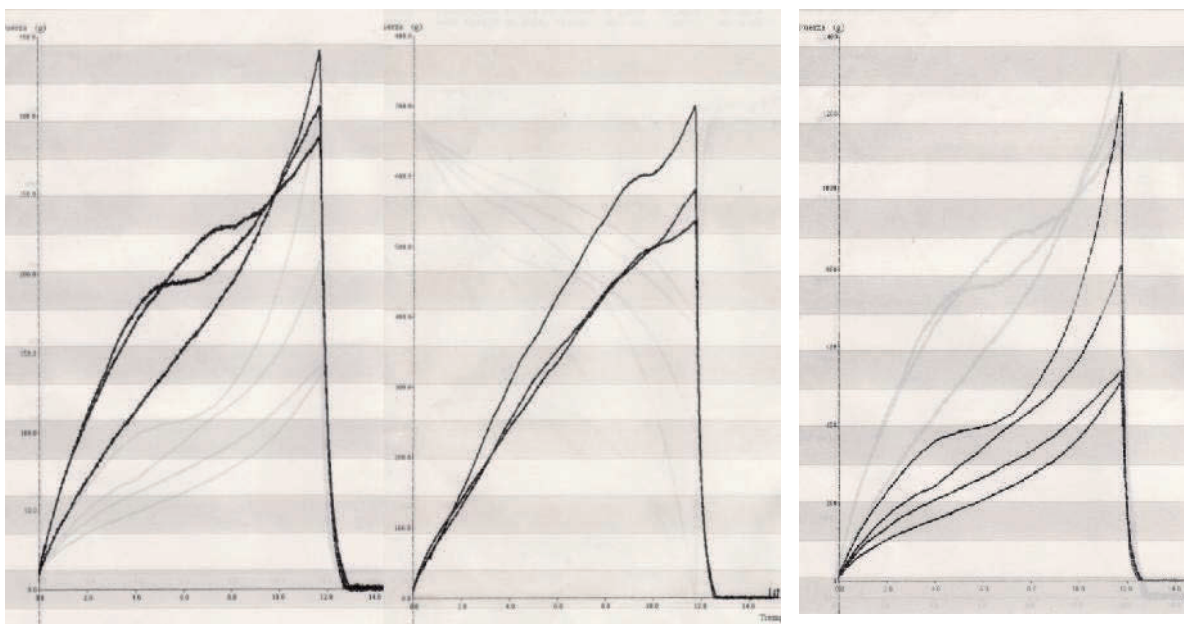
Se encontró una alta relación entre el volumen del pan y la firmeza, ya que a un menor volumen la firmeza aumenta, tal fue el caso del pan de levadura granulada el cual presentó una diferencia significativa en comparación con las otras levaduras por el volumen y fue la que mayor fuerza de penetración necesitó por lo tanto fue el pan más firme de los tres, de esta manera se puede observar que la capacidad de formación de gases producida por la levadura repercute no sólo en la capacidad de crecimiento del pan sino también en su firmeza. Además el pan de levadura seca instantánea por presentar el mayor volumen de los 3 panes, presentó menor firmeza ya que la miga es más aireada que la granulada.

Al observar las gráficas del comportamiento de la prueba de compresibilidad (Ilustración No. 1) se observa que para las dos pruebas realizadas en triplicado, el pan a base de levadura fresca no presentó valores similares en la fuerza de penetración, pero sí presentó el mismo comportamiento ascendente, indicando la homogeneidad en firmeza en los panes elaborados en diferentes días.

Los diagramas del comportamiento de compresibilidad para el pan elaborado con levadura seca instantánea presentaron mayor homogeneidad que el de levadura

fresca, pero sin cambios radicales, por lo que éste tipo de pan aunque presentó una mayor firmeza también indicó poseer homogeneidad en firmeza. El pan elaborado con levadura seca granulada presentó comportamientos distintos en cada prueba y en cada corrida, indicando falta de homogeneidad en la textura de éste tipo de pan.

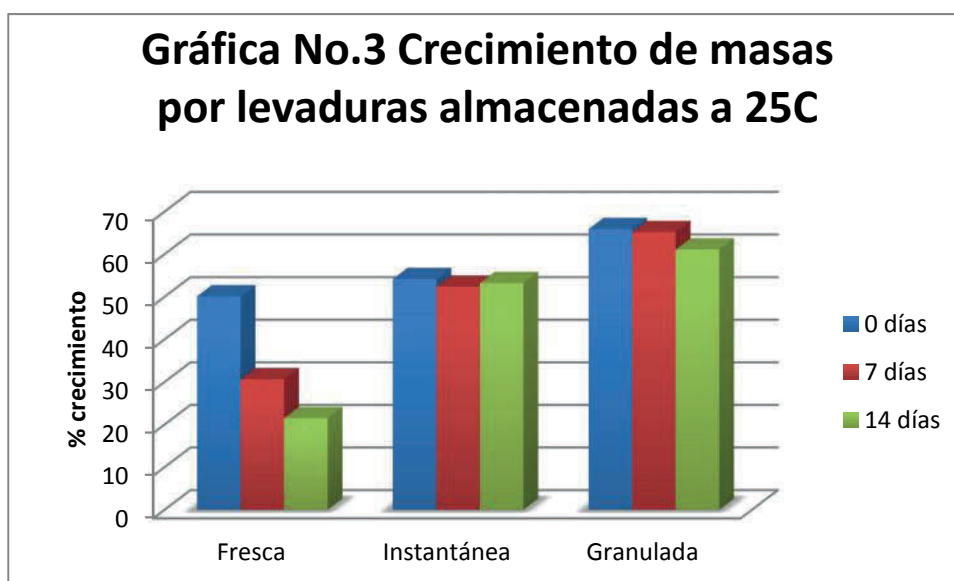
Ilustración 1 Gráficas prueba de compresibilidad (Fuerza vs. Tiempo) muestra de izquierda a derecha (fresca, instantánea y granulada)

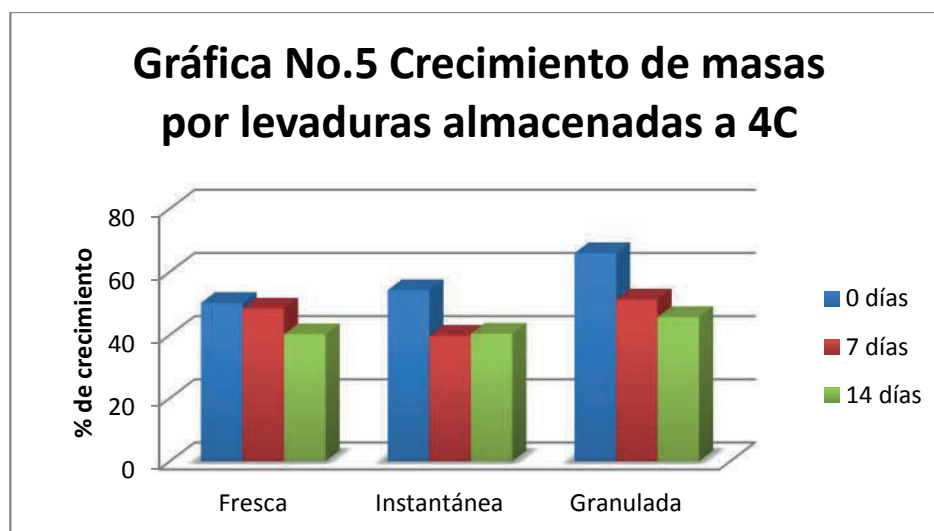
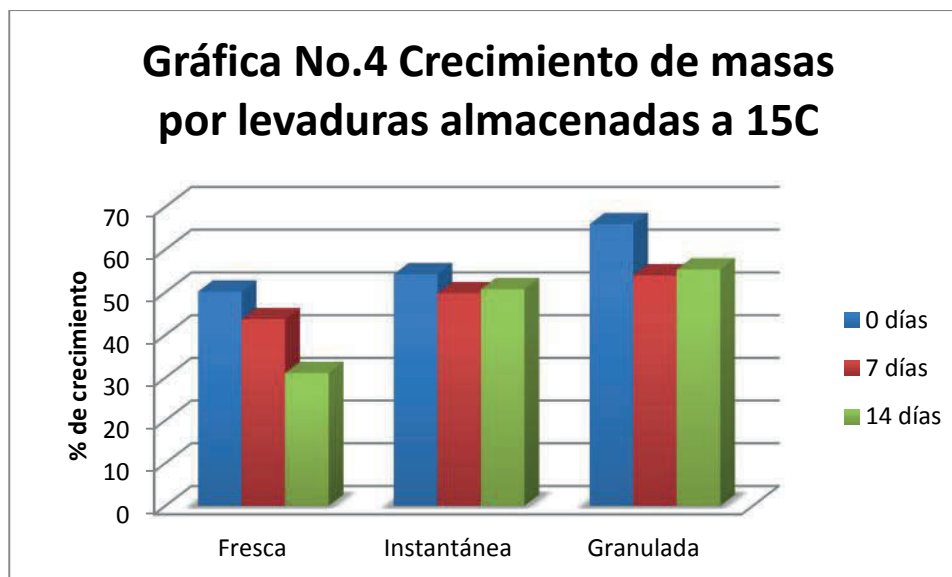


Luego de transcurridas 6 horas del horneado, el pan ya no se le categoriza como fresco, en esta etapa se van perdiendo características organolépticas propias del producto, aroma, sabor y el más notorio, cambios en textura; el incremento en la firmeza del pan se debe a la retrogradación, es decir la cristalización del almidón, en esta transformación las moléculas de agua se difunden hacia fuera. Los cambios de firmeza presentados en los tres tipos de panes elaborados no se pueden relacionar con éste fenómeno ya que los franceses se elaboraron la misma mañana que fueron analizados, por lo tanto todavía se categorizaban como frescos.

7. Estabilidad en almacenamiento de levaduras por crecimiento de masas

El uso de levadura para la elaboración de pan francés es vital, ya que no sólo ayuda al crecimiento de la masa sino también ayuda a la creación de muchas características organolépticas, por lo que es de suma importancia que las condiciones en donde se almacenan (humedad, aire, temperatura, tiempo) sean las correctas, de esta manera se asegura que su actividad sea la adecuada, si estas condiciones no se controlan se empleará levaduras en mal estado para la elaboración del pan, creando migas gomosas, de volumen reducido y sin aroma debido a una acidez excesiva.





La utilización de levadura fresca tiene como desventaja que debe ser almacenada a bajas temperaturas (4°C) y únicamente tiene una vida de anaquel de 15 días, por lo que la levadura seca instantánea y seca granulada presentan una ventaja significativa ya que no deben ser almacenadas a temperaturas bajas ni por tiempos cortos.

Las gráficas No.3, No.4 y No.5 indican que el crecimiento de las masas elaboradas con levadura fresca presentó una disminución substancial transcurridos 7 y 14 días, de esta manera se puede observar que la estabilidad de la levadura fresca, incluso a

temperaturas bajas, disminuye significativamente desde los primeros 7 días hasta los 14 días, esto se debe a que éste tipo de levadura está formada por células vivas y activas, y es por ello que se observó transpiración dentro de la bolsa transcurridos 7 días de almacenamiento a 25⁰C y 15⁰C; es por ello que se aconseja controlar correctamente las reservas de levadura para que no se sobrepase un período de almacenamiento superior a los 15 días y que no se acumulen en bodega.

El porcentaje de crecimiento de las masas elaboradas con las levaduras almacenadas a temperatura ambiente se muestra en la Gráfica No. 3, las levaduras secas, instantánea y granulada presentaron porcentajes de crecimiento similares transcurridos los 14 días de análisis, indicando que su actividad no se ve alterada al ser almacenada a temperaturas de 25⁰C, generando una ventaja para la producción de la industria de la panificación, ya que se pueden tener reservas de mayor cantidad sin la necesidad de almacenarlas en temperaturas bajas, aunque se debe cuidar que la levadura seca instantánea no se exponga por mucho tiempo al oxígeno.

La levadura fresca muestra un decaimiento importante en el crecimiento de la masa, además se observó presencia de un moho verde a los 14 días, la levadura presentaba un mal olor, más pastosa de lo normal; mientras que la instantánea no transpiró, no se formaron aglomerados y la masa presentaba olor a fermentado, en el caso de la granulada hidrató bien y presentaba un color característico entre beige grisáceo.

Ilustración 2 Masas elaboradas con levaduras almacenadas a 25C durante 7 días (de izquierda a derecha: fresca, instantánea y granulada)



La Gráfica No. 4 indica también una disminución en el porcentaje de crecimiento de la masa en la levadura fresca, también disminuyó el crecimiento en las levaduras secas, pero no de manera importante, esta pequeña disminución se pudo deber a que pudieron absorber la humedad presente en el ambiente ya que se encontraban almacenadas en un refrigerador que se encontraba a 15°C , activándolas y por lo tanto con el aumento del tiempo disminuyó su actividad.

Al almacenar las levaduras a 4°C , se observó que la disminución en el porcentaje de crecimiento de la masa a base de levadura fresca no fue tan evidente como a las temperaturas de 25°C y 15°C , debido a que a temperaturas bajas las células vivas se mantienen mejor conservadas, por lo tanto la pérdida de la actividad no fue tan significativa. Las levaduras secas, instantánea y granulada, presentaron una disminución nuevamente, debido a la absorción de humedad presente en el congelador en donde se almacenaron, por lo tanto se hidrataron y se activaron antes de lo necesario.

Ilustración 3 Masas elaboradas con levaduras almacenadas a 4°C durante 7 días (de izquierda a derecha: fresca, instantánea, granulada)



En la Ilustración No. 4 se observa que las masas se transforman en productos más oscuros, pegajosos, opacos y con olor desagradable cuando se utilizan levaduras que se almacenan en condiciones inadecuadas o por tiempos elevados.

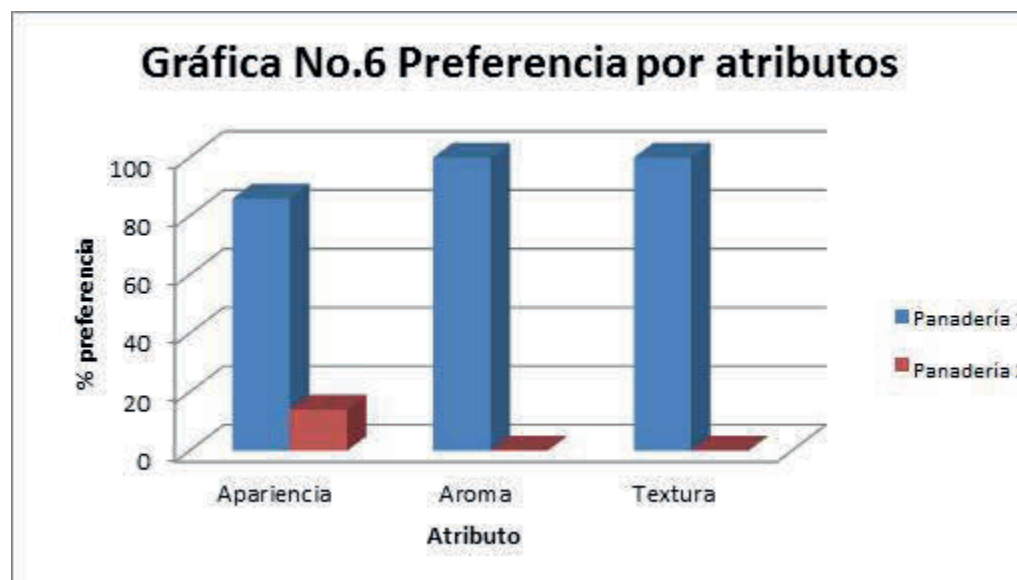
Ilustración 4 Masa elaborada con levadura almacenada en condiciones adecuadas (izquierda) y condiciones inadecuadas (derecha)



c. Resultados de evaluación sensorial: Se utilizaron dos pruebas para la evaluación sensorial, un grupo focal que tenía como objetivo establecer y dar a conocer los descriptores del pan francés utilizando una muestra de pan de la panadería 1 y una muestra de la panadería de competencia (panadería 2) ambas elaboradas con levadura fresca. Los descriptores estudiados en esta prueba ayudaron a realizar la segunda prueba, perfil sensorial, que se realizó con el objetivo de describir cada muestra de pan elaborado con diferente tipo de levadura por medio de la obtención de las magnitudes de cada descriptor y de esta manera comparar las características de los panes. Por último se pidió a los 35 panelistas que indicaran cuál es el tipo de levadura que proporciona las mejores características al pan francés y de esta manera determinar la preferencia de los panelistas hacia un tipo de pan específico.

Se utilizó un grupo de 35 panelistas semientrenados, luego de indicarles qué descriptores son los utilizados en el pan francés, se les presentó dos muestras de pan, la elaborada en la panadería 1, la cual se utilizó como producto base y el pan francés producido en la 2. Se les pidió que indicaran su preferencia a cada uno de los atributos, como se observa en la Gráfica No. 6 más del 80% prefirió en apariencia al pan de la 1, y para los atributos de aroma y textura el 100% de los panelistas se inclinó por el pan francés elaborado en esta panadería, indicando que el pan que produce la 1 es un

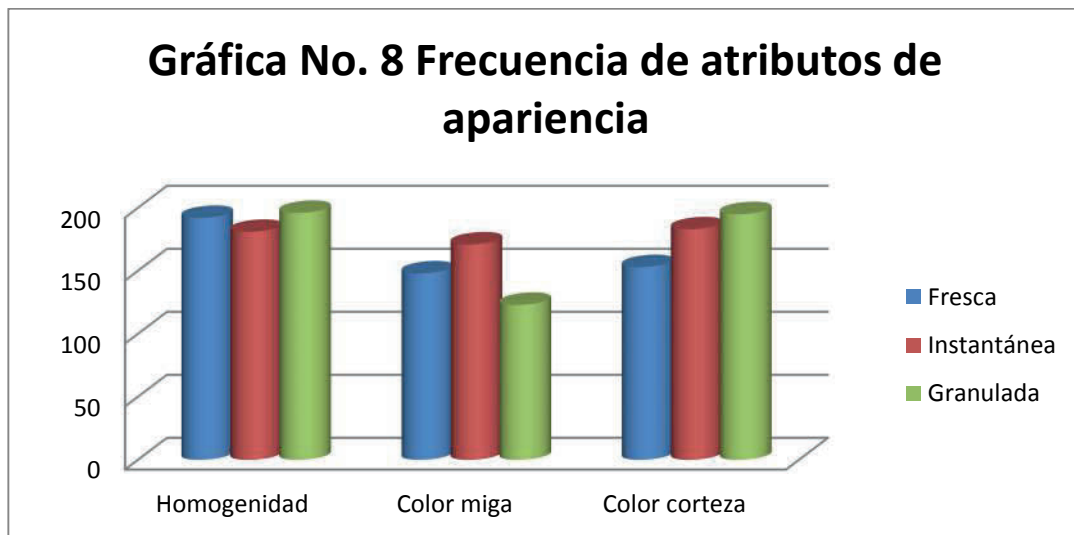
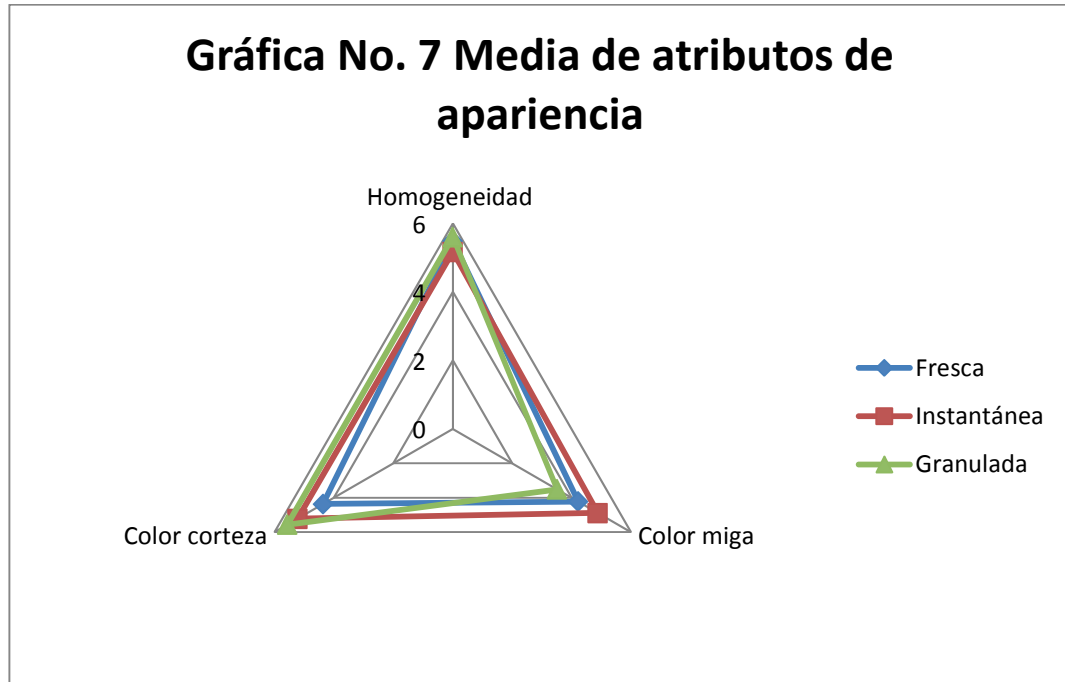
producto de panificación aceptado y de alta preferencia en comparación a productos similares elaborados en panaderías de competencia.



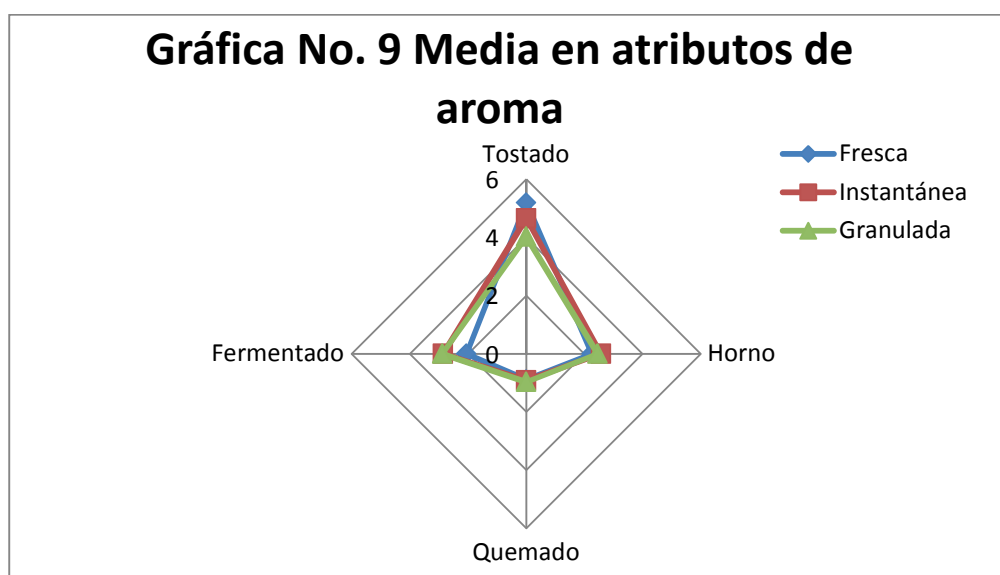
Para la prueba de perfil sensorial se determinó la media de la intensidad de cada descriptor y éstos se representaron en gráficas de araña para poder comparar como variaron los valores en cada tipo de pan, se indicó que el valor de cero se atribuía como un atributo no percibido y el valor de diez como un atributo completamente percibido. Además se realizó una gráfica de frecuencias en donde se puede observar los totales de cada descriptor y de esta manera analizar cuál obtuvo el mayor puntaje según cada atributo.

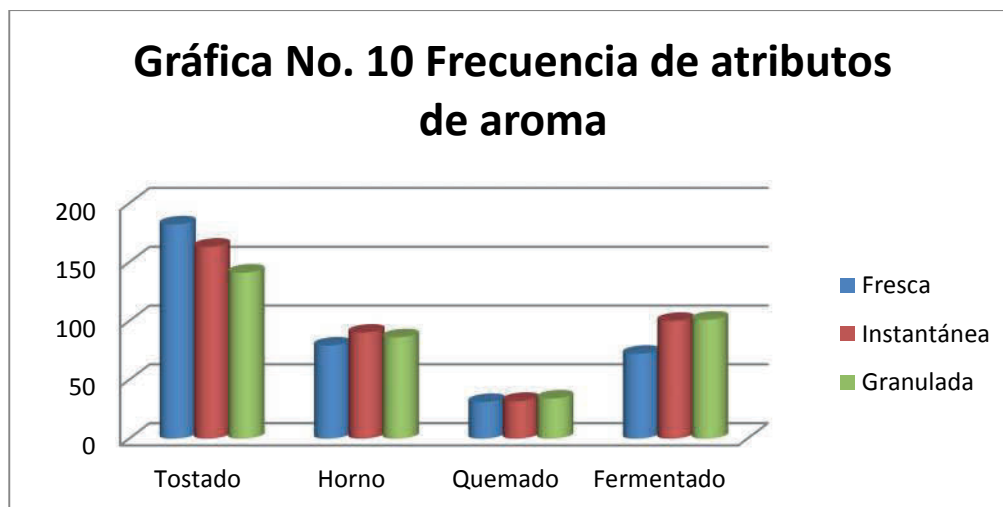
La homogeneidad general del color en los tres tipos de panes presentó valores similares indicando que todos presentaban uniformidad en el color. Para la coloración de la corteza se les indicó que se le debía dar un valor de 0 si presentaba un color dorado claro y 10 si presentaba un color marrón oscuro. Como se observa el pan elaborado con levadura granulada presentó un valor de 6 indicando ser más oscura que el pan de levadura fresca e instantánea, lo cual apoya a lo indicado en la prueba del color de corteza en donde también se observó que el pan de levadura granulada

presentaba una tonalidad más oscura. La coloración de la miga se valoró como 0 si era blanco crema y 10 para marrón claro, en este caso el pan con levadura seca instantánea presentó un valor de mayor oscuridad que el de la levadura fresca y granulada.



Al evaluar los atributos de aroma de los tres panes se observó que el atributo que más se percibió fue el olor a tostado, mientras que el aroma a fermentado, horno y quemado casi no fueron percibidos. Estos resultados indican que ninguno de los tipos de panes presentó olores indeseados, además es importante tomar en cuenta que el aroma del pan francés debe ser suave, según lo indicado por Callejo, 2010. El pan que presentó el mayor valor de aroma a tostado fue el de la levadura fresca, seguido del pan a base de levadura instantánea. Este descriptor es uno de los más buscados por el consumidor, ya que es característico e indicativo de la frescura del producto. El aroma a fermentado se genera fundamentalmente de las condiciones de la fase de fermentación (temperatura, humedad relativa, acidez masa) durante su procesamiento, como se observa en las Gráficas No. 9 y No. 10 el pan de las levaduras secas, instantánea y granular fueron las que presentaron mayor percepción a este tipo de aroma en comparación al pan de levadura fresca, pero la media de los valores no fue mayor a 3, lo cual indica que la percepción no es alta. El aroma a quemado y a horno no presentó diferencias entre los tres tipos de panes.

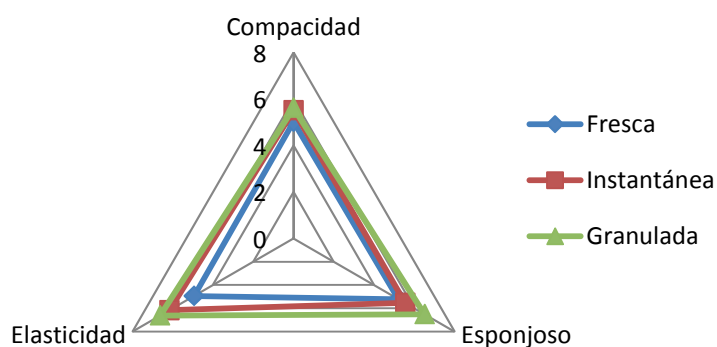




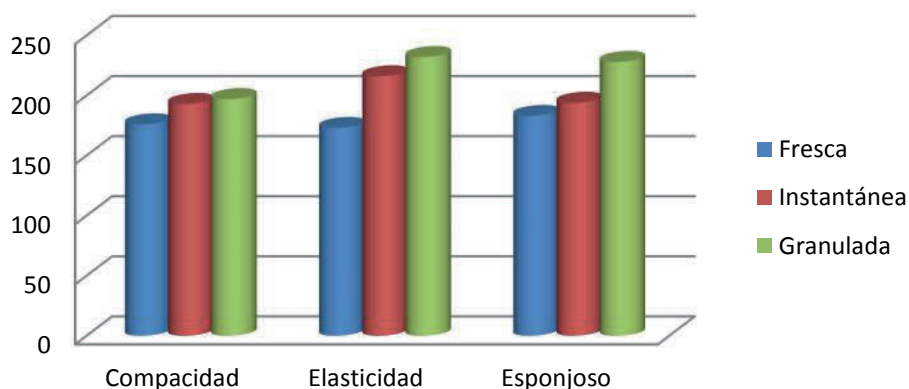
Las evaluaciones sensoriales han demostrado que los consumidores les dan más énfasis a la consistencia y textura del pan y no tanto al sabor, por lo que es importante que a este tipo de atributos se les otorgue mayor importancia al caracterizar el pan francés.

Las características de textura se determinaron de dos formas: la textura percibida por el tacto y la textura percibida por la boca, de esta manera se puede analizar mejor los parámetros de los panes. En los atributos de textura al tacto indicados en la Gráfica No. 11 se observa que la compacidad fue muy parecida para los tres panes, es decir la resistencia a la presión por el dedo fue similar, pero como se observó en la prueba de firmeza el pan con levadura granulada presentó una mayor firmeza. La elasticidad y la esponjosidad fue levemente mayor en el pan con levadura seca granulada y seca instantánea que el elaborado con levadura fresca, por lo tanto éstas dos recuperan mejor su forma original que el de levadura fresca, presentando una estructura alveolar mucho más estable y menos aireada que le permite regresar a su forma inicial.

Gráfica No. 11 Media de atributos de textura al tacto



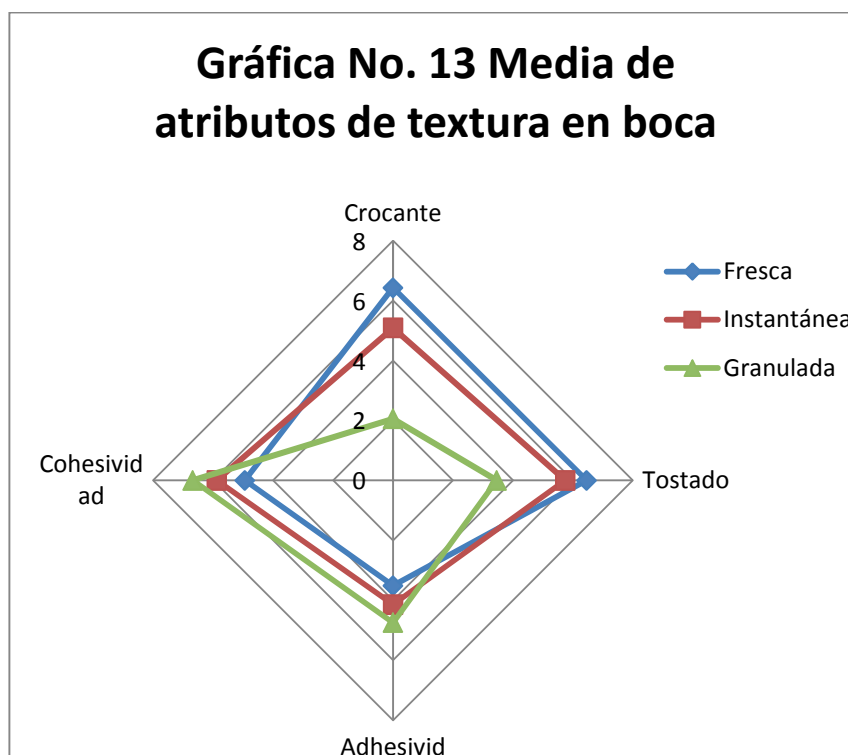
Gráfica No. 12 Frecuencia de atributos de textura al tacto

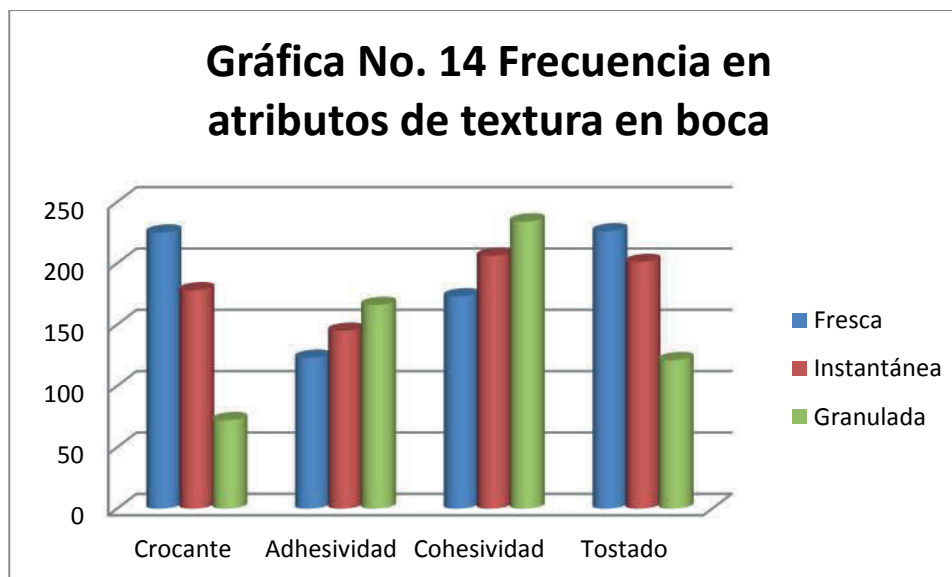


La Gráfica No. 13 indica que los atributos de textura en boca presentó mayores diferencias, ya que el pan elaborado con levadura seca granulada obtuvo valores bajos en los descriptores de crocante y tostado, indicativos que no fueron tan percibidos por los panelistas en comparación al elaborado con pan de levadura fresca, demostrando que este tipo de pan presentó menor crujencia en la corteza ya que estos dos descriptores se perciben por la interacción de la boca con la corteza.

Los atributos de textura en boca son similares entre el pan de levadura fresca y levadura instantánea, demostrando que la percepción al momento de comer el pan es similar, lo cual puede ser ventajoso si se desea sustituir el uso de levadura fresca por levadura instantánea.

Los valores altos de cohesividad y adhesividad de la muestra de levadura granulada indican que se necesita de una mayor fuerza para remover la miga del paladar y que ésta no se disgrega fácilmente, por lo que la estructura alveolar es compacta lo cual se observa en el poco volumen que presentó este tipo de pan, es importante controlar que este tipo de características no sean muy perceptibles ya que cuando aumentan puede percibirse como gomosa.

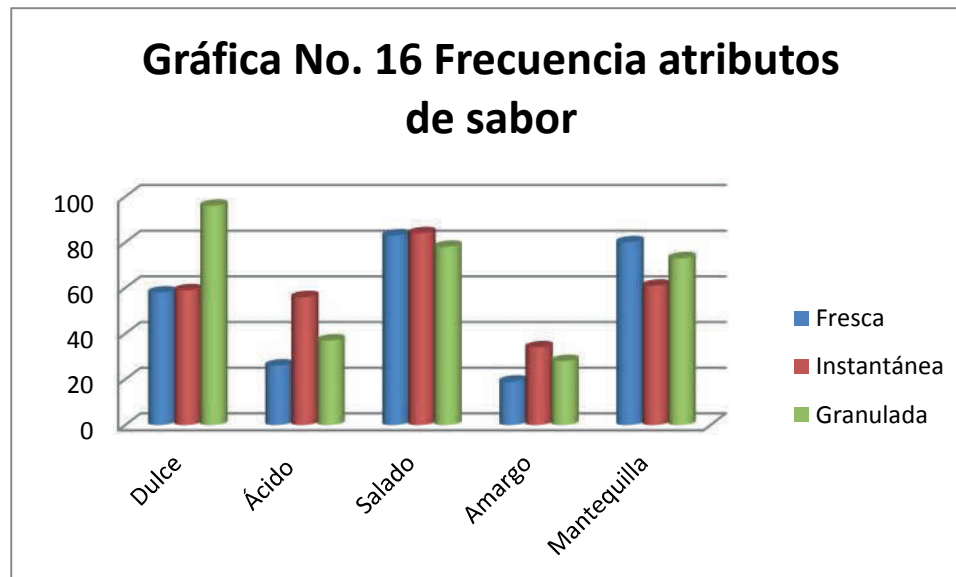
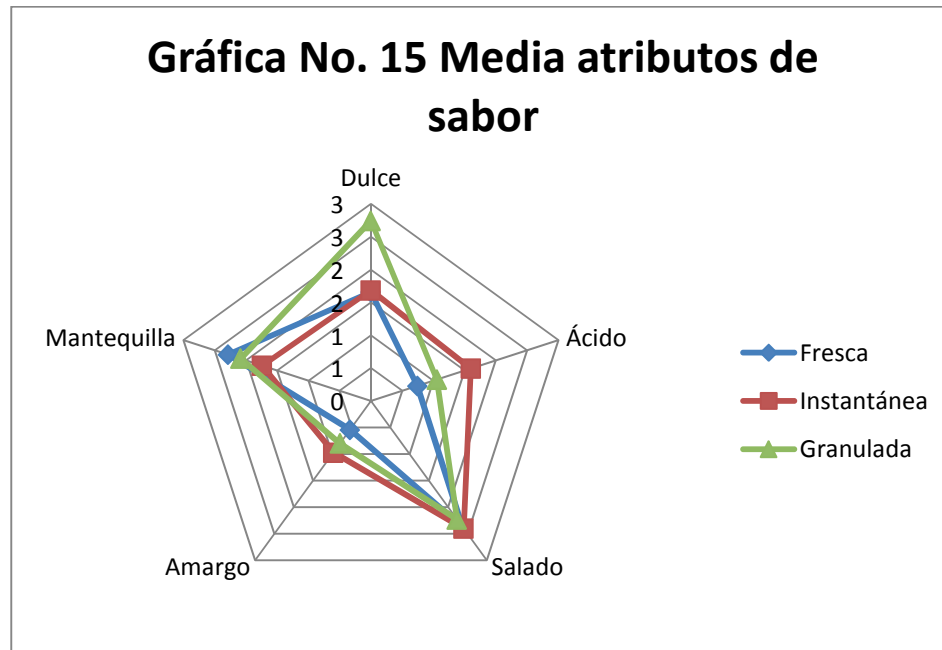




Los atributos de sabor se ven afectados fuertemente por el tipo de levadura que se utilice, como se observa en la Gráfica No. 15 los panes de levadura fresca y levadura instantánea presentaron valores de 2 en la percepción de dulzura indicativo de que la presencia de azúcares era menor que en la del pan de levadura granulada ya que en ésta se percibió más el sabor a dulce apoyando la suposición de que esta levadura posee un menor poder de fermentación que el de la levadura fresca e instantánea ya que si existe mayor concentración de azúcares luego del proceso de fermentado indica que la levadura utilizó una menor cantidad de azúcares como alimento para producir los gases de fermentación.

La percepción de sabor ácido en el pan fue mayor en el elaborado con levadura instantánea, indicativo de una fermentación exagerada, relacionándolo con el pH se observa que este tipo de pan fue el que menor valor de pH presentó (pH=5.0), seguido por el pan de levadura seca granulada. Las temperaturas ambientales a las que se fermenta las masas controlan la velocidad de fermentación, al elaborar los tres tipos de panes se utilizaron las mismas temperaturas para el proceso de fermentado, por lo que los cambios en las velocidades de fermentación se debe a la capacidad de las levaduras, es decir, a la cantidad de CO₂ que puedan producir.

Los atributos de salado, mantequilla y amargo presentaron valores similares debido a que estos descriptores no dependen del proceso de fermentado, por lo que no existía factores que modificaran estas características.

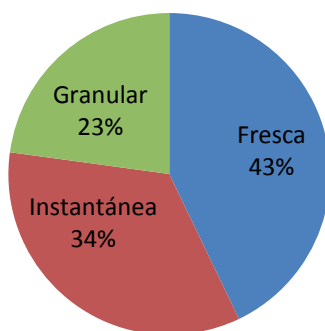


Por último se determinó la preferencia que mostró el panel por alguna de las 3 muestras, como se muestra en la Gráfica No. 17 de los 35 panelistas, el 43% indicó preferir el pan a base de la levadura fresca. En sus comentarios la mayoría indicó

preferirla por no ser pesado, tener una miga suave pero corteza crujiente, además el aroma y sabor era característico del francés que consumen. El 34% mostró preferencia al pan a base de levadura seca instantánea debido a que poseía una miga suave, color agradable y sabor más sabroso que el de las otras dos muestras. Por último el 23% prefirió la muestra de pan de levadura granulada por ser más compacta, menos migosa y mayor homogeneidad del color.

Los resultados anteriores demuestran que no existe un parámetro estándar que indique cuáles características hacen de un pan francés de buena o mala calidad, ya que dependiendo del tipo de consumidor así será la preferencia a ciertos atributos. Como ejemplo algunos de los panelistas prefirieron la muestra de pan a base de levadura instantánea por tener una miga más expandida y aireada, mientras otros prefieren que la miga sea compacta y esponjosa como el del pan a base de levadura granulada.

Gráfica No. 17 Preferencia de pan según tipo de levadura



d. Resultados de rendimientos de levaduras: Los rendimientos fueron calculados utilizando como base 100lb de harina de trigo dura, las cuales producen 120lb de pan (54kg pan= 450 tiras= 2700 panes), los precios de las materias primas que se presentan son los precios al por mayor.

Tabla No. 13 Costos de materia prima para la elaboración de pan

| Materia Prima | Precio (Q-1lb) | FRESCA | | INSTANTÁNEA | | GRANULAR | |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Cantidad (lb) | Precio | Cantidad (lb) | Precio | Cantidad (lb) | Precio |
| Harina | 2.90 | 100.0 | 290.00 | 100.0 | 290.00 | 100.0 | 290.00 |
| Manteca | 6.66 | 4.0 | 26.64 | 4.0 | 26.64 | 4.0 | 26.64 |
| Azúcar | 3.40 | 1.5 | 5.10 | 1.5 | 5.10 | 1.5 | 5.10 |
| Levadura fresca | 7.55 | 1.3 | 9.82 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 0.00 |
| Levadura instantánea | 17.93 | 0.0 | 0.00 | 0.4 | 7.77 | 0.0 | 0.00 |
| Levadura granular | 16.44 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 0.00 | 0.4 | 6.58 |
| Sal | 0.75 | 1.5 | 1.13 | 1.5 | 1.13 | 1.5 | 1.13 |
| Agua | 0.01 | 55.0 | 0.55 | 55.0 | 0.55 | 55.0 | 0.55 |
| | | TOTAL | 333.23 | TOTAL | 331.18 | TOTAL | 329.99 |

La Tabla No. 13 indica que el pan que menores costos de materia prima posee es el de levadura granulada, seguido de la levadura seca instantánea; estas reducciones pueden parecer escasas, pero se debe a que la cantidad de levadura es un ingrediente que se agrega en cantidad reducida (1.3% en fresca y 0.4% en instantánea y granulada) por lo tanto no repercute en gran manera en el costo final de producción, pero las ventajas de utilizar levaduras secas ayudan a que el proceso de elaboración del pan francés se simplifique, ya que en el almacenamiento necesita de menores cuidados, poseen mayor vida de anaquel y son más fáciles de aplicar (para el caso de la levadura instantánea). Además el proceso de fermentación no es descontrolado, lo que mejora las características organolépticas del producto.

Al tomar en cuenta las ventajas anteriormente mencionadas, se puede observar que la sustitución de la levadura fresca por la levadura instantánea es viable, ya que además de presentar esas ventajas, mantiene las características fisicoquímicas del pan a base de levadura fresca.

e. Comparación de las levaduras y determinación de la más adecuada: El uso de un tipo de levadura específica determina diferentes velocidades de fermentación que se ve reflejado en variaciones en las propiedades físicas y químicas del pan francés. Estas diferencias permitieron determinar qué atributos presentaron mejores resultados en cada prueba para luego unificar estos resultados y concluir cuál genera las mejores características en el pan.

La sustitución de la levadura fresca puede representar facilidades en la producción del pan durante el proceso de pesado y mezclado ya que durante el pesado de la materia prima resulta más fácil pesar una materia que se encuentra en granos o polvo que una materia sólida mantecosa, como lo es la levadura fresca. Además al introducir todas las materias primas a la mezcladora es más simple introducirlas todas juntas que realizar una prehidratación con agua tibia lo cual aumenta el tiempo de producción disminuyendo la eficiencia del proceso de elaboración, este problema se presenta cuando se utiliza levadura seca granulada, por lo que en el proceso de elaboración del pan francés es más simple el uso de levadura seca instantánea.

Las condiciones de almacenamiento de la levadura modifican la estabilidad y la actividad de las mismas, los resultados demuestran que las levaduras secas, instantánea y granulada, son más estables a temperaturas ambientales entre 25⁰C y 15⁰C que la levadura fresca, ya que ésta se mantiene estable por 15 días únicamente en bajas temperaturas a 4⁰C, por lo que representa ventajoso utilizar levaduras secas ya que de esta manera no se necesita la utilización de refrigeradores ni de volúmenes pequeños en bodega para mantener la estabilidad de las levaduras.

Parámetros que permiten predecir la vida de anaquel del pan como la humedad y la acidez indican que el pan elaborado con levadura granulada es el que menor tiempo de vida útil presentará por obtener el mayor porcentaje de humedad y la menor acidez lo que representa en un menor tiempo para que inicie la retrogradación y que presenta las condiciones adecuadas para que el crecimiento de mohos y hongos se genere más rápido en comparación al pan elaborado con levadura fresca e instantánea. Al comparar el pan a base de levadura fresca y levadura instantánea se observa que el pan de levadura instantánea se retrogradará más rápidamente que el de la fresca, por poseer una mayor humedad, pero ésta será menos susceptible al crecimiento de microorganismos alteradores por poseer una mayor acidez que la de la fresca.

El análisis dimensional indicó que el pan de levadura granulada presentó el menor volumen de las tres levaduras, ésta disminución se vio reflejada en una mayor firmeza y densidad lo cual fue percibido por los panelistas del análisis sensorial como un pan esponjoso y elástico, poco crocante y tostado, indicativo de que la actividad de ésta levadura es menor a la de la levadura fresca e instantánea. Esta disminución en la actividad de la levadura no solo influyó a las dimensiones y palatabilidad del pan, sino también en la coloración de la corteza y el sabor, la baja en la actividad permitió una mayor concentración de azúcares en la masa fermentada final lo cual produjo una coloración más oscura y sabor más dulce en comparación a las otras levaduras.

Al comparar las dimensiones entre el pan de levadura fresca e instantánea se observó que la segunda presentó el mayor volumen y la menor densidad indicativo de que la velocidad de fermentación es mayor, lo que permite una mayor producción de gases fermentativos que ayudan a que la estructura alveolar de la miga sea más extensiva y con agujeros más grandes que permiten una mayor extensibilidad de la miga.

El pan con levadura instantánea presentó una mayor firmeza que el de la levadura fresca, indicando que aunque la levadura instantánea presenta una miga más extensiva, ésta posee una estructura alveolar ordenada y organizada lo cual genera una firmeza adecuada debido a que la velocidad de fermentación es más controlada que el de la levadura fresca.

El análisis sensorial indicó que el 43% de los panelistas prefirió el pan a base de levadura fresca, mientras el 34% prefirió el de levadura instantánea, indicativo de que la preferencia se inclina hacia la levadura fresca, pero es importante observar que el 34% prefiere el pan de levadura instantánea lo cual es un resultado positivo ya que se podría mejorar las pocas características en donde si se observan diferencias para que de esta manera se pueda sustituir la levadura fresca por levadura seca instantánea ya que ésta es la que más se asemeja y mejora algunos de los atributos más importantes de la calidad del pan francés.

Por último, el rendimiento de los panes con las diferentes levaduras obtuvo variaciones pequeñas, pero se determinó que el que menor costos por materia prima necesita es el de la formulación a base de levadura granulada, seguida por el de levadura instantánea, mientras la que mayor costos presentó fue el de levadura fresca, por lo tanto la sustitución de la levadura fresca por levadura instantánea también disminuirá los costos de materia prima y de almacenamiento por refrigeración, lo cual se ve reflejado en un aumento en el rendimiento y la eficiencia en la producción del pan ya que los tiempos de procesamiento durante la introducción y mezclado de las materias primas se reducen porque se manipula una materia en polvo que no se encuentra refrigerada.

IV. CONCLUSIONES

1. Los parámetros fisicoquímicos indicaron que el pan con levadura fresca presenta la mayor capacidad para evitar la retrogradación, mientras que el pan con levadura instantánea presenta la mayor capacidad para evitar la formación de mohos y hongos, además las levaduras deshidratadas instantánea y granular presentaron mayor estabilidad de almacenamiento a temperaturas ambientales que la levadura fresca representando una ventaja.
2. La sustitución de la levadura fresca en la elaboración de pan francés por medio del uso de levadura seca instantánea demostró mejorar el rendimiento por medio de la reducción de tiempos en el proceso de fermentación, dosificación y moldeado, además de mejorar características fisicoquímicas de acidez y estructura alveolar de la miga.
3. El pan elaborado con levadura instantánea presentó similitudes y mejoras en los parámetros físicos del pan a base de levadura fresca, mientras el pan de levadura granulada presentó diferencias negativas significativas que indican que la sustitución por éste tipo de levadura sea inadecuada.
4. El perfil sensorial demostró que el pan a base de levadura fresca presenta la mayor aceptación seguido del pan a base de levadura instantánea, además poseen mejores atributos en sabor, textura, aroma y apariencia que el pan de levadura granulada.
5. El mayor rendimiento fue el pan elaborado con levadura granulada, pero fue el que presentó las características fisicoquímicas más pobres, mientras el pan de levadura instantánea presentó mejores características con un rendimiento mayor al del pan a base de levadura fresca.

V. RECOMENDACIONES

1. Variar los tiempos y temperaturas de fermentación según la estación en la que se elabore el pan francés, ya que en invierno necesita de mayor tiempo y temperatura que en verano.
2. Utilizar un equipo especializado que permita tomar las medidas exactas del volumen del pan, ya que por el método gravimétrico utilizado las semillas pueden presionar el pan reduciendo su volumen y generando un error en la toma de datos.
3. Realizar un análisis de la velocidad de fermentación de las tres presentaciones de levaduras, ya que al estudiar los resultados es evidente que las actividades varían aunque se trate del mismo tipo de levadura.
4. Elaborar un análisis de costos de las tres presentaciones de levaduras, ya que fue evidente los cambios en el procesamiento.
5. Efectuar el mismo estudio de comparación en pan de molde, para observar si las variaciones que se presentan en las propiedades fisicoquímicas son las mismas.
6. Estudiar de qué manera se pueden mejorar los parámetros de calidad del pan elaborado con levadura instantánea que presentaron resultados diferentes a los del pan a base de levadura fresca.
7. Elaborar pan francés utilizando crema de levadura para realizar los análisis fisicoquímicos y comparar con los resultados obtenidos para determinar si puede ser un sustituto viable.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez M. 1995. *Fabricación de Pan*. 4 ed. Acribia. Zaragoza: Editorial, Págs. 404
2. Aristizábal, Delfina. 2003. *Secretos de la panadería casera*. Editorial Albatros. Argentina. Disponible en: http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=35-NzM2EKZUC&oi=fnd&pg=PA5&dq=levaduras+pan&ots=BkfatfTD7l&sig=ermMDoSuLgw3U7VAhw_OyqWtWsg#v=onepage&q=levaduras%20pan&f=false
3. Acosta, Silvana. 2001. *Desarrollo de pan de molde y marquesote para la panificadora rural de Nuevo Paraíso*. Honduras. Disponible en: <http://www.repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/513/1/T584-MBA-Toledo-Elaboraci%c3%b3n%20de%20un%20plan%20de%20mercadeo%20para%20levadura%20seca%20en%20el%20mercado%20ecuatoriano.pdf>
4. Badui, Salvador. 2006. *Química de los Alimentos*. 4ta edición. Editorial Pearson Educación. México. Pág. 86.
5. Cauvin, Stanley; L. Young. 2002. *Fabricación de Pan*. Editorial Acribia, S.A. España. Pág. 7-15, 28-29, 79-91, 200-203, 283-293 ; 2008. *Productos de Panadería*. Editorial Acribia, S.A. España. Págs. 3-19, 29-49, 64-70, 95-102, 102-211, 232-235.
6. Cunningham, Stephen. 2001. *Nuevos desarrollos en la instrumentación para la gestión de la levadura*. España. Disponible en: <http://www.aetcm.es/Revista/152/Nuevosde.pdf>
7. Carrillo, Leonor. 2009. *Levaduras. Hongos de los alimentos y forrajes*. Argentina. Disponible en: <http://www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/09htextolevaduras.pdf>
8. Callejo, María Jesús. 2010. *Principales atributos sensoriales del pan: importancia de la cata*. Universidad Politécnica de Madrid: Departamento Tecnología de Alimentos. España. Disponible en: <http://www.molineriaypanaderia.com/tecnica/sensorial-pan>
9. COGUANOR. 2010. Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG34168 Pan Popular: Especificaciones. Comisión Guatemalteca de Normas. Guatemala. Pág. 10

10. Department of Basic Science, Botswana College of Agriculture. 1998. *The Chemical Composition of Four Legumes Consumed in Botswana*. F. Comp. Anal. Pags. 11, 329-332.
11. FAO. 1986. *Manuals of Food Quality Control*. Roma. Pág. 238.
12. Fiset, José. 2007. *El libro del Pan*. Bonvivant. España. Disponible en: <http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=mmovX6SSagC&oi=fnd&pg=PA21&dq=levaduras+seca+y+fresca+pan&ots=WjkvnRe4oO&sig=iPdYG5gWizHdb1WiFjrLv0nM-cY#v=onepage&q=levaduras%20seca%20y%20fresca%20pan&f=false>
13. Gavilán, M.J. 2008. *Influencia de las harinas especiales en la calidad de pan de molde: evaluación instrumental*. España. Departamento de Tecnología de Alimentos, Escuela de Ingenieros Agrónomos. Págs. 95-97.
14. Graziano da Silva, José. 2008. *Políticas de Seguridad Alimentaria: Panorama General en América Latina y Caribe*. Ecuador. Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO). Pág: 22-37. Disponible en pdf en: http://www.bvsde.ops-oms.org/texcom/nutricion/FAO_Guayaquil.pdf
14. Gabay, Jacques. 2009. *Globalización y costo de los alimentos: situación actual, pronóstico y posibles soluciones*. Venezuela. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Disponible en pdf en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/721/72111655002.pdf>
15. González, Ricardo. 2004. *Actualización de la composición proximal del pan de consumo popular en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en pdf en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2243.pdf
16. Gallego, Pérez. 2004. *Manual de buenas prácticas De fabricación en una Industria elaboradora de Pan, pan especial y productos De pastelería biológicos*. España. Disponible en: http://www.tecnoalbura.net/material/Manual_Entero.pdf
17. Instituto Nacional de Estadística. 2011. *Estadísticas de Precios canasta básica*. Guatemala. <http://www.ine.gob.gt/index.php/estadisticasdeprecios>

18. Jaramillo, Fidel. 2008. *Incremento en los precios de los alimentos*. Perú. Banco Interamericano de desarrollo. Pág. 77-26. Disponible en pdf en: http://www.infoandina.org/system/files/recursos/FJaramillo_BID.pdf
19. Lainez, J. 2006. *Tesis elaboración de pan tipo baguette*. México. Págs. 39-43.
20. Levaduras Universales. 2011. *Levaduras en panificación*. Folleto distribuido por Levaduras Universales CEDECAP. Guatemala.
21. Loma-Ossorio, Enrique. 2000. *Estudio de la Industria Agroalimentaria en Guatemala*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Guatemala. Disponible en pdf en: <http://webiica.iica.ac.cr/bibliotecas/replica/BV/AGRIN/B/E21/XL2000600220.PDF>
22. Multon, J.L. 2000. *Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. 2da edición*. España. Editorial ACRIBIA, S.A. Págs. 175-179.
23. Matz, Samuel. *Bakery technology and engineering*. 1992. Van NostrandReinhold. Estados Unidos.
24. Pyle E. 1992. *Baking Science and technology*. 3ra ed. Londres. Sosland Publishing Company. Pag. 396.
25. Quaglia, Giovanni. 1991. *Ciencia y tecnología de la panificación*. 2da edición. España. Editorial Acribia. S. A. Págs. 223-237, 283-293. 297-306, 381-396, 441-443.
26. Reed, Gerald. T. Nagodawithana. 1991. *Yeast technology*. 2da edición. Estados Unidos. Editorial Van NostrandReinhold. Pág. 315-334, 336-359.
27. Stauffer. CE. *Functional additives for bakery foods*. 1990. Estados Unidos.
28. Tortora, Gerald. 2007. *Introducción a la microbiología*. 9na edición. España. Editorial Panamericana. Pág. 3.
29. Toledo, Juan Pablo. 2008. *Elaboración de un plan de mercadeo para levadura seca*. Ecuador. Universidad Andina Simón Bolívar. Pags. 14-17. 24, 30-34, 60-65.
30. Wittig de Penna, Emma. 2001. *“Evaluación sensorial, Una metodología actual para tecnología de alimentos”*. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. Pág. 54.

VII. Apéndice

A. Gráficas, tablas y cálculos

Tabla No. 14 Pesos de muestras de pan para cálculo de porcentaje de humedad

| | | Peso inicial (g) | Peso final (g) | Humedad (%) |
|--------------------|-----------|------------------|----------------|-------------|
| Fresca | Muestra 1 | 1.0118 | 0.7812 | 22.79 |
| | Muestra 2 | 1.0049 | 0.7766 | 22.72 |
| | Muestra 3 | 1.0080 | 0.7784 | 22.78 |
| Instantánea | Muestra 1 | 1.0159 | 0.7768 | 23.54 |
| | Muestra 2 | 0.9920 | 0.7588 | 23.51 |
| | Muestra 3 | 1.0079 | 0.7739 | 23.22 |
| Granulada | Muestra 1 | 0.9984 | 0.7399 | 25.89 |
| | Muestra 2 | 1.0018 | 0.7507 | 25.06 |
| | Muestra 3 | 0.9990 | 0.7420 | 25.73 |

Tabla No. 15 Dimensiones de recipiente utilizado para análisis de volumen

| | |
|----------------|--------|
| Radio | 8.59cm |
| Circunferencia | 54cm |

Tabla No. 16 Desplazamiento, peso, volumen y densidad muestras de pan con levadura fresca

| No. Muestra | Desplazamiento (cm) | Peso (g) | Volumen (cm ³) | Densidad (g/cm ³) |
|-------------|---------------------|----------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1.05 | 22.68 | 243.65 | 0.093 |
| 2 | 0.72 | 22.68 | 167.07 | 0.136 |
| 3 | 0.95 | 22.68 | 220.45 | 0.103 |
| 4 | 0.69 | 16.73 | 160.11 | 0.104 |
| 5 | 0.87 | 18.71 | 201.88 | 0.093 |
| 6 | 0.96 | 18.71 | 222.77 | 0.084 |
| 7 | 0.88 | 20.70 | 204.20 | 0.101 |
| 8 | 1.08 | 19.56 | 250.61 | 0.078 |
| 9 | 0.74 | 17.58 | 171.72 | 0.102 |
| 10 | 0.73 | 17.58 | 169.39 | 0.104 |

Tabla No. 17 Desplazamiento, peso, volumen y densidad muestras de pan con levadura instantánea

| No. Muestra | Desplazamiento (cm) | Peso (g) | Volumen (cm ³) | Densidad (g/cm ³) |
|-------------|---------------------|----------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1.12 | 21.55 | 259.89 | 0.083 |
| 2 | 1.06 | 22.68 | 245.97 | 0.092 |
| 3 | 1.14 | 23.53 | 264.53 | 0.089 |
| 4 | 0.89 | 18.71 | 206.52 | 0.091 |
| 5 | 1.17 | 19.56 | 271.50 | 0.072 |
| 6 | 1.19 | 19.56 | 276.14 | 0.071 |
| 7 | 1.26 | 19.56 | 292.38 | 0.067 |
| 8 | 0.98 | 18.71 | 227.41 | 0.082 |
| 9 | 0.99 | 19.56 | 229.73 | 0.085 |
| 10 | 1.07 | 17.58 | 248.29 | 0.071 |

Tabla No. 18 Desplazamiento, peso, volumen y densidad muestras de pan con levadura granulada

| No. Muestra | Desplazamiento (cm) | Peso (g) | Volumen (cm ³) | Densidad (g/cm ³) |
|-------------|---------------------|----------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0.68 | 20.70 | 157.79 | 0.131 |
| 2 | 0.96 | 21.55 | 222.77 | 0.097 |
| 3 | 0.67 | 22.68 | 155.47 | 0.146 |
| 4 | 0.74 | 25.52 | 171.72 | 0.149 |
| 5 | 0.86 | 22.68 | 199.56 | 0.114 |
| 6 | 0.72 | 17.58 | 167.07 | 0.105 |
| 7 | 0.81 | 21.55 | 187.96 | 0.115 |
| 8 | 0.69 | 20.70 | 160.11 | 0.129 |
| 9 | 0.71 | 19.56 | 164.75 | 0.119 |
| 10 | 0.80 | 16.73 | 185.64 | 0.090 |

Tabla No. 19 Mililitros de Hidróxido de Sodio 1N utilizados para prueba de Título de Acidez Total

| | mL de NaOH utilizados | | |
|-----------|-----------------------|-------------|-----------|
| | Fresca | Instantánea | Granulada |
| Muestra 1 | 3.2 | 3.6 | 3.3 |
| Muestra 2 | 3.1 | 3.5 | 3.3 |
| Muestra 3 | 3.0 | 3.6 | 3.6 |

Tabla No. 20 Fuerzas de penetración detexturómetro para prueba de compresibilidad

| Levadura | Fuerza (g) | |
|--------------------|---------------|---------|
| | Primeraprueba | Segunda |
| Fresca | 582.8 | 348.7 |
| | 517.0 | 315.7 |
| | 580.1 | 287.6 |
| Instantánea | 985.3 | 703.8 |
| | 510.2 | 578.3 |
| | 420.7 | 514.7 |
| Granular | 1250.0 | 500.0 |
| | 1500.0 | 510.0 |
| | 750.0 | 900.0 |

Tabla No. 21 Dimensiones de masas elaboradas con levaduras “control” para análisis de estabilidad de almacenamiento

| Levadura | CONTROL | | | | | |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|
| | Fresca Inicial | Fresca Final | Instantánea Inicial | Instantánea final | Granular inicial | Granular final |
| Largo (±0,01cm) | 9.05 | 10.48 | 12.97 | 12.86 | 9.47 | 12.48 |
| Alto (±0,01cm) | 10.20 | 13.25 | 10.35 | 12.71 | 10.25 | 12.78 |
| Ancho (±0,01cm) | 1.47 | 1.96 | 2.17 | 3.89 | 1.35 | 2.41 |
| Volumen (±cm ³) | 135.70 | 272.17 | 291.30 | 635.82 | 131.04 | 384.38 |
| % de aumento | 50.14 | | 54.19 | | 65.91 | |

Tabla No. 22 Dimensiones masas elaboradas con levaduras almacenadas 25C por 7 días

| Levadura | 25°C | | | | | |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|
| | Fresca Inicial | Fresca Final | Instantánea Inicial | Instantánea final | Granular inicial | Granular final |
| Largo (±0,01cm) | 9.57 | 10.48 | 11.05 | 12.69 | 9.56 | 12.50 |
| Alto (±0,01cm) | 10.53 | 12.32 | 10.23 | 12.69 | 10.57 | 11.57 |
| Ancho (±0,01cm) | 1.51 | 1.70 | 2.57 | 3.79 | 1.23 | 2.47 |
| Volumen (±cm ³) | 152.17 | 219.49 | 290.52 | 610.33 | 124.29 | 357.22 |
| % de aumento | 30.67 | | 52.40 | | 65.21 | |

Tabla No. 23 Dimensiones masas elaboradas con levaduras almacenadas a 15C por 7 días

| 15°C | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Levadura | Fresca Inicial | Fresca Final | Instantánea Inicial | Instantánea final | Granular inicial | Granular final |
| Largo (±0,01cm) | 10.02 | 11.24 | 10.51 | 10.98 | 10.57 | 11.54 |
| Alto (±0,01cm) | 10.56 | 11.56 | 10.52 | 11.12 | 10.53 | 12.53 |
| Ancho (±0,01cm) | 1.57 | 2.27 | 1.37 | 2.47 | 1.52 | 2.54 |
| Volumen (±cm ³) | 166.12 | 294.95 | 151.47 | 301.58 | 169.18 | 367.27 |
| % de aumento | 43.68 | | 49.77 | | 53.94 | |

Tabla No. 24 Dimensiones masas elaboradas con levaduras almacenadas a 4C por 7 días

| 4°C | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Levadura | Fresca Inicial | Fresca Final | Instantánea Inicial | Instantánea final | Granular inicial | Granular final |
| Largo (±0,01cm) | 10.08 | 11.64 | 10.50 | 10.77 | 10.57 | 11.59 |
| Alto (±0,01cm) | 10.57 | 11.78 | 11.53 | 11.59 | 9.02 | 10.54 |
| Ancho (±0,01cm) | 2.04 | 3.07 | 1.87 | 3.01 | 1.50 | 2.40 |
| Volumen (±cm ³) | 217.35 | 420.96 | 226.39 | 375.72 | 143.01 | 293.18 |
| % de aumento | 48.37 | | 39.74 | | 51.22 | |

Tabla No. 25 Dimensiones masas elaboradas con levadura almacenada a 25C por 14 días

| 25°C | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Levadura | Fresca Inicial | Fresca Final | Instantánea Inicial | Instantánea final | Granular inicial | Granular final |
| Largo (±0,01cm) | 10.23 | 10.50 | 10.06 | 10.58 | 9.54 | 10.27 |
| Alto (±0,01cm) | 11.50 | 11.57 | 10.07 | 12.52 | 10.08 | 12.55 |
| Ancho (±0,01cm) | 1.24 | 1.53 | 1.67 | 2.73 | 1.48 | 2.84 |
| Volumen (±cm ³) | 145.88 | 185.87 | 169.18 | 361.62 | 142.32 | 366.04 |
| % de aumento | 21.52 | | 53.22 | | 61.12 | |

Tabla No. 26 Dimensiones masas elaboradas con levadura almacenada a 15C por 14días

| 15^oC | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Levadura | Fresca Inicial | Fresca Final | Instantánea Inicial | Instantánea final | Granular inicial | Granular final |
| Largo (±0,01cm) | 9.07 | 10.05 | 10.02 | 10.55 | 10.02 | 12.27 |
| Alto (±0,01cm) | 11.09 | 11.56 | 10.04 | 11.56 | 9.24 | 10.39 |
| Ancho (±0,01cm) | 2.03 | 2.55 | 1.50 | 2.51 | 1.52 | 2.47 |
| Volumen (±cm ³) | 204.19 | 296.25 | 150.90 | 306.11 | 140.73 | 314.89 |
| % de aumento | 31.08 | | 50.70 | | 55.31 | |

Tabla No. 27 Dimensiones masas elaboradas con levaduras almacenadas a 4C por 14 días

| 4^oC | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Levadura | Fresca Inicial | Fresca Final | Instantánea Inicial | Instantánea final | Granular inicial | Granular final |
| Largo (±0,01cm) | 10.01 | 11.08 | 10.57 | 12.02 | 10.08 | 10.59 |
| Alto (±0,01cm) | 10.24 | 11.21 | 10.55 | 11.32 | 9.54 | 11.56 |
| Ancho (±0,01cm) | 1.55 | 2.14 | 1.52 | 2.09 | 1.55 | 2.24 |
| Volumen (±cm ³) | 158.88 | 265.80 | 169.50 | 284.38 | 149.05 | 274.22 |
| % de aumento | 40.23 | | 40.40 | | 45.65 | |

Tabla No. 28 Descriptores de pan elaborado en panadería 1 y 2 utilizados en grupo focal

| Descriptor | 1 | 2 |
|------------------------------------------------|------------|------------|
| Homogeneidad en color | 57% | 11% |
| Presencia de arrugas | 77% | 69% |
| Presencia de burbujas | 43% | 66% |
| Color de miga (crema) | 91% | 40% |
| Color de miga (marron claro) | 9% | 63% |
| Preferencia por atributos de apariencia | 86% | 14% |
| Percepción de olor tostado | 54% | 43% |
| Percepción de olor a horno | 0% | 60% |
| Percepción de olor a quemado | 0% | 54% |
| Percepción de olor a fermentado | 11% | 80% |

Continuación Tabla No. 28

| Descriptor | 1 | 2 |
|---------------------------------------------|-------------|-----------|
| Preferencia por atributos de olor | 100% | 0% |
| Percepción de crocante de corteza | 97% | 0% |
| Percepción de esponjosidad | 83% | 31% |
| Preferencia por atributos de textura | 100% | 0% |

Tabla No. 29 Descriptores otorgados en grupo focal para muestras de Pan 1 y 2

| Descriptores | Pan 1 | Pan 2 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Apariencia | Corteza clara y tostada | Corteza tostada oscura |
| Olor | Sin presencia de olores fuertes ni quemados. Olor a tostado. | Se siente olor a horno, fermentado y quemado |
| Textura | Poca cohesividad, adhesividad media y baja elasticidad. | Mayor cohesividad, poca compacidad y elasticidad, muy elástica |
| Sabor | Es más salada, y menos ácida. No se percibe el sabor amargo, sabor intermedio a mantequilla | Levemente amarga, menos salada, poco ácida |

Tabla No. 30 Media de intensidad de cada descriptor de muestras con diferente levadura

| Atributos | | Fresca | Instantánea | Granulada |
|-------------------------|------------------|---------------|--------------------|------------------|
| Apariencia | Homogeneidad | 5 | 5 | 6 |
| | Color de Miga | 4 | 5 | 4 |
| | Color de Corteza | 4 | 5 | 6 |
| Aroma | Tostado | 5 | 5 | 4 |
| | Horno | 2 | 3 | 2 |
| | Quemado | 1 | 1 | 1 |
| | Fermentado | 2 | 3 | 3 |
| Textura en boca | Crocante | 6 | 5 | 2 |
| | Tostado | 6 | 6 | 3 |
| | Adhesividad | 4 | 4 | 5 |
| | Cohesividad | 5 | 6 | 7 |
| Textura al tacto | Compacidad | 5 | 6 | 6 |
| | Esponjoso | 5 | 6 | 7 |
| | Elasticidad | 5 | 6 | 7 |
| Sabor | Dulce | 2 | 2 | 3 |
| | Ácido | 1 | 2 | 1 |
| | Salado | 2 | 2 | 2 |
| | Amargo | 1 | 1 | 1 |
| | Mantequilla | 2 | 2 | 2 |

Tabla No. 31 Tabla de frecuencia de cada descriptor de muestras de pan elaboradas con levadura fresca, instantánea y granulada

| Atributos | | Fresca | Instantánea | Granulada |
|-------------------------|------------------|--------|-------------|-----------|
| Apariencia | Homogeneidad | 192 | 181 | 196 |
| | Color de Miga | 148 | 171 | 123 |
| | Color de Corteza | 153 | 183 | 195 |
| Aroma | Tostado | 182 | 163 | 141 |
| | Horno | 79 | 90 | 86 |
| | Quemado | 31 | 32 | 34 |
| | Fermentado | 72 | 100 | 101 |
| Textura en boca | Crocante | 225 | 178 | 72 |
| | Tostado | 226 | 201 | 121 |
| | Adhesividad | 123 | 145 | 166 |
| | Cohesividad | 173 | 206 | 234 |
| Textura al tacto | Compacidad | 176 | 193 | 197 |
| | Esponjoso | 183 | 194 | 228 |
| | Elasticidad | 173 | 216 | 232 |
| Sabor | Dulce | 58 | 59 | 96 |
| | Ácido | 26 | 56 | 37 |
| | Salado | 83 | 84 | 78 |
| | Amargo | 19 | 34 | 28 |
| | Mantequilla | 80 | 71 | 63 |

Tabla No. 32 Preferencia de pan según tipo de levadura con comentarios

| No. Panelista | Muestrapreferida | | | Comentarios |
|---------------|------------------|-------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| | Fresca | Instantánea | Granular | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | Crujiente, buen sabor indicativo de frescura, menos pesado que otros |
| 2 | 0 | 1 | 0 | Crujiente por fuera, suave por dentro, no bota tanta miga y sabor mas agradable |
| 3 | 1 | 0 | 0 | Textura más apetecible y más crujiente |
| 4 | 0 | 1 | 0 | Mejor sabor, mayor sensación frescura y mejor textura |
| 5 | 1 | 0 | 0 | Mejor sabor y textura crocante |
| 6 | 1 | 0 | 0 | Suave, color adecuado y suficientemente crujiente |
| 7 | 1 | 0 | 0 | Mejor sabor y color, me gusta lo tostado |
| 8 | 0 | 1 | 0 | Más suave, crujencia suficientemente dura |

Continuación Tabla No. 32

| No. Panelista | Muestrapreferida | | | Comentarios |
|----------------------|------------------|-------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | Fresca | Instantánea | Granular | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | Crujiente, buen sabor indicativo de frescura, menos pesado que otros |
| 9 | 1 | 0 | 0 | Más crujiente, con mejor sabor, olor y apariencia |
| 10 | 1 | 0 | 0 | No está tan dura como la instantánea ni tan esponjosa como la granular |
| 11 | 0 | 1 | 0 | Más crocante, crujiente, consistente, con mejor sabor y miga buena |
| 12 | 0 | 1 | 0 | Color más agradable, más crujiente, sabor más agradable |
| 13 | 1 | 0 | 0 | Mejor sabor, olor característico y tostado |
| 14 | 0 | 0 | 1 | Esponjosidad y no es crocante ni tostado |
| 15 | 0 | 0 | 1 | Menos migosa, compacta, poco tostado |
| 16 | 0 | 1 | 0 | Más tostado |
| 17 | 0 | 1 | 0 | Mejortextura y sabor |
| 18 | 0 | 0 | 1 | Mejor sabor, textura no tan tostado |
| 19 | 0 | 1 | 0 | ----- |
| 20 | 0 | 0 | 1 | Más suave y homogéneo |
| 21 | 0 | 0 | 1 | Pan fresco, mejores características (olor a horno, homogeneidad de color, buen sabor) |
| 22 | 0 | 1 | 0 | Más esponjoso, crujiente, mejor sabor |
| 23 | 0 | 1 | 0 | Más crujiente, color tostado y esponjoso |
| 24 | 0 | 0 | 1 | Mejorsabor y textura |
| 25 | 0 | 1 | 0 | Mejor apariencia, crujiente, sabor y textura |
| 26 | 1 | 0 | 0 | Más tostado, color, migajas y sabor bueno |
| 27 | 1 | 0 | 0 | Más crocante, mejor aspecto y sabe mejor |
| 28 | 1 | 0 | 0 | Mayor crujencia, con mejor sabor adhesividad |
| 29 | 0 | 0 | 1 | Más agradable sabor y textura |
| 30 | 1 | 0 | 0 | Buen olor, crujiente en superficie, esponjoso por dentro |
| 31 | 1 | 0 | 0 | Máscrujiente y esponjoso |
| 32 | 1 | 0 | 0 | Crujencia, sabor a mantequilla y apariencia |
| 33 | 1 | 0 | 0 | Sabor a mantequilla y tostado |
| 34 | 0 | 1 | 0 | Mejorsabor y consistencia |
| 35 | 0 | 0 | 1 | Apariencia y saborintermedio |
| TOTAL | 15 | 12 | 8 | |
| % Preferencia | 43 | 34 | 23 | |

B. Análisis estadístico

Tabla No. 33 Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de humedad

| Groups | Average | Variance | F | P-value | F crit |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Fresca | 22.7625072 | 0.00148486 | 86.0186555 | 3.8275E-05 | 5.14325285 |
| Instantánea | 23.4201448 | 0.03126831 | | | |
| Granular | 25.5606784 | 0.19122383 | | | |

Tabla No. 34 Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de pesos

| Groups | Average | Variance | F | P-value | F crit |
|-------------|----------|------------|-----------|------------|------------|
| Fresca | 19.75995 | 5.26974053 | 0.6980682 | 0.50630346 | 3.35413083 |
| Instantanea | 20.10015 | 3.54441623 | | | |
| Granular | 20.9223 | 6.5333709 | | | |

Tabla No. 35 Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de volumen

| Groups | Average | Variance | F | P-value | F crit |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Fresca | 201.185535 | 1091.34345 | 19.7448289 | 5.2027E-06 | 3.35413083 |
| Instantanea | 252.236075 | 670.146261 | | | |
| Granular | 177.284601 | 465.71007 | | | |

Tabla No. 36 Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de densidades

| Groups | Average | Variance | F | P-value | F crit |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Fresca | 0.1005891 | 0.00026449 | 12.7650721 | 0.00016753 | 3.40282611 |
| Instantanea | 0.07997493 | 9.7072E-05 | | | |
| Granular | 0.11808473 | 0.00040814 | | | |

Tabla No. 37 Análisis ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de pH

| Groups | Average | Variance | F | P-value | F crit |
|-------------|------------|------------|---|------------|------------|
| Fresca | 5.06666667 | 0.00333333 | 6 | 0.03703704 | 5.14325285 |
| Instantanea | 5 | 0 | | | |
| Granular | 5.13333333 | 0.00333333 | | | |

Tabla No. Análisis 38 ANOVA (Single Factor) para muestras de análisis de título de acidez total

| Groups | Average | Variance | F | P-value | F crit |
|-------------|---------|----------|------------|------------|------------|
| fresca | 0.186 | 3.6E-05 | 11.6153846 | 0.00864835 | 5.14325285 |
| instantanea | 0.214 | 0.000012 | | | |
| granular | 0.204 | 0.000108 | | | |

C. Guías y boletas análisis sensorial

Guía de discusión

Grupo Focal

1. Participantes

Alumnos del curso de Análisis Sensorial de Alimentos, segundo semestre 2011.

2. Introducción

Buenas tardes, muchas gracias por su presencia y colaboración. En esta ocasión se les dará a conocer los descriptores del pan francés y cuál es la manera correcta de evaluarlos.

3. Presentación

- Presentación de la moderadora, redactora y del objetivo de las prácticas.
- Presentación de las muestras y discusión

4. Presentación de los atributos del pan

A cada panelista se le entregarán las dos muestras de pan francés y se irá leyendo cada atributo y su descripción y luego se permitirá que los panelistas observen las muestras en busca de los atributos. Cada atributo se evaluará de 0 a 10, tomando en cuenta que 0 representa que no se percibe el atributo. Se solicitará a los panelistas que perciba los atributos usando las muestras de pan, para que luego responda las preguntas; la redactora tomará nota de las respuestas.

Durante el proceso se informará a los panelistas que este ejercicio les servirá para encontrar los puntos de referencia que les servirán para realizar el perfil sensorial del pan francés modificado.

Atributos de apariencia: evaluar el color de la miga, color de la corteza, forma del pan, regularidad del pan.

- Homogeneidad de color: el color de pan debe ser uniforme en todas sus áreas, manteniendo la misma tonalidad tanto en la corteza como en la miga. No debe tener arrugas ni burbujas.

¿El color de las muestras es homogéneo?

¿Qué valor le darían a la homogeneidad que tiene cada muestra?

Alguna de las muestras ¿tiene arrugas o burbujas?

- Color de miga: puede ir de blanco crema hasta marrón claro, se espera que los dos tipos de pan tengan un color de miga similar.

¿Qué color tiene la miga de cada muestra?

¿Qué valor le darían al color de la miga de cada muestra?

- Color de la corteza: debe ser dorado claro y brillante, sin tonalidades más oscuras como marrón.

¿Qué valor le darían al color de la corteza de cada muestra?

En atributos de apariencia ¿cuál muestra prefieren?

Atributos de olor: para este atributo es importante recordar que la intensidad del olor del pan debe ser suave.

- Olor a tostado: es un aroma seco, representativo de un pan recién horneado.

¿Percibe el olor a tostado en cada muestra?

¿Qué valor le darían al olor a horno de cada muestra?

- Olor a horno: se percibe un aroma metálico, no característico ni esperado.

¿Percibe el olor a horno en cada muestra?

¿Qué valor le darían al olor a horno de cada muestra?

- Olor a quemado: aroma desagradable indicativo de un sobrehorneado, que puede llegar a influir en el sabor del pan.

¿Percibe olor a quemado en cada muestra?

¿Qué valor le darían al olor a quemado de cada muestra?

- Olor a fermentado: aroma alcohólico, levemente ácido, no agradable.

¿Percibe olor a fermentado en cada muestra?

¿Qué valor le darían al olor a fermentado de cada muestra?

Atributos de textura: este es uno de los descriptores más influyentes para la compra del producto. Por medio de esta característica se puede determinar el nivel de frescura del pan ya que mientras el pan va envejeciendo se va incrementando su firmeza y pierde su elasticidad.

Textura al tacto

- Compacidad: resistencia a la presión ejercida sobre la miga con el dedo.

¿Qué valor le darían al atributo de compacidad de cada muestra?

- Elasticidad: capacidad de recuperación de la forma original tras eliminar la presión ejercida con el dedo.

¿Qué valor le darían a la elasticidad de cada muestra?

Textura en boca

- Crocante: se percibe en la corteza, que al masticarlo sea crunchy y genere un leve sonido al morder, éste no debe ser muy intenso ya que se puede percibir como “muy seco”.

¿Percibe lo crocante de la corteza de cada muestra?

¿Qué valor le darían a lo crocante de la corteza de cada muestra?

- Esponjoso: se percibe entre la corteza y la miga, indicativo del aireado que se encuentra en la miga, entre más suave es más esponjoso. Éste no debe exceder ya que puede llegar a ser gomoso.

¿Percibe la esponjosidad de cada muestra?

¿Qué valor le darían a la esponjosidad de cada muestra?

- Tostado: se percibe en la corteza, es la dureza que se percibe en la primera mordida, y por ello se generan migajas.

¿Qué valor le darían a la sensación de tostado en la primera mordida que dio a cada muestra?

- Adhesividad: fuerza requerida para quitar la muestra completamente del paladar con la lengua durante la ingesta.

¿Qué valor le darían a la adhesividad que tiene cada muestra?

- Cohesividad: capacidad de la miga de mantenerse unida tras la mordida (una miga que se disgregue mucho es poco cohesiva)

¿Qué valor le darían a la cohesividad que tiene cada muestra?

Atributos de sabor: éste combina las sensaciones que se perciben por el olfato y el gusto, es otro de los descriptores influyentes en la preferencia de un producto. Por medio de la evaluación de esta característica se puede estudiar la influencia de la utilización de diferentes levaduras, ya que el proceso de fermentación influye de sobremanera el sabor del pan.

- Dulce: sabor percibido por el azúcar presente en la formulación, no debe percibirse de gran manera en el pan francés ya que en el proceso de fermentación son el alimento de las levaduras y éstas se degradan a otros productos.

¿Qué valor le darían al sabor dulce que tiene cada muestra?

- Ácido: sabor no común en pan, si se percibe en gran cantidad se debe a una sobre fermentación.

¿Qué valor le darían al sabor ácido que tiene cada muestra?

- Salado: sabor que debe percibirse levemente, no debe ser muy intenso.

¿Qué valor le darían al sabor salado que tiene cada muestra?

- Amargo: sabor desagradable no deseado en pan.

¿Qué valor le darían al sabor amargo que tiene cada muestra?

- Mantequilla: debe percibirse levemente.

¿Qué valor le darían al sabor a mantequilla que tiene cada muestra?

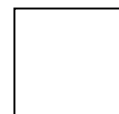
Al terminar de presentar cada uno de los atributos, se dirigirán al grupo las preguntas que se encuentran en el recuadro para reforzar los conocimientos. La moderadora irá corrigiendo y explicando si existe algún error o duda.

PREGUNTAS

1. La homogeneidad en color del pan debe ser en:
 - a. Corteza
 - b. Miga
 - c. Corteza y Miga
2. El aroma alcohólico o fermentado se percibe como:
 - a. Un olor dulce
 - b. un olor ácido
 - c. un olor amargo
3. Por medio de este atributo se percibe la frescura del pan:
 - a. Textura
 - b. Sabor
 - c. Apariencia
4. Capacidad de recuperación de la forma original tras eliminar la presión ejercida con el dedo:
 - a. Compacidad
 - b. Adhesividad
 - c. Elasticidad
5. La intensidad del sabor dulce en el pan francés debe ser:
 - a. Leve
 - b. Intermedia
 - c. Alta

Nombre: _____

Fecha: _____



“Boleta de perfil de aroma, apariencia y textura de pan francés”

INSTRUCCIONES

A continuación se le presentan tres muestras de pan francés. Pruebe las muestras de izquierda a derecha y califique la intensidad con que se detecta cada uno de los descriptores de aroma, apariencia, textura y sabor que se perciben utilizando una escala de 0 a 10, donde 0 será un atributo no percibido y 10 la máxima intensidad.

Atributos de olor

| Código | Tostado (olor a tostado) | Horno (olor a horno) | Quemado (olor a quemado) | Fermentado (olor a alcohol) |
|--------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Atributos de apariencia

| Código | Homogeneidad de color | Color miga | Color corteza |
|--------|-----------------------|------------|---------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Atributos de textura al masticar la muestra

| Código | Compacidad | Elasticidad | Adhesividad | Cohesividad |
|--------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Atributos de textura al masticar la muestra

| Código | Crocante | Esponjoso | Tostado |
|--------|----------|-----------|---------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Atributos de sabor

| Código | Dulce | Ácido | Salado | Amargo | Mantequilla |
|--------|-------|-------|--------|--------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Por favor indique cuál de las tres muestras prefiere circulando el código que la identifique. Luego indique la razón de su elección.

¿Por qué? _____

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

Tabla No. 39 Orden de presentación de muestras

| | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|
| # | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
| 1 | 468 | 55 | 571 |
| 2 | 555 | 180 | 176 |
| 3 | 732 | 356 | 681 |
| 4 | 974 | 250 | 685 |
| 5 | 245 | 321 | 595 |
| 6 | 709 | 730 | 575 |
| 7 | 977 | 992 | 831 |
| 8 | 520 | 898 | 9 |
| 9 | 688 | 961 | 530 |
| 10 | 380 | 869 | 121 |
| # | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 1 |
| 11 | 220 | 179 | 735 |
| 12 | 81 | 841 | 818 |
| 13 | 124 | 632 | 602 |
| 14 | 601 | 503 | 16 |
| 15 | 87 | 727 | 991 |
| 16 | 256 | 300 | 514 |
| 17 | 339 | 881 | 108 |
| 18 | 515 | 92 | 9 |
| 19 | 643 | 451 | 993 |
| 20 | 564 | 241 | 892 |
| # | Muestra 3 | Muestra 1 | Muestra 2 |
| 21 | 895 | 258 | 396 |
| 22 | 707 | 348 | 379 |
| 23 | 270 | 752 | 384 |
| 24 | 60 | 402 | 705 |
| 25 | 397 | 897 | 110 |
| 26 | 355 | 578 | 219 |
| 27 | 746 | 164 | 508 |
| 28 | 761 | 11 | 750 |
| 29 | 311 | 754 | 692 |
| 30 | 710 | 82 | 795 |
| # | Muestra 1 | Muestra 3 | Muestra 2 |
| 31 | 688 | 624 | 458 |
| 32 | 874 | 819 | 589 |
| 33 | 761 | 866 | 538 |
| 34 | 621 | 442 | 492 |
| 35 | 609 | 992 | 932 |

Muestra 1: pan levadura fresca

Muestra 2: pan levadura seca instantánea

Muestra 3: pan levadura seca granular

a. Normas

Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 34168 Pan Popular: Especificaciones
Se utilizó la siguientes tabla como información de referencia:

Tabla No. 40 Requisitos del pan por norma COGUANOR NTG 34168

| Requisitos | Pan francés | | Pan desabrido | | Pan tostado | | Pan de manteca | |
|--------------------------------------|-------------|--------|---------------|--------|-------------|--------|----------------|--------|
| | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Grasa, en gramos por 100 g de harina | 1,8 | 5,6 | 1,8 | 5,6 | 9,7 | 13,0 | 9,6 | 12,8 |
| Humedad en porcentaje en masa | 20 | 30 | 20 | 30 | 8 | 12 | 15 | 18 |
| pH | 5,8 | 6,1 | 5,8 | 6,1 | 7,3 | 8,0 | 7,3 | 7,7 |
| Proteínas en porcentaje | 9 | - | 9 | | 6 | - | 6 | - |

b. Fotografías

Ilustración 5 Fotocopias de miga de pan a base de levadura fresca

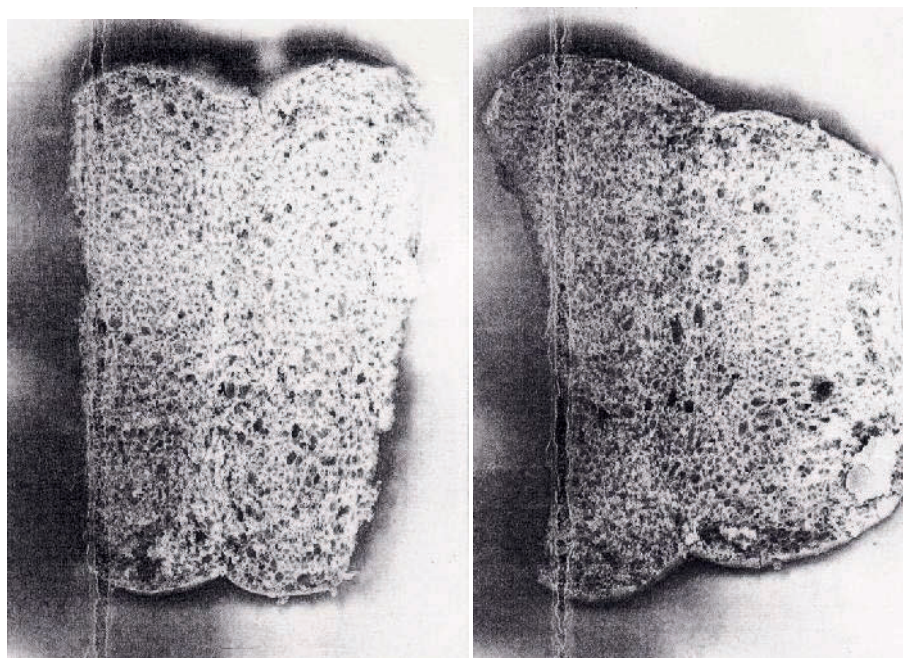


Ilustración 6 Fotocopias de miga de pan a base de levadura seca instantánea

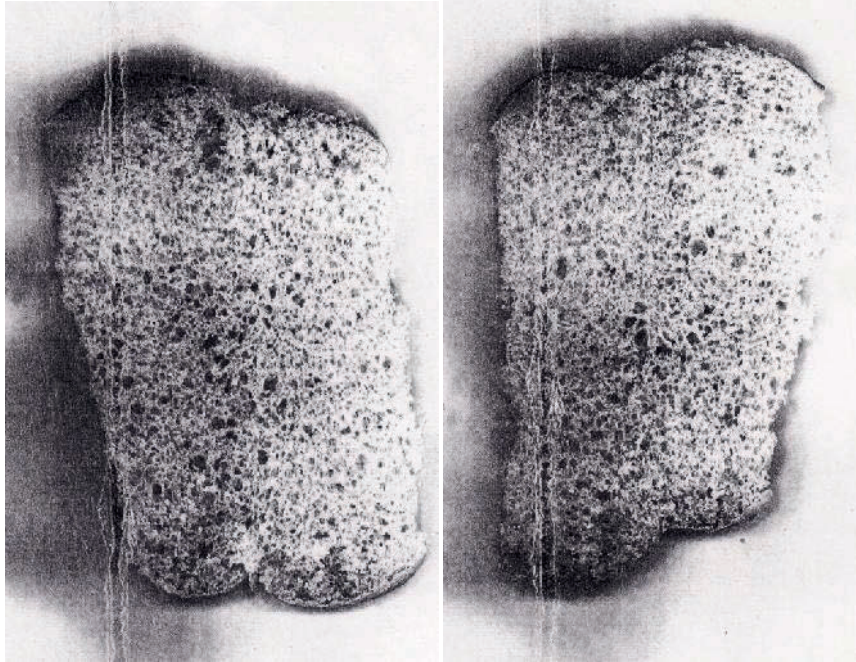


Ilustración 7 Fotocopias de miga de pan a base de levadura seca granulada

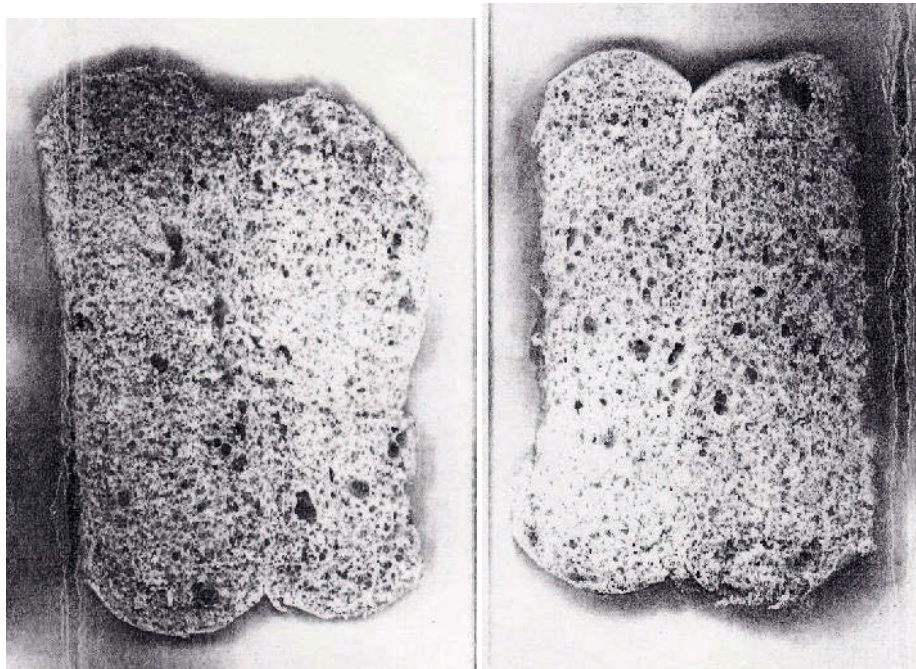


Figura No. 8 Cartillas de color utilizadas para color de miga y corteza



Figura No. 8 Cartillas de color utilizadas para color de miga y corteza



Figura 9 Miga pan a base de levadura fresca



Figura 10 Miga pan a base de levadura instantánea



Figura 11 Miga pan a base de levadura granulada



Figura 12 Pan elaborado a base de levadura seca instantánea



Figura No. 13 Pan elaborado a base de levadura fresca



Figura No. 14 Pan elaborado a base de levadura seca granulada

