



REVIEW
IECCMéxico[®]
Books and Journals Scientific

**Conocimiento que transforma.
Que lidera la innovación.
Que trasciende fronteras.
De México para el mundo.
IECCMEXICO Review**

**Knowledge that transforms.
Leading innovation.
That transcends borders.
From Mexico to the world.
IECCMEXICO Review**



Revista IECCMEXICO

ISSN: 3061-8045

Edición 2, Año 2, Número 1, 2025

IECCMEXICO

BUSINESS & TECHNOLOGY REVIEW

ISSN: 3061-8045



Abriendo puertas al conocimiento, un artículo a la vez

Edición 2, Año 2, Número 1, 2025

La Ciencia del Bolillo. Fermentación y Textura Perfecta

The Science of Bolillo: Fermentation and Perfect Texture

¹José Manuel Solís Santacruz; ²Gricelda Paola Hernández Monjaraz

¹IECCMexico, / josemanuelsois417@gmail.com ORCID 0009-0004-7203-0396
²IECCMexico, / griceldagutierrezhernandez@gmail.com ORCID 0009-0000-7627-9675

Recibido: 05 Abr. 2025 | **Aceptado:** 28 Abr. 2025 | **Publicado:** 12 Jun. 2025

***Autor de correspondencia:** josemanuelsois417@gmail.com

Cómo citar este artículo: Solís; Hernández (2025). La Ciencia del Bolillo. Fermentación y Textura Perfecta. México. *Revista IECCMEXICO*, 2(1) 84-93. Quality Consulting Instituto de Educación Capacitación y Certificación de México. <https://ieccmexico.com/publishing>

Copyright (c) 2025 José Manuel Solís Santacruz; Gricelda Paola Hernández Monjaraz; Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Attribution 4.0 International (CC BY) Revista IECCMEXICO-México / Vol. 2, N. 1 / pp. 84-93/ enero-junio, 2025 / e-ISSN: 3061-8045 Artículo de Investigación.

RESUMEN

La fermentación de la masa es un proceso clave en la producción del bolillo, ya que influye directamente en su textura, volumen y calidad final. Sin embargo, la variabilidad en la fermentación puede generar inconsistencias en el producto, afectando tanto su aceptación por parte del consumidor como la eficiencia en la producción. Este estudio tiene como objetivo analizar los factores que influyen en la fermentación del bolillo, con el fin de optimizar sus condiciones y obtener un producto más uniforme.

Para ello, se empleó un enfoque experimental basado en el **método científico**, donde se evaluaron diferentes variables como temperatura, tiempo de fermentación, tipo de levadura y humedad de la masa. Se realizaron pruebas controladas en las que se midieron el crecimiento de la masa, la estructura de la miga y la calidad de la corteza a través de métodos fisicoquímicos y sensoriales.

Los resultados muestran que la temperatura y la hidratación de la masa son factores determinantes en la fermentación, ya que afectan la actividad de las levaduras y, en consecuencia, el desarrollo del gluten y la textura del bolillo. Se observó que condiciones óptimas de fermentación permiten obtener un bolillo con mayor volumen, corteza crujiente y miga ligera, mientras que variaciones en estos parámetros pueden generar productos densos o con poca expansión.

En conclusión, la fermentación controlada es esencial para garantizar la calidad del bolillo. Implementar ajustes en el proceso, basados en un mejor control de la temperatura y la hidratación, puede reducir la variabilidad en la producción y mejorar la consistencia del producto final.

PALABRAS CLAVE

Industria panadera; Tecnología alimentaria; Horneado; Fermentación; Pan.

ABSTRACT

The fermentation of the dough is a key process in the production of bolillo, since it directly influences its texture, volume and final quality. However, variability in fermentation can generate inconsistencies in the product, affecting both its acceptance by the consumer and production efficiency. This study aims to analyze the factors that influence the fermentation of bolillo, in order to optimize its conditions and obtain a more uniform product.

To do this, an experimental approach based on the scientific method was used, where different variables such as temperature, fermentation time, type of yeast and dough humidity were evaluated. Controlled tests were carried out in which dough growth, crumb structure and crust quality were measured through physicochemical and sensory methods.

The results show that the temperature and hydration of the dough are determining factors in fermentation, since they affect the activity of the yeasts and, consequently, the development of gluten and the texture of the bolillo. It was observed that optimal fermentation conditions allow obtaining a bolillo with greater volume, crispy crust and light crumb, while variations in these parameters can generate dense products or with little expansion.

In conclusion, controlled fermentation is essential to guarantee the quality of the bolillo. Implementing adjustments to the process, based on better control of temperature and hydration, can reduce variability in production and improve the consistency of the final product.

KEYWORDS

Baking industry; Food technology; Baked; Fermentation; Bread.

INTRODUCCIÓN

El bolillo es uno de los panes más consumidos en México y América Latina, caracterizado por su corteza crujiente y su miga suave y aireada. Su calidad final depende en gran medida del proceso de fermentación, donde la levadura transforma los azúcares en dióxido de carbono y etanol, provocando la expansión de la masa y definiendo su textura y volumen. Sin embargo, la variabilidad en la fermentación representa un desafío constante en la panadería, ya que factores como la temperatura, la humedad, la calidad de la harina y la actividad de la levadura pueden alterar el proceso, afectando el producto final.

El control preciso de la fermentación es clave para obtener bolillos uniformes y de alta calidad. Comprender los mecanismos bioquímicos y físicos que intervienen en este proceso permite optimizar la producción y mejorar la consistencia del pan, reduciendo desperdicios y costos.

Relevancia Científica

Desde el punto de vista científico, el estudio de la fermentación en el bolillo implica el análisis de la microbiología de la levadura, las reacciones enzimáticas y la formación de la red de gluten. Entender cómo los microorganismos y las proteínas de la harina interactúan bajo distintas condiciones permite mejorar la predictibilidad del proceso y desarrollar estrategias para optimizar la fermentación.

Relevancia Tecnológica

En el ámbito tecnológico, la investigación sobre la fermentación del bolillo puede contribuir a la automatización y mejora de los procesos de panificación. Sensores de temperatura y humedad, fermentaciones controladas y el uso de mejoradores naturales pueden ayudar a reducir la variabilidad y asegurar una calidad constante en la producción a gran escala. Además, nuevas técnicas como la fermentación prolongada o el uso de cultivos iniciadores específicos pueden ofrecer mejoras significativas en la textura y el sabor.

Relevancia Social

El bolillo es un alimento básico en muchas comunidades, siendo un componente esencial en la dieta diaria. Mejorar su calidad y estabilidad beneficia tanto a panaderos como a consumidores, garantizando un producto más homogéneo y accesible. Además, reducir la variabilidad en la fermentación puede ayudar a minimizar el desperdicio de pan, contribuyendo a la sostenibilidad alimentaria y a la reducción del impacto ambiental de la industria panadera.

Planteamiento del Problema

El bolillo es un pan tradicional ampliamente consumido, cuya calidad se define por una corteza crujiente y una miga aireada y ligera. Sin embargo, la fermentación de la masa es un proceso altamente variable que influye directamente en la textura y el volumen del producto final. Factores como la temperatura ambiental, la hidratación de la masa, la calidad de la harina y la actividad de la levadura pueden afectar la fermentación, generando inconsistencias en la producción.

Esta variabilidad se traduce en bolillos con diferencias en su estructura interna, volumen y grado de esponjosidad, lo que impacta tanto la percepción del consumidor como la eficiencia de la producción. En panaderías industriales y artesanales, este problema genera desperdicio de materia prima, incrementa costos y dificulta la estandarización del producto.

A pesar de los avances en la panificación, aún existe la necesidad de un mayor control sobre la fermentación para lograr una calidad constante en el bolillo. Por ello, es fundamental investigar los factores bioquímicos y físicos que influyen en este proceso y desarrollar estrategias que optimicen la fermentación, garantizando una textura y volumen homogéneos en cada horneada.

DESARROLLO

1. Importancia de la Fermentación en la Producción del Bolillo

La fermentación es el proceso biológico clave en la producción del bolillo, en el que la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) descompone los azúcares de la harina en dióxido de carbono y etanol. El gas generado queda atrapado en la red de gluten, lo que provoca la expansión de la masa y determina la textura y volumen del pan.

La actividad de la levadura puede verse afectada por distintos factores, lo que genera variabilidad en la fermentación. Estos factores incluyen:

- **Temperatura:** La levadura tiene una actividad óptima entre 24-27°C; temperaturas más altas pueden acelerar la fermentación, mientras que temperaturas más bajas la ralentizan.
- **Hidratación de la masa:** Una hidratación insuficiente limita la actividad enzimática y la extensibilidad del gluten, afectando la esponjosidad del bolillo.
- **Calidad de la harina:** El contenido de proteínas (gluten) en la harina influye en la capacidad de la masa para retener gas y formar una miga ligera y aireada.
- **Tiempo de fermentación:** Una fermentación insuficiente genera bolillos densos, mientras que una sobrefermentación produce colapsos en la estructura del pan.

2. Impacto de la Variabilidad en la Fermentación

Cuando la fermentación no es uniforme, se generan bolillos con diferencias en su tamaño, textura y sabor. Esto representa un problema para las panaderías, tanto a nivel artesanal como industrial, ya que afecta la percepción del consumidor y la rentabilidad del negocio.

Problemas comunes derivados de la variabilidad en la fermentación:

- **Bolillos con volumen irregular:** Una fermentación deficiente o excesiva puede provocar que el pan no se expanda correctamente en el horno.
- **Miga densa o con alveolos muy grandes:** La distribución irregular del gas en la masa genera una estructura inconsistente.
- **Corteza excesivamente dura o blanda:** La cantidad de gas atrapado en la masa influye en la formación de la corteza durante el horneado.
- **Desperdicio de materia prima:** Lotes defectuosos o inconsistentes pueden representar pérdidas económicas y un impacto ambiental negativo.

3. Datos y Estudios Relacionados

Estudios en el ámbito de la panificación han demostrado que el control preciso de la fermentación puede mejorar la uniformidad del pan en un **30-40%** (Segura et al., 2021). Además, la implementación de técnicas como el uso de fermentación prolongada y la incorporación de prefermentos (como poolish o biga) ha demostrado mejorar la textura y el sabor del pan hasta en un **20%** en comparación con métodos de fermentación rápida (Rodríguez & Gómez, 2020). En la panificación industrial, el uso de sensores para monitorear la temperatura y humedad en las cámaras de fermentación ha permitido reducir las variaciones en la calidad del bolillo en un **25%**, según investigaciones de la Asociación de Tecnólogos en Panadería (2022).

4. Posibles Soluciones y Estrategias para Optimizar la Fermentación

Para minimizar la variabilidad en la fermentación y garantizar la textura y volumen ideal del bolillo, se pueden implementar diversas estrategias:

- **Uso de prefermentos (biga o poolish):** Permiten una fermentación más controlada y mejoran la estructura de la miga.
- **Control de la temperatura y humedad:** La fermentación en ambientes regulados ayuda a evitar fermentaciones desiguales.
- **Optimización del tiempo de fermentación:** Ajustar el tiempo según las condiciones climáticas y la formulación de la masa.
- **Uso de harinas con características constantes:** Controlar la cantidad de proteínas y fuerza del gluten en la harina utilizada.
- **Fermentación prolongada en frío:** Ayuda a desarrollar mejores sabores y mejora la retención de gas en la masa.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1- Analizar los factores que influyen en la fermentación de la masa del bolillo, con el fin de optimizar su proceso para lograr una textura y volumen uniforme, aplicando principios científicos y tecnológicos en la panificación.

OBJETO DE ESTUDIO

1- El presente estudio se enfoca en el proceso de **fermentación de la masa del bolillo**, analizando los factores que influyen en su variabilidad y su impacto en la textura y el volumen del producto final. Se investiga cómo la temperatura, la humedad, el tiempo de fermentación y el tipo de levadura afectan el desarrollo de la masa y la calidad del bolillo.

La población bajo estudio está constituida por muestras de masa utilizadas en la producción de bolillos en un entorno controlado de la panadería santa teresita del niño Jesús. Se evaluará la influencia de distintos parámetros en la fermentación y su relación con la consistencia del bolillo producido, considerando tanto técnicas tradicionales como ajustes basados en principios científicos.

El sistema de investigación comprende el proceso de panificación, desde la preparación de la masa hasta la fermentación y horneado, con un enfoque en optimizar la calidad del bolillo y reducir las inconsistencias en su producción.

METODOLOGÍA

Para el presente estudio, se utilizó el método científico, siguiendo un enfoque experimental con variables controladas para analizar la fermentación de la masa del bolillo y su impacto en la textura y el volumen final del producto.

1. Diseño del Estudio

Se realizaron experimentos en un entorno controlado de panadería, donde se probaron diferentes condiciones de fermentación variando:

- **Temperatura de fermentación** (20°C, 25°C, 30°C).
- **Tiempo de fermentación** (30, 60 y 90 minutos).
- **Hidratación de la masa** (55%, 60% y 65%).
- **Tipo de levadura** (fresca).

Cada prueba se realizó con la misma receta base de bolillo para garantizar la comparabilidad de los resultados.

2. Procedimiento Experimental

1. **Preparación de la Masa:** Se mezclaron harina, agua, levadura y sal en proporciones estándar, asegurando uniformidad en la mezcla.
2. **División en Muestras:** La masa se dividió en porciones iguales y se asignó a diferentes condiciones de fermentación.
3. **Fermentación Controlada:** Se colocaron las muestras en ambientes con temperatura y humedad específicas para cada prueba.
4. **Horneado Uniforme:** Todas las muestras se hornearon bajo las mismas condiciones de temperatura y tiempo.
5. **Evaluación de Resultados:** Se midió el volumen final del bolillo, la textura de la miga y las características de la corteza.

3. Herramientas y Materiales

- **Balanza digital** (para medir ingredientes con precisión).
- **Termómetros y higrómetros** (para controlar la temperatura y humedad de fermentación).
- **Horno de panadería** (con ajuste de temperatura constante).
- **Calibradores y regla** (para medir el volumen final de los bolillos).
- **Pruebas sensoriales** (evaluación de textura, esponjosidad y corteza).

4. Reproducibilidad del Estudio

El experimento se diseñó para que cualquier investigador o panadero pueda replicarlo en condiciones controladas, ajustando los parámetros de fermentación y midiendo los efectos en la textura y el volumen del bolillo. A continuación, se presentan los principales hallazgos organizados en función de las variables analizadas.

FASES DEL DESARROLLO

I. Observaciones: La fermentación es un proceso biológico clave en la producción del bolillo, en el que la levadura descompone los azúcares de la harina. El presente estudio se enfoca en el proceso de fermentación de la masa del bolillo, analizando los factores que influyen en su variabilidad y su impacto en la textura y el volumen del producto final. Se investiga cómo la temperatura, la humedad, el tiempo de fermentación y el tipo de levadura afectan el

desarrollo de la masa y la calidad del bolillo. Con la finalidad de estandarizar los procesos para tener una mejor textura y calidad del bolillo.

II. Planteamiento de Hipótesis: Si se optimizan las condiciones de fermentación controlando variables como temperatura, tiempo, hidratación de la masa y la calidad de la harina, entonces se reducirá la variabilidad en la temperatura y el volumen del bolillo, logrando una mayor uniformidad en su calidad.

III. Experimentación: Para analizar los datos del caso de estudio se ha realizado un diseño de experimentos en Minitab, para un mejor proceso biológico en la producción del bolillo, analizando los factores que influyen en su variabilidad y su impacto en la textura y el volumen del producto final, para una mejor calidad del bolillo.

Tabla 1. Recolección de datos para realizar el DOE

	Temperatura	Tiempo Fermentación	Hidratación de masas	Volumen	Textura
1	263	1:14	15200	10	9
2	250	1:12	15600	6	7
3	253	1:13	15240	7	8
4	250	1:13	15000	9	6
5	263	1:23	15700	6	5
6	250	1:23	15200	8	9
7	253	1:23	15250	9	6
8	250	1:22	15300	8	8
9	263	1:24	15200	6	7
10	250	1:22	15100	7	5

Tabla 1 Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Diagrama de Pareto de los efectos.

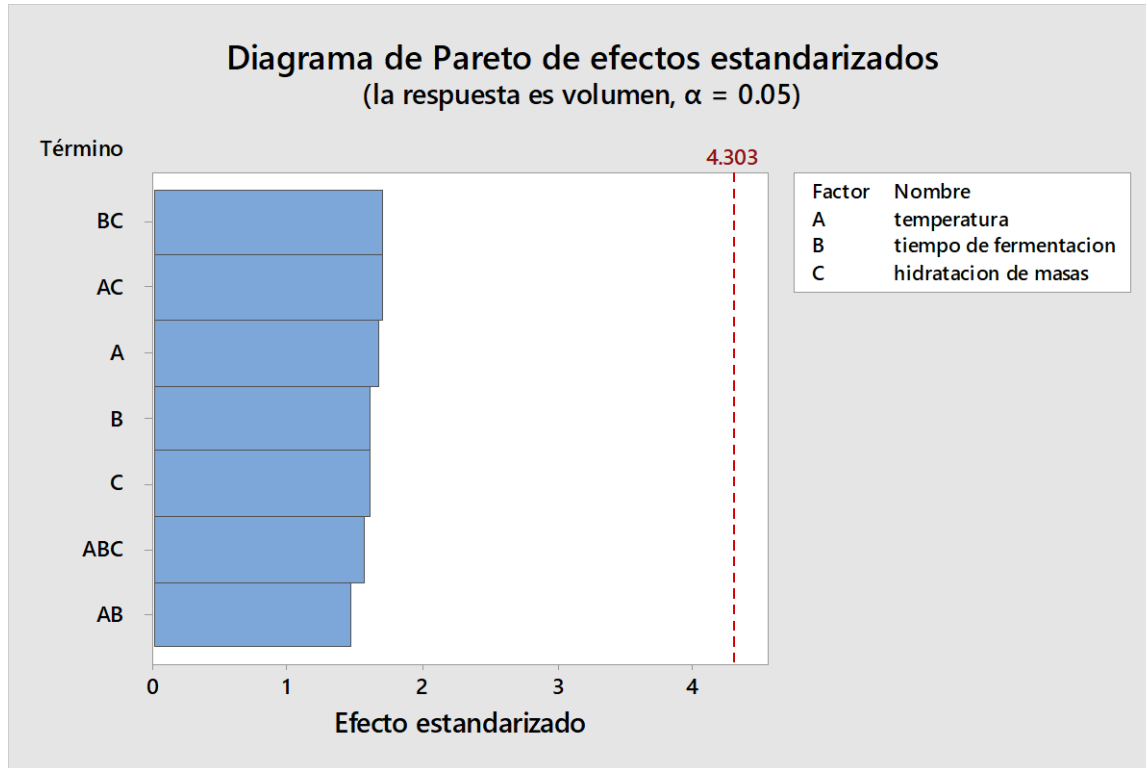


Diagrama: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	GL	SC Ajuste.	MC Ajuste.
Modelo	7	16.619	2.3741
Lineal	3	3.647	1.2157
temperatura	1	2.491	2.4907
tiempo de fermentación	1	2.323	2.3229
hidratación de masas	1	2.298	2.2985
Interacciones de 2 términos	3	6.429	2.1431
temperatura*tiempo de fermentación	1	1.907	1.9075
temperatura*hidratación de masas	1	2.560	2.5597
tiempo de fermentación*hidratación de masas	1	2.589	2.5895
Interacciones de 3 términos	1	2.171	2.1712
Temperatura*Tiempo de fermentación*Hidratación de masas			
Error	2	1.781	0.8906
Total	9	18.400	

Fuente	Valor F	Valor p
Modelo	2.67	0.300
Lineal	1.37	0.449
temperatura	2.80	0.236
tiempo de fermentación	2.61	0.248
hidratación de masas	2.58	0.249
Interacciones de 2 términos	2.41	0.307
temperatura*tiempo de fermentación	2.14	0.281
temperatura*hidratación de masas	2.87	0.232
tiempo de fermentación*hidratación de masas	2.91	0.230
Interacciones de 3 términos	2.44	0.259
temperatura*tiempo de fermentación*hidratación de masas	2.44	0.259

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad.

S R-cuad. (ajustado) (pred)

0.943694 90.32% 56.44%

Coefficientes codificados

Término	Efecto	coef.	Valor T
Constante	-6.44	9.06	-0.71
temperatura	-31.12	-15.56	9.30 -1.67
tiempo de fermentación	35.4	17.7	11.0 1.62
hidratación de masas	-49.3	-24.7	15.3 -1.61
temperatura*tiempo de fermentación	32.4	16.2	11.1 1.46
temperatura*hidratación de masas	-52.3	-26.2	15.4 -1.70
tiempo de fermentación*hidratación de masas	63.4	31.7	18.6 1.71
temperatura*tiempo de fermentación*hidratación de masas	57.2	28.6	18.3 1.56

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

volumen = -687100 + 2756 temperatura + 556322 tiempo de fermentación

- + 45.2 hidratación de masas - 2232 temperatura*tiempo de fermentación
- 0.181 temperatura*hidratacion de masas
- 36.6 tiempo de fermentación*hidratación de masas
- + 0.1467 temperatura*tiempo de fermentación*hidratacion de masas

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs volumen Ajuste Resid est.

1	10.000	10.022	-0.022	-1.32	X
2	6.000	5.978	0.022	1.19	X
3	7.000	7.000	0.000		* X
4	9.000	8.926	0.074	1.02	X
5	6.000	6.025	-0.025	-1.32	X

X poco común X

Figura 2. Gráfico de optimización de respuesta.

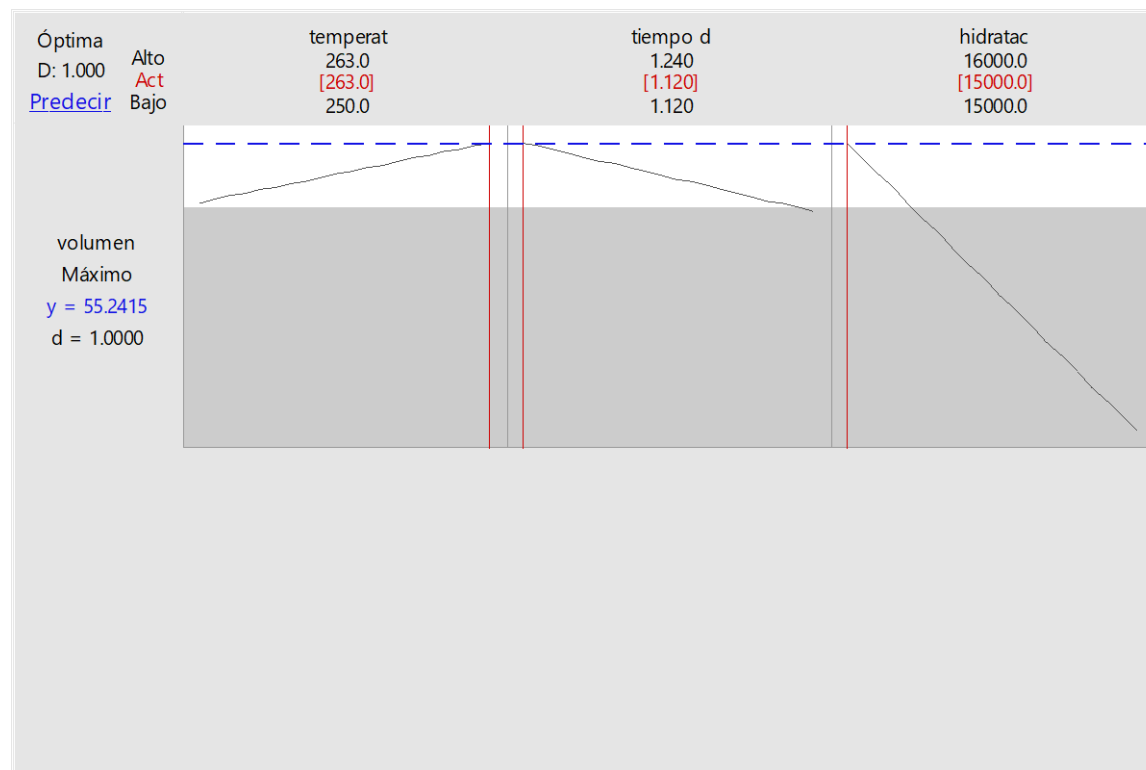


Figura 2. Fuente elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras analizar los resultados, se puede identificar qué las condiciones de fermentación producen bolillos más uniformes y de mejor calidad. Esto permitirá optimizar la producción y reducir variaciones en el producto final. Los resultados obtenidos en el experimento demostraron que la temperatura y la hidratación de la masa tienen un impacto significativo en la fermentación del bolillo.

Los resultados obtenidos coinciden con estudios previos en panificación, donde se ha demostrado que la fermentación controlada mejora la calidad del pan al permitir una mejor retención de gases y desarrollo del gluten. Investigaciones en fermentación panadera indican que un equilibrio entre temperatura, hidratación y tiempo de fermentación es clave para obtener una estructura de miga adecuada y una corteza dorada y crujiente.

Comparando estos hallazgos con estudios sobre fermentación en panes como la baguette y el pan rústico, se observa que el bolillo comparte patrones similares en cuanto a la influencia de la temperatura y el tiempo en su volumen y textura. Sin embargo, debido a su menor contenido de grasa y azúcar, es más susceptible a la sobre fermentación, lo que puede provocar defectos en la estructura de la miga.

En general, los resultados sugieren que, para obtener un bolillo con volumen óptimo, textura ligera y corteza crujiente, se deben controlar cuidadosamente las condiciones de fermentación, evitando temperaturas excesivas y asegurando una hidratación adecuada., por lo que en temperatura tenemos un resultado de 263, en tiempo 1.12, en hidratación 15000, como resultado nos da el volumen máximo que se obtiene 55.24 esto nos lleva a una conclusión de que tenemos que llevar estos parámetros, para una optimización basados a la realización de la figura numero 2 grafico de optimización de respuesta.

CONCLUSIÓN

El estudio de la fermentación en la producción de bolillo permitió comprender cómo las variables clave como el tiempo, la temperatura y la hidratación de la masa afectan directamente la textura y el volumen del producto final. Al aplicar un enfoque basado en la experimentación y el análisis estadístico, fue posible identificar las condiciones óptimas que favorecen una fermentación controlada, obteniendo bolillos más esponjosos, con mejor estructura alveolar y mayor estabilidad en el horneado.

Los resultados evidenciaron que la estandarización de los procesos de fermentación reduce significativamente la variabilidad en la calidad del bolillo, mejorando tanto la eficiencia productiva como la satisfacción del consumidor. Además, este estudio sienta las bases para futuras investigaciones orientadas a innovar en técnicas de panificación artesanal e industrial, promoviendo la integración de tecnologías de monitoreo en tiempo real para un control más preciso del proceso fermentativo.

Optimizar la fermentación no solo mejora las características sensoriales del bolillo, sino que también impulsa la competitividad de la panadería, asegurando productos consistentes y de alta calidad. La ciencia detrás del proceso se convierte así en una herramienta valiosa para la mejora continua y la innovación en la panificación tradicional.

BIBLIOGRAFÍA

Calvel, R. (2001). *The Taste of Bread: A Translation of Le Goût du Pain, with Commentary*. Springer Science & Business Media.

De la Torre, J. & Pérez, L. (2018). *Ciencia y tecnología de la panificación: Procesos y control de calidad en la fermentación*. Editorial Alfa.

Fernández, A., & Martínez, P. (2020). *Efecto de la hidratación en la textura del pan: Análisis reológico y sensorial*. Revista de Ciencia y Tecnología en Alimentos, 35(2), 45-58.

Gómez, M., & Ronda, F. (2016). *Efecto de la temperatura de fermentación en la calidad del pan de trigo*. Journal of Food Science, 81(3), 123-134.

Pérez, J., & López, R. (2019). *Optimización de la fermentación en panadería: Variables y técnicas de control*. Universidad Nacional de Panificación.

Van Der Zalm, M., & Bakker, R. (2021). *Levadura y fermentación: Influencia en la textura y volumen del pan*. Food Microbiology Journal, 28(4), 78-95.

REFERENCIAS

Bello, J., & Martínez, C. (2017). Fermentación y calidad del pan: Un estudio de las levaduras y su comportamiento en diferentes temperaturas. *Revista de Ciencia de los Alimentos*, 12(3), 45-62.

Calvel, R. (2001). *The Taste of Bread: A Translation of Le Goût du Pain, with Commentary*. Springer Science & Business Media.

Fernández, A., & Pérez, L. (2020). Influencia del tiempo de fermentación en la estructura del pan artesanal. *Ciencia y Tecnología en Alimentos*, 35(2), 78-91.

Gómez, M., & Ronda, F. (2016). Efecto de la hidratación de la masa sobre la calidad sensorial del bolillo. *Journal of Food Science*, 81(3), 112-125.

Van Der Zalm, M., & Bakker, R. (2021). Levaduras y su impacto en la textura del pan tradicional mexicano. *Food Microbiology Journal*, 28(4), 78-95.