

Influencia de la Fermentación en cualidades de textura y melanoidinas del pan

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero de Alimentos

Ricardo Valdés Moscoso

**Asesor
Katherine Manjarres
PhD en Biotecnología**

**Corporación Universitaria Lasallista.
Facultad de Ingenierías
Ingeniería de Alimentos
Caldas-Antioquia
2021**

Contenido

Introducción	8
Conceptos básicos y generalidades de panificación	8
Ingredientes básicos de pan:	8
Tecnología / métodos de horneado	9
Propiedades del pan y tecnología	10
Fermentación	10
Materiales y Métodos	13
Proceso tradicional de elaboración del pan francés	13
Análisis de perfil de textura (TPA)	13
Análisis de densidad	14
Análisis de melanoidina	14
Resultados	16
Efecto de la temperatura sobre las propiedades reológicas y la concentración de melanoidina	16
Efecto de la concentración de levadura sobre las propiedades reológicas y la concentración de melanoidina.	17
Efecto del tiempo de fermentación sobre las propiedades reológicas y la concentración de melanoidinas	19
Análisis estructural de la miga.	21
Comportamiento general para todas las condiciones de fermentación modulada.	23
Conclusión	24
Referencias (Título 1)	25

Lista de tablas

Tabla 1 Concentración de melanoidinas solubles en agua en la corteza del pan a diferentes temperaturas de fermentación inicial.....	17
Tabla 2 Cambios reológicos influenciados por la concentración de levadura.	18
Tabla 3 Cambios reológicos influenciados por el primer tiempo de fermentación.....	20
Tabla 4. El título debe ser breve y descriptivo.....	¡Error! Marcador no definido.

Lista de ilustraciones

Ilustración 1	16
Ilustración 2.....	19
Ilustración 3.....	21
Ilustración 4.....	22
Ilustración 5.....	23

Resumen

Siendo los productos horneados un constituyente esencial en la mayoría de las poblaciones, su mejoramiento y fortificación puede ser considerada como una forma efectiva para la elaboración de productos saludables y de alta calidad.

La intensidad de la transformación de un alimento puede impactar en diferentes propiedades este en sí, como en su composición molecular y también en diferentes propiedades relacionadas con la salud para el consumidor. Como un ejemplo, en pan francés tradicional, se ha demostrado el impacto del tiempo de horneado en la producción de metabolitos de la reacción de Maillard, revelando diferentes propiedades sensoriales y la modulación de sub-especies en la microbiota intestinal que conducen a un potencial impacto en la salud.

El objetivo principal fue el de crear diferentes modelos de pan francés modulando las condiciones de fermentación: Temperatura (25°C y 35°C) y Fuentes de Carbono (Sacarosa y Maltosa). Modulando estos parámetros se quiere analizar cómo cambian propiedades Sensoriales (Perfil del Sabor), Textura TPA, Color y Físicoquímicas (% proteína, % cenizas, % Grasa, % Carbohidratos). En los experimentos realizados se evidenció que el aumento de la temperatura (4°C, 22°C y 35°C) de fermentación significa una reducción en la dureza y densidad final del producto, sin embargo, para el incremento de melanoidinas se requiere de una temperatura óptima de fermentación, en el caso de los experimentos fue de 22°C. También se evidencia una disminución de dureza y densidad a medida que se incrementan las concentraciones de lavadura (3%, 2% y 1%).

Palabras clave: Reacción de Maillard, melanoidinas, dureza, resiliencia, cohesión.

Abstract

Since baked goods are an essential constituent in most populations, their improvement and fortification can be considered as an effective way to produce healthy and high-quality products.

The intensity of the transformation of a food can impact on different properties of the food itself, on its molecular composition and also on different health-related properties for the consumer. As an example, in traditional French bread, the impact of baking time on the production of metabolites of the Maillard reaction has been demonstrated, revealing different sensorial properties and modulation of sub-species in the microbiota intestinal leading to a potential impact on health.

The main objective was to create different models of French bread by modulating the fermentation conditions: Temperature (25°C and 35°C) and Carbon Sources (Sucrose and Maltose). By modulating these parameters, we want to analyse how Sensory properties (Flavour Profile), TPA Texture, Colour and Physicochemical properties change (% protein, % ash, % Fat, % Carbohydrates). In the experiments done it is demonstrated that the increase on fermentation temperature (4°C, 22°C y 35°C) means a reduction on hardness and density of the product, however, for the incrementation of melanoidins it is required an optimum fermentation temperature, in the case of the experimentation was 22°C. Also, it is demonstrated that the Hardness and density is reduced when the yeast concentration gets increased (3%, 2% y 1%).

Keywords: Maillard reaction, Melanoidins, Hardness, resilience, cohesiveness.

Introducción

Conceptos básicos y generalidades de panificación

La mezcla de masa es el proceso que inicia la aireación de la masa ya que el gluten forma una red que atrapa y retiene las burbujas de aire para la inflación por el gas de dióxido de carbono de la fermentación de la levadura. Para hacer una estructura de pan aireado es necesario procesar los granos de trigo en otra forma más adecuada (harina)(Cauvain, 2003).

Ingredientes básicos de pan:

- Harina (14.5% de humedad, 13% de proteína, 0.55% de ceniza, pH 5.7 - 6.1). (Zanoni et al. 1993)

La harina de trigo tiene cantidades considerables de sabores de pigmentos como Tricin y Xanthophyles, pero carece de carotenos que producen colores amarillentos en los alimentos (Mondal & Datta, 2007). Para Baguette tradicional hay dos tipos deseados de harina de trigo; T 65 y T 55. La razón por la que se elige este tipo de harina se debe al contenido adecuado de almidón y proteína en el que el gluten retiene la cantidad necesaria de producto de CO₂ en la fermentación por levadura (The Fresh Loaf, 2017).

- Agua, este ingrediente puede variar de acuerdo con la formulación que varía del 50 al 75%. Sin embargo, en el pan francés, se usa del 65 al 68% del agua. Cuanta más cantidad de agua se usa, más burbujas de CO₂ se producen y más gruesa es la miga.

- Sal 2%. Algunos autores sugieren que la mayoría de las fórmulas de pan artesanal tienen este porcentaje de sal (Laine, 2014; Mondal & Datta, 2007; Yu et al.,

2019). Además del aporte de sabor, se agrega sal para fortalecer el gluten y convertir la acción de la levadura para una expansión controlada de la masa (Mondal y Datta, 2007)(Mondal & Datta, 2007).

- 1 a 4% de levadura. Según las características deseadas en el pan, el porcentaje de levadura puede variar entre el 1% y el 4%, algunos estudios sugieren que aumentar la concentración de compuestos aromáticos (Birch, Petersen, Arneborg, & Hansen, 2013). La fermentación es causada por *Saccharomyces Cerevisiae*, a pesar de que se han estudiado muchas otras cepas de levaduras como *T. delbruecki* y *S. Bayanus* que producen buenas cantidades de CO₂, cualidades sensoriales especiales como sabores a nuez y frutales (Alsankooshi et al., 2016). Las *S. Cerevisiae* aún son las preferidas y predominantes en la industria de la panadería debido a la rápida producción de metabolitos y la fácil estandarización (Alsankooshi et al., 2016). La fermentación es un proceso complejo, sin embargo, podemos resumirlo diciendo que los azúcares de fermentación se convierten en CO₂, etanol, que posteriormente se evapora en la etapa de cocción.

Tecnología / métodos de horneado

El proceso de homogeneización de los ingredientes en el pan podría tratarse como una mezcla, sin embargo, el amasado es otro término utilizado en la panadería y no solo se refiere al proceso de homogeneización sino también al desarrollo de la masa (gluten) (Cauvain, 2003). Existen 3 métodos principales de homogeneización en la fabricación de pan:

- Primer método (directo): también llamado método de masa recta donde la mezcla de ingredientes se realiza en un solo paso.

- Segundo método (esponja, método de masa / masa madre): la mezcla de ingredientes se realiza en dos pasos. El agente de fermentación se prepara durante el primer paso haciendo una premezcla de levadura y una cierta cantidad de agua con harina y se deja reposar durante un tiempo específico y luego esta mezcla se agrega con el resto de los ingredientes.

- Tercer método (Método Chorleywood): todos los ingredientes se mezclan con una velocidad ultra alta mezclada durante varios minutos (Cauvain, 2003).

Propiedades del pan y tecnología

Hay muchas propiedades con respecto al pan, estas propiedades funcionan como parámetros medibles para caracterizar el pan y determinar su calidad. Entre estas propiedades encontramos: Humedad, volumen; densidad aparente, porosidad, densidad aparente, calor específico de C_p , conducta térmica, difusión térmica, conductividad térmica y permeabilidad, tiempo de desarrollo de absorción, tiempo de estabilidad de la masa, gluten húmedo y número de caída, entre otros (Purlis, 2010). La calidad y la vida útil de un producto horneado se ven afectadas por el tiempo y la temperatura, y muchas de las propiedades mencionadas se analizan para determinar la calidad del pan (Mondal & Datta, 2007).

Fermentación

Se cree que un tiempo de fermentación más largo da como resultado pan con un aroma más agradable, aunque solo se han realizado pocos estudios en esta área. Se ha

descubierto que el desarrollo del aroma en la miga de pan depende de la concentración de levadura, la etapa de mezcla y el tiempo de fermentación (Birch, Petersen, & Hansen, 2013). El aumento de la temperatura acelera la fermentación de azúcares (Roussel & Chiron, 2002). Además, se descubrió que el aumento de la temperatura tiene un aroma significativo en la corteza de las baguettes (Birch, Petersen y Hansen, 2013).

Se considera que una temperatura de fermentación óptima debe ser de alrededor de 27 ° C y el pH óptimo para la actividad de la levadura se encuentra entre 4.5 y 6, y dado que el pH del pan se encuentra entre 5.6 y 5.7 (Roussel & Chiron, 2002). La levadura podría tener condiciones óptimas en términos de pH. Los compuestos de aroma identificados en la miga de pan fermentado se derivan principalmente del metabolismo de la levadura y de la oxidación de los lípidos de la harina (Birch, Petersen y Hansen, 2013). Mientras que, en la corteza, los compuestos aromáticos provienen de reacciones de Maillard que ocurren a altas temperaturas y baja actividad de agua entre azúcares reductores y aminoácidos (Purlis, 2010). Algunos estudios (Birch, Petersen, & Hansen, 2013) muestran que aumentar la concentración de levadura provoca una mayor formación de la mayoría de los compuestos aromáticos (2-metil-1-propanol, 2-feniletanol, fenilacetaldehído, 2,3-butanodiona, acetato de etilo, etil 3- metilbutanoato, etil hexanoato, etil octanoato y feniletil acetato) formados a partir de la actividad fermentativa de la levadura. El fenilacetaldehído y el 2, 3-butanodiona son los más importantes de estos compuestos. Dependiendo de la temperatura de fermentación, podría haber diferentes resultados con respecto a los compuestos aromáticos (Ameur, Mathieu, Lalanne, Trystram, & Birlouez-Aragon, 2007).

(Birch, Petersen, Arneborg, et al., 2013) en su estudio encontraron que el aumento de la temperatura de fermentación de 5 ° C a 15 o 35 ° C aumenta la concentración de los productos de oxidación de lípidos 1-heptanol, hexanal, heptanal , octanal, decanal y 2-pentilfurano. Mientras que la disminución de la temperatura de fermentación a 5 ° C aumentó la formación de los tres ésteres acetato de etilo, hexanoato de etilo y octanoato de etilo en aroma agradable.

Materiales y Métodos

Proceso tradicional de elaboración del pan francés

Se utilizó el siguiente protocolo para la muestra comparativa estándar; La masa de pan se preparó usando harina T65, agua (68%), sal (1,8%), levadura (3%) como agente leudante. Todos los materiales, excepto la levadura, se mezclaron durante 1 minuto a 15 rpm y luego se dejaron en reposo durante 10 minutos con el objetivo de inducir la autólisis en la masa. Después de este tiempo, se añadió la concentración de levadura correspondiente y la velocidad de mezcla se incrementó a 40 rpm en 6 minutos. La etapa de mezcla finaliza aumentando la velocidad a 70 rpm durante otros 6 minutos.

La masa es colocada en una caja especial para fermentar, esta a su vez se coloca en la cámara de fermentación (cámara de fermentación panimatic) a 22 ° C y con una humedad relativa del 70% de fermentación durante 1 hora y 15 minutos. Después de los tiempos especificados, la masa se dividió en porciones de 100 g y ambos lotes entraron en una segunda fermentación mientras conservaban la temperatura y la humedad relativa, esta vez durante 55 minutos.

Después de la segunda fermentación, el lote pasó por el proceso de cocción en un horno convectivo / conductor (WIESHEU). Los gases dentro del horno estaban a una temperatura de 220 y la superficie donde se encuentran las muestras estaba a una temperatura de 210 por 30 minutos, después del tiempo de cocción, las muestras se dejaron enfriar durante aproximadamente 30 minutos.

Análisis de perfil de textura (TPA)

Después de tener las muestras frías, se aleatorizaron las muestras construyendo una tabla en "Excel" y con la ayuda de este software, el cual asignó un número específico

para cada una de las muestras ubicadas en las bandejas de horneado, se eligieron 9 muestras aleatorias del lote de acuerdo al software y se cortaron horizontalmente con un grosor de 2.5 mm, estas se almacenaron en bolsas "zip-loc" para evitar posibles alteraciones del ambiente en las muestras. Las muestras se analizaron Texturómetro (TA. XT.plus) bajo las siguientes condiciones; Una deformación del 50%, sonda P35, un peso de 5 Kg y una altura de 5 mm por encima de la muestra.

Análisis de densidad

Para el análisis de densidad, se tomaron nueve muestras completas y se usó un sistema de microestabilizador láser (volscan profiler 600) el cual por medio de la toma del peso de la muestra y el volumen tomado por su sistema laser, el sistema fue capaz de calcular la densidad de cada muestra, adicionalmente el equipo también construía una imagen de cada muestra por medio del láser.

Análisis de melanoidina

Se propuso un método semicuantitativo para cuantificar la concentración de melanoidinas en las muestras (Helou, Niquet-Léridon, Jacolot, Gadonna-Widehem, & Tessier, 2016). Como el protocolo de extracción no tuvo en cuenta la fracción insoluble de melanoidinas, las melanoidinas solubles en agua extraídas se usaron como un indicador de las melanoidinas totales en la corteza del pan. Se suspendieron 0,5 g de corteza de pan pulverizado en 4,5 ml de agua ultrapura y se mezcló durante 10 minutos. Las suspensiones se centrifugaron a 10000 x g durante 10 minutos a 4 ° C (DL-5Y centrifuge machine) y el sobrenadante se filtró usando una membrana de nylon (0,22 m). Los extractos se inyectaron en un sistema HPLC Surveyor acoplado a un detector

PDA y un detector de fluorescencia (ThermoFisher Scientific, Courtaboeuf, Francia). La separación se realizó con un tampón fosfato (0,5 M) que contenía 0,15 M de sulfato de sodio (pH 7,0) a un flujo de elución isocrática a 0,6 ml / min utilizando una columna KW-802.5 5 5300 x 8 mm, 5 m, 400 Å) acoplado a una columna previa (50 x 6 mm, 7 m) (Shodex, Munich, Alemania). La detección se realizó a una longitud de onda de 350 a 430 nm. Se usó una calibración de peso molecular externo estándar para determinar el peso molecular usando diferentes proteínas o péptidos (PM 0,5 a 17 kDa). La detección se realizó a 280 nm. El grupo de picos cerca del tiempo de retención de 20 minutos correspondiente a un peso molecular entre 1 y kDa se utilizó para la interpretación de los resultados.

Resultados

Efecto de la temperatura sobre las propiedades reológicas y la concentración de melanoidina

El efecto de las diferentes temperaturas utilizadas en los experimentos se evaluó mediante la medición de la dureza (Newtons), la cohesión y la resistencia. La Figura 1 muestra un aumento del 48.7% en la dureza en el lote fermentado a 4 ° C comparando el estándar, mientras que el lote fermentado a 35 ° C demostró tener la dureza más baja de todas las pruebas. Los datos obtenidos por el TPA se corroboraron con el análisis de densidad realizado en cada muestra.

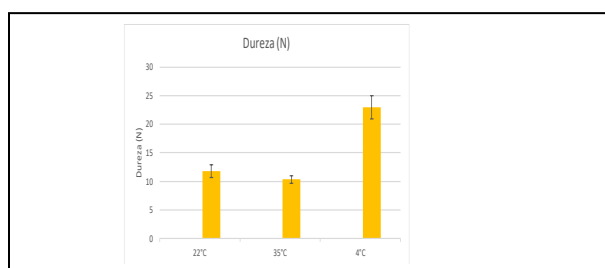


Ilustración 1

Influencia de la temperatura en la dureza del pan (A). Análisis de densidad (B). La muestra estándar corresponde a 22 ° C; 3% de levadura; 1h 15 minutos de fermentación inicial. 35 ° C; 3% de levadura; 1 h 15 min de fermentación inicial para la segunda barra y para la tercera 4 ° C; 3% de levadura; 15 horas de fermentación inicial.

En la cuantificación de las melanoidinas se observa que la producción más óptima de las mismas se realizó en condiciones de fermentación estándar, es decir, a 22 ° C. La Tabla 1 muestra el efecto de la temperatura sobre la concentración final de melanoidinas.

Tabla 1 Concentración de melanoidinas solubles en agua en la corteza del pan a diferentes temperaturas de fermentación inicial.

	Muestra	T°C	Materia seca (%)	Fluorescencia UA ^a / g DM
Corteza	22°C; 3%Y; 1h 15mins	22°C	86,4	632669,9 ± 5416,5
	35°C; 3%Y; 1h 15mins	35°C	83,4	475716,8 ± 1659,0
	4°C; 3%Y; 1h 15mins	4°C	85,7	457482,4 ± 17504,2

^a Fluorescencia UA, cuente el área por minuto en gramos de materia seca en la muestra. Fluorescencia de melanoidina soluble en agua.

Efecto de la concentración de levadura sobre las propiedades reológicas y la concentración de melanoidina.

La concentración de levadura demostró afectar las propiedades reológicas, lo que indica que al aumentar la cantidad de levadura; La dureza del pan se reduce. En condiciones de formulación estándar (3%), se encontró la dureza más baja (11.8 N), mientras que las otras concentraciones obtuvieron resultados muy similares sin diferencias significativas con respecto al parámetro de resiliencia, se observó que no había mucha diferencia en sus resultados, se puede predecir un comportamiento decreciente en la cohesión del pan y adicionalmente se observa un incremento en la densidad del pan a medida que se reduce la concentración de levadura. La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos para la reología del producto.

Tabla 2 Cambios reológicos influenciados por la concentración de levadura.

Muestra	Condiciones		
	22C; 3%Levadura; 1h15mins	22C; 2%Levadura; 1h 15mins	22C; 1%Levadura; 1h15mins
Concentración de levadura (%)	3	2	1
Dureza (N)	11,783 ± 1,085	14,595 ± 1,971	15,003 ± 0,742
Cohesión	0,809 ± 0,003	0,008 ± 0,470	0,005 ± 0,461
Resiliencia	0,007	0,008	0,005
Densidad (Kg/m ³)	277,628 ± 7,228	317,592 ± 7,797	358,803 ± 8,980

La cohesión y la resistencia resultan ser dimensionales, ya que son índices.

Para las melanoidinas, se observa que cuanto mayor es el porcentaje de levadura, mayor es la concentración de melanoidinas en la corteza del pan. La concentración más baja de melanoidinas se encontró en un porcentaje de levadura al 1%, con una diferencia del 22,483% del pan estándar. La Figura 2 muestra la concentración de melanoidinas con respecto al porcentaje de levadura en la formulación.

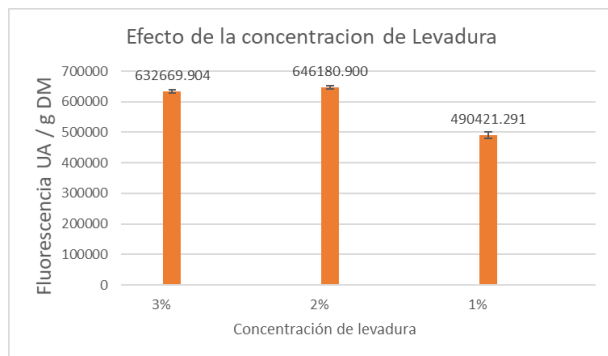


Ilustración 2

De izquierda a derecha son las siguientes condiciones de fermentación: pan estándar 22 ° C, 3% de levadura, 1 h 15 min. Primera fermentación; 22 ° C, 2% de levadura, 1 h 15 min primera fermentación; 22 ° C, 1% de levadura, 1 h 15 min primera fermentación.

Efecto del tiempo de fermentación sobre las propiedades reológicas y la concentración de melanoidinas

Las propiedades reológicas no cambiaron significativamente para el pan estándar y los tiempos de fermentación en 45 minutos. Durante el tiempo de 15 horas de fermentación se observó un cambio de 48.78% y 23.99% con respecto a la fermentación estándar, para los parámetros de cohesión y resiliencia el cambio no fue significativo. Debe tenerse en cuenta que, para el primer experimento de fermentación de 15 horas, también se modificó la temperatura en la cámara de fermentación, por esta razón vale la pena tener en cuenta este parámetro al interpretar los resultados, ya que sugieren que se modificó más por la temperatura utilizada en la cámara de fermentación que en el primer tiempo de fermentación. La Tabla 3 muestra el comportamiento de las propiedades reológicas frente al primer tiempo de fermentación.

Tabla 3 Cambios reológicos influenciados por el primer tiempo de fermentación.

Sample	Condiciones		
	22°C; 3%Levadura;1h 15mins	22°C; 3%Levadura; 45mins	4°C; 3%Levadura; 15h
Tiempo de fermentación	1h 15 mins	45 mins	15h
Dureza (N)	11,783 ± 1,085	12,675 ± 1,003	22,981 ± 2,035
Cohesión	0,809 ± 0,003	0,813 ± 0,006	0,787 ± 0,011
Resiliencia	0,485 ± 0,007	0,483 ± 0,007	0,450 ± 0,013
Densidad (Kg/m ³)	277,628 ± 7,228	285,232 ± 3,997	365,265 ± 9,530

La cohesión y la resistencia resultan ser adimensionales, ya que son índices. Para el parámetro de fermentación de 15 horas, la temperatura también se moduló a 4 ° C.

Para las melanoidinas, se observa que la condición óptima para su producción era bajo condiciones de fermentación estándar. La condición estándar obtuvo un 28% más que los otros dos experimentos que no variaron significativamente de la concentración de melanoidinas encontradas en la corteza del pan. La Figura 3 muestra los cambios en

la concentración de melanoidinas en el pan con respecto al momento de la primera fermentación.

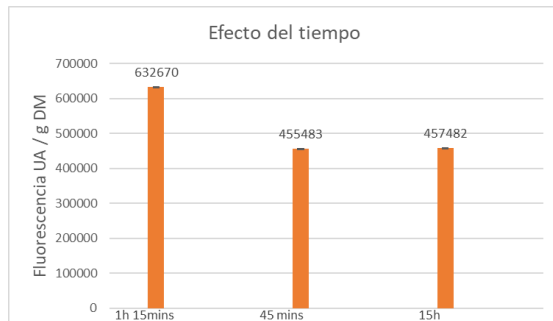


Ilustración 3

De izquierda a derecha se encuentran las siguientes condiciones de fermentación: pan estándar 22°C, levadura al 3%, 1h 15 min. Primera fermentación; 22 ° C, 3% de levadura, 45 minutos de primera fermentación; 4 ° C, 3% de levadura, 15 h primera fermentación.

Análisis estructural de la miga.

En nuestro estudio, aunque no se realizó una medición de los alvéolos en la miga, si se hizo un registro fotográfico de este que muestre el comportamiento de la fermentación que tuvo lugar en cada una de las condiciones de fermentación, lo que combinado con la densidad del análisis reológico sugiere que a 35°C se dio la mejor fermentación hablando en términos de producción de CO₂. La figura 4 muestra los alvéolos formados en cada experimento, mientras que La figura 5 muestra el comportamiento generalizado de todas las condiciones juntas en términos de dureza y densidad.

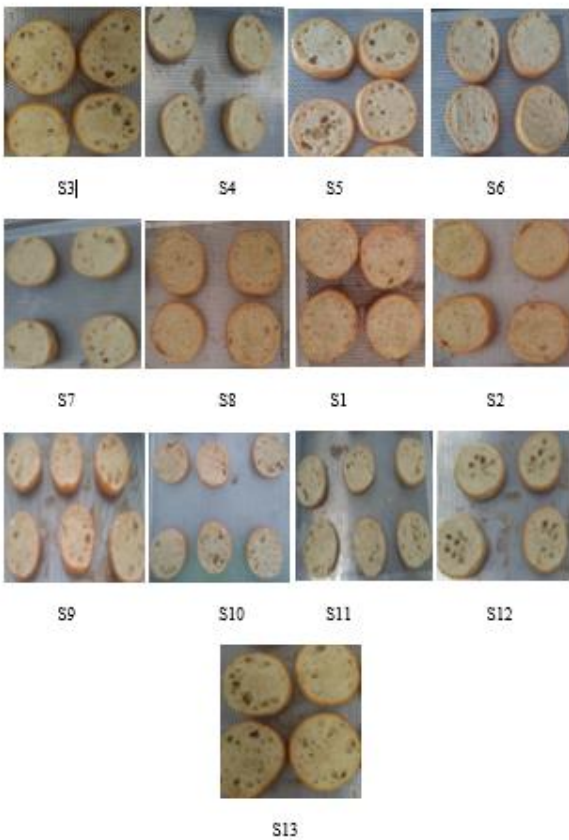


Ilustración 4

S3 35 ° C, 3% de levadura, 1 h 15 min; S4 35 ° C, 3% de levadura, 45 minutos; S5 22 ° C, 1% de levadura; 1h 15mins; S6 22 ° C, 2% de levadura, 1 h 15 min; S7 35 ° C, 1% de levadura, 1 h 15 min; S8 35 ° C, 2% de levadura, 1 h 15 min; S9 35 ° C, 2% de levadura, 1 h 15 min; S10 22 ° C, 3% de levadura, 1 h 15 min; S11 22 ° C, 3% de levadura, 45 minutos; S12 4 ° C, 1% de levadura, 15 h; S13 4 ° C, 2% de levadura, 15 h; S14 4 ° C, 0,5% de levadura, 15 h; S15 4 ° C, 3% de levadura, 15 h; S16 25 ° C, 1% de levadura, 5% LAB 45 minutos. En el S13 se utilizó la bacteria del ácido láctico.

El comportamiento general de todas las condiciones de fermentación se puede observar en la figura 5.

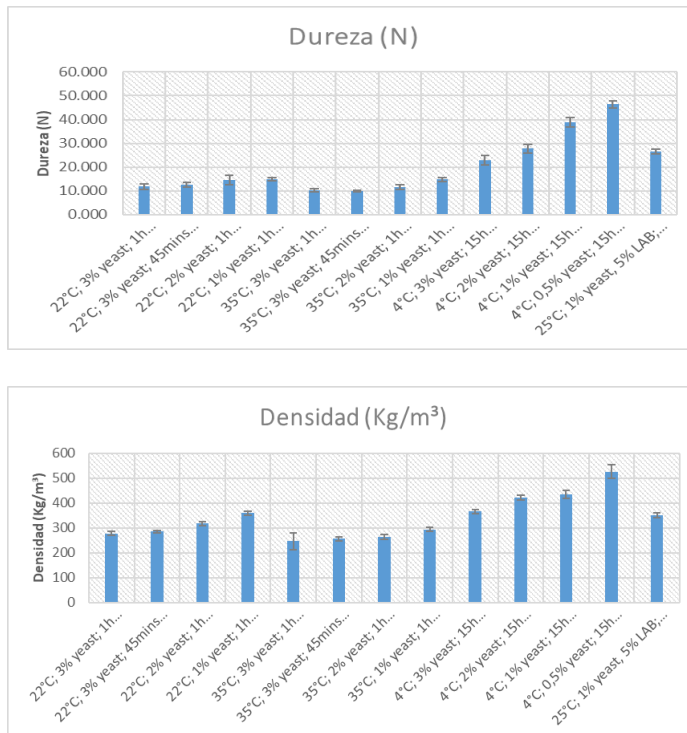


Ilustración 5

Comportamiento general para todas las condiciones de fermentación modulada.

Conclusión

La dureza disminuye con el aumento de la temperatura de fermentación.

La dureza disminuye con el aumento de la concentración de levadura.

Como no había tantas modulaciones en el tiempo como otros parámetros, el efecto del tiempo en la dureza tiene que estudiarse mejor incluyendo intervalos de tiempo más representativos para determinar una variación.

La temperatura de fermentación parece tener un impacto relevante en la formación de melanoidinas, siendo a 22°C la condición óptima para la formación de melanoidinas en este estudio.

El tiempo de fermentación también parece tener un impacto en la producción óptima de melnoidina, en el estudio este tiempo pertenece al experimento estándar de 1 hora y 15 minutos de la primera fermentación.

Referencias

Alsankooshi, E., Beatriz, H.-M., Rezaei, M. N., Steensels, J., Courtin, C. M., & Verstrepen, K. J. (2016). Non-Conventional Yeast Strains Increase the Aroma Complexity of Bread. *PLoS ONE*, *10*, 18.

Ameur, L. A., Mathieu, O., Lalanne, V., Trystram, G., & Birlouez-Aragon, I. (2007). Comparison of the effects of sucrose and hexose on furfural formation and browning in cookies baked at different temperatures. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.049>

Birch, A. N., Petersen, M. A., Arneborg, N., & Hansen, A. S. (2013). Influence of Commercial Baker's yeasts on bread aroma profiles. *Food Research International*, *52*, 160–166.

Birch, A. N., Petersen, M. A., & Hansen, A. S. (2013). The aroma profile of wheat bread crumb influenced by yeast concentration and fermentation temperature. *Food Science and Technology*, 480–488.

Cauvain, S. P. (2003). *Bread making*. (S. P. Cauvain, Ed.) (1st ed.). New York: CRC Press LLC.

Helou, C., Niquet-Léridon, C., Jacolot, P., Gadonna-Widehem, P., & Tessier, F. (2016). Maillard reaction products in Bread: A novel semi-quantitative method for evaluating melanoidins in bread. *Food Chemistry*, *190*, 904–911.

Laine, J. (2014). One Formula to Rule Them All. Retrieved from <https://bread-magazine.com/master-formula/>

Mondal, A., & Datta, A. K. (2007). Bread baking - A review. *Journal of Food Engineering*, 465–474.

Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products - A review. *Journal of Food Engineering*, 239–249.

Roussel, P., & Chiron, H. (2002). *Les pains français, évolution, qualité, production*. (M. Erti, Ed.) (2nd ed.). Paris.

The Fresh Loaf. (2017). What are Flour Types. Retrieved from <http://www.thefreshloaf.com/node/51263/what-are-flour-types-t45-t55-t65-t150-type-0-or-type-00-magic-enzy-flour-rye-flour-t1150>

Yu, Y., Wang, L., Qian, H., Zhang, H., Li, Y., Wu, G., ... Rao, Z. (2019). Effect of selected strains on physical and organoleptic properties of breads. *Food Chemistry*, 547–553.