



Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander)

Hernández Ordoñez Mariela, Duran Osorio Daniel

Grupo de investigación Ingeniería y Tecnología de Alimentos (GINTAL). Universidad de Pamplona. Colombia

Resumen

El pan de agua, es un producto autóctono de Pamplona Norte de Santander. Su producción data desde hace 100 años, siendo su consumo masivo a nivel regional. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características reológicas (firmeza en la corteza y análisis de perfil de textura -TPA en la miga) del pan de agua. Para ello, inicialmente las técnicas de análisis de firmeza y TPA fueron puestas a punto en el texturométero (Textura Analyser, TA.Plus, Iloyd Instruments a Trademark of Meter). Se tomó como referencia el pan de agua producido en seis panaderías que elaboran este producto de forma tradicional de a cuerdo al diagnostico realizado. De otra parte se realizó un seguimiento de la características reológicas al pan elaborado en la panadería de mayor prestigio durante 8 días. Los resultados mostraron que las características reológicas (Firmeza y TPA) del pan de agua de las seis panaderías presentaron diferencias significativas, mientras que en el seguimiento del pan durante producciones de ocho días el 75% de las producciones presentó similitud en las características reológicas.

Palabras clave: Pan de agua, firmeza, TPA, reología, Pamplona

Rheological characteristics of the water pan indigenous product of Pamplona (Norte de Santander)

Abstract

The pan of water, is an indigenous product of Pamplona Norte de Santander. Its production dates back 100 years, with its mass consumption at the regional level. The aim of this study was to evaluate the rheological characteristics (firmness in the crust and texture profile analysis in the crumb-TPA) water bread. For this purpose, initially firmly analysis techniques and TPA were overhauled in texturometer (Texture Analyser, TA.Plus, Iloyd a Trademark of Meter Instruments). The reference used was water bread produced in six bakeries that produce this product in a traditional way in concordance with the diagnosis made. On the other hand were followed rheological characteristics of the bread made in the bakery's most prestigious for 8 days. The results showed that the rheological characteristics (Firmness and TPA) water bread bakeries six significant differences, while monitoring the production of bread during eight days the 75% similarity productions presented in the rheological characteristics.

Keywords: Water Pan, firmness, TPA, rheology, Pamplona



Resumo

Características reológicas do produto pan água indígena de Pamplona (Norte de Santander)

A panela de água, é um produto indígena de Pamplona Norte de Santander. Sua produção remonta 100 anos, com o consumo de massa em nível regional. O objetivo deste estudo foi avaliar as características reológicas (firmeza na crosta e análise de perfil de textura no miolo-TPA) de pão de água. Para esta finalidade, inicialmente firmemente técnicas de análise e de TPA foram revisados em texturômetro (analisador de textura, TA.Plus, Iloyd uma marca de instrumentos metro). A referência utilizada era pão água produzida em seis padarias que produzem esse produto de forma tradicional em concordância com o diagnóstico feito. Por outro lado, foram seguidas as características reológicas do pão feitos na padaria do mais prestigiado durante 8 dias. Os resultados mostraram que as características reológicas (firmeza e TPA) padarias água pão seis diferenças significativas, enquanto que o controle da produção de pão durante oito dias, as produções de similaridade de 75% apresentados nas características reológicas.

Palavras-chave: Pan água, a firmeza, a TPA, reologia, Pamplona

*Para citar este artículo: Hernández Ordoñez M, Duran Osorio D. Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander). Bistua.2012.10(2):61-74.

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Mariela Hernandez Ordoñez. Grupo de investigación Ingeniería y Tecnología de Alimentos (GINTAL). Universidad de Pamplona. Colombia. email: mhernandez@unipamplona.edu.co

Recibido: Noviembre 20 de 2011 Aceptado: Octubre 07 de 2012

Introducción

La fabricación de pan ha representado un papel esencial en el desarrollo del género humano, contribuyendo al lenguaje, la estructura social y en representaciones espirituales de los pueblos desde 7000 u 8000 años (Bourgeois y Larpent, 1995). De esta forma, históricamente se ha constituido una de las principales fuentes de alimentación, estableciéndose como un producto saludable e influyente en la economía de un pueblo.

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal y agua, fermentada por especies propias de

panadería, como la *saccharomyces cerevisiae* (Tejero, 1992- 1995; Madrid Cenzano, 2001). Las operaciones más importantes en el proceso del pan de agua son: mezclado, amasado (10 minutos donde se logra una masa suave y elástica, desarrollando la consistencia y textura de la misma), fermentado, corte, rolado y horneado (200°C/ 15 a 20 minutos). Su corteza tostada le da la textura y sabor similar al pan francés pero de tamaño individual y redondo. Todas estas etapas del proceso de elaboración de este pan al igual que en la elaboración de otros, influyen en la calidad del producto final (Mesas *et al.*, 2002 ; Rouillé *et al.*, 2000). El pan es un producto transformado que puede tomar diversas formas: pan ligero del tipo pan de miga, en el que la corteza se puede



distinguir poco de la miga, pan clásico con una separación neta entre la miga y la corteza, siendo esta última rígida y crujiente, panes planos, muy densos y con una proporción de corteza muy alta, como el pan sueco o la pita griega. Una parte importante de la textura final se debe a la calidad de la harina y de la masa utilizada. El pan tiene una estructura de espuma más o menos delicada, envuelta por una capa rígida. La mayor parte de los análisis de textura se hacen sobre la miga y en la corteza se analiza la firmeza. Esta última, crujiente, cuando el pan está fresco, que se ablanda con el envejecimiento o endurecimiento del pan. Este fenómeno es producido por la desecación del producto, sino que se trata de una redistribución del agua entre la miga y la corteza, relaciona con una reorganización de la estructura de las moléculas de almidón (Roudot, 2004).

Las características de un tipo particular de pan incluirán siempre un descripción de la apariencia física, habitualmente comenzando con la forma externa, longitud, espesor, la apariencia interna haciendo referencia al tamaño, número y distribución de los alvéolos en la miga, la palatabilidad y color de la misma. Igualmente las características de la corteza como su color y dureza (Cauvain y Young 2002). Existen dos partes bien diferenciadas en el pan, la corteza y la miga. La forma física de ambas y la relación entre ellas determinan, en esencia, la distinción entre un tipo de pan y otro. El tamaño y la forma de la pieza, junto con los ingredientes que se han utilizado, contribuyen en la calidad global del producto.

Los métodos para estimar la calidad del pan van dirigidos normalmente a tres amplias categorías: calidad interna, calidad externa y la calidad asociada a la textura y palatabilidad, en las que se incluyen el sabor y el aroma. El interés principal de las

características internas se limita normalmente al tamaño, número y distribución de los alvéolos en la miga (grano de miga), el color de la misma y cualquier defecto de calidad que pueda apreciarse, como impropias o manchas densas visibles en un corte transversal del producto. Cada tipo de pan tiene sus propios requisitos sobre la estructura alveolar de la miga y, por lo tanto, no hay un solo estándar que pueda aplicarse a todos los productos (Cauvain *et al.*, 1983). La textura y la palatabilidad de los productos de panadería son atributos muy importantes y difieren de un producto a otro. En el caso de la textura de la miga del pan interesan las propiedades mecánicas de la misma, como firmeza y elasticidad y a menudo se trata de ligar estos parámetros con las características asociadas a la palatabilidad / masticabilidad mediante la adaptación de los más fundamentales métodos físicos de análisis.

La blandura o firmeza de la miga es el atributo de la textura que ha atraído más atención en la estimación de la calidad de la misma debido, quizás, por la estrecha asociación que tiene con la percepción sensorial de frescura. En la prueba subjetiva de estrujamiento, se mide simultánea y subconscientemente diversas características del producto. La más evidente de éstas es la resistencia del producto a la deformación, la capacidad de recuperación del producto después que haya cesado la fuerza de compresión o, la estimación de la fuerza que se debe aplicar para comprimir el producto hasta el nivel de estándar estrujamiento. Colectivamente, el juicio subjetivo se registra en grados de blandura o dureza y, a veces, como capacidad de recuperación o elasticidad. Se han aplicado numerosos métodos objetivos para la estimación de la textura del pan, todos estos métodos son, genéricamente, pruebas de compresión y cubren principalmente la determinación de la blandura o firmeza (AACC, 1995a, b) y la



capacidad de recuperación o elasticidad (Cornford, 1969).

En la masticación, la fuerza que se hace en la boca es más que suficiente para ocasionar cambios irreversibles en las características de la miga. Además de la fuerte compresión, hay otras acciones que participan en los juicios de las personas, como la fuerza de corte, la acción de la saliva y los efectos de mascar. Los juicios subjetivos para estimar la palatabilidad/masticabilidad se llevan a cabo mediante individuos o grupos de personas de acuerdo con una clasificación de términos descriptivos. La aplicación de las pruebas de catadores para la estimación de la palatabilidad/masticabilidad ha recibido mucha atención desde el punto de vista investigativo (Stetser, 1993).

El análisis del perfil de la textura (TPA, del inglés *texture profile analysis*) es una técnica que trata de utilizar bases comunes para los métodos subjetivos y objetivos empleados para estimar la calidad asociada a la palatabilidad/masticabilidad (Cauvain y Mitchell, 1986). El TPA utiliza siete descriptores básicos de la calidad asociada a la palatabilidad/masticabilidad derivado de estimaciones subjetivas de un gran número de alimentos (Szczeniak, 1963a, b), los cuales se han adaptado después para hacer medidas instrumentales objetivas (Szczeniak, 1972). La prueba objetiva aplica dos compresiones sucesivas en una muestra que ocasionan cambios irreversibles en el alimento que se está analizando.

Bollainet *al.*, (2006) investigaron la relación de las propiedades reológicas de las masas (TPA), las propiedades viscoelásticas (comportamiento mecánico dinámico, DMA) y las propiedades térmicas (análisis térmico, TMA) de las migas de panes elaborados con diferentes enzimas α -amilasa maltogénica, endoxilanasas, transglutaminasa y transferasas, donde encontraron que existe

correlación entre estas propiedades permitiendo así determinar la calidad del pan por otras técnicas reemplazando los métodos clásicos.

De otra parte, han comparado técnicas como la evaluación sensorial y los análisis instrumentales para investigar los cambios en la apariencia de la miga, las propiedades de la textura, y perfil del sabor del pan elaborado con extracto de té. El análisis sensorial se llevó a cabo a través de la descripción de seis atributos sensoriales brillo, porosidad, la dureza, se evaluaron tenacidad, dulzura y astringencia. Los análisis instrumentales incluyeron el análisis de la imagen para la porosidad, la espectrofotometría para el brillo, y análisis de perfil de textura (TPA) para la dureza y tenacidad. Los resultados mostraron que existe una alta correlación entre los análisis de la evaluación sensorial y los análisis instrumentales. El brillo y dulzura del pan disminuyó, considerando que la dureza, tenacidad y astringencia aumentaron (Wang *et al.*, 2007).

Actualmente no existen estudios relacionados del pan de agua que permitan conocer sus características de textura, este producto pierde sus propiedades fácilmente debido a la elaboración artesanal y autóctono, ya que no se utilizan aditivos que permitan postergar sus características por más tiempo. Por esta razón el interés de este estudio fue evaluar las características reológicas (firmeza en la corteza y análisis de perfil de textura (TPA) en la miga) del pan de agua.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

Pan de agua

Para evaluar las características reológicas del pan de agua se tomaron como referencia las seis panaderías que elaboran este tipo de producto de forma artesanal y que no han modificado su formulación. De estas



panaderías fueron tomadas muestras de pan con seis horas posteriores a su elaboración para ser evaluadas las características reológicas. Posteriormente fue seleccionada la panadería con mayor prestigio en la producción del pan de agua en forma artesanal y tradicionalmente de a cuerdo a un diagnóstico realizado previamente con el fin de realizarle un seguimiento de las propiedades reológicas a lotes de pan de agua producidos durante ocho días con el fin establecer la variabilidad de las características analizadas.

METODOS

Características reológicas del pan de agua.

Dentro de las propiedades reológicas fueron analizadas la firmeza y perfil de textura (TPA) del pan de agua de las diferentes panaderías productoras de pan de agua, utilizando un texturometro (Textura Analyser, TA.Plus, Iloyd Instruments a Trademark of Meter).

Preparación de las muestras de pan

Para determinar la firmeza se tomaron piezas enteras de pan uniformes en su tamaño, peso y color de cada panadería. Mientras que para el análisis de perfil de textura (TPA) se cortaron cubos de miga de pan de la parte central de aproximadamente 4 ± 0.5 cm de ancho, de largo 3 ± 0.5 cm y 2 ± 0.5 cm de altura.

Determinación de la firmeza

El test del análisis de la firmeza fue ajustado partiendo de investigaciones (Leon E. *et al.*, 2002; Randez *et al.*, 1995; Shittu, *et al.* 2007; Palacios, Hernán *et al.*, 2004; Bárcenas, M. *et al.*, 2006; Katina, M. *et al.*, 2006; Patel, B.K. *et al.*, 2005; Abdellatif, A. *et al.*, 2006) sobre la firmeza de diferentes tipos de pan. Se varió parámetros como: velocidad del cabezal (10; 20 y 30 mm/s), porcentaje de rotura (10%, 30% y 50 %), fuerza de detección de rotura (1N, 3N y 5N), fuerza trigger (0.1 kgf, 0.3 kgf y 0.5 kgf), mientras

que la velocidad de carga fue constante de 0.5N. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente encontrándose que los parámetros más óptimos para la evaluación de la firmeza fueron: preload (fuerza de carga): 0,5 N, velocidad de desplazamiento del cabezal 50 mm/min, porcentaje de rotura 30%, detector de rotura 5N, depresión límite 20mm, velocidad de penetración 20mm/s y fuerza trigger 0,1 Kgf.

Determinación del análisis de perfil de textura (TPA)

Para el ajuste del test de análisis del análisis del perfil de textura se tuvo en cuenta varias investigaciones (Wanga, J. *et al.*, 2002; Bárcenas, María *et al.*, 2004; Mandala, I.G. *et al.*, 2005. Collar, C. *et al.*, 2005; Bárcenas, M. *et al.*, 2006; Amita, R. *et al.*, 2006; Katina, K. *et al.*, 2006; Caballero, P. *et al.*, 2007; Sidhu, J.S. *et al.*, 1997; Wang, R. *et al.*, 2007 Yung-Shin, S. *et al.*, 2007 Flander, L.M. *et al.*, 2007; Giannou, V. *et al.*, 2007) sobre la el análisis del perfil de textura realizado a diferentes tipos de pan. A partir de estas investigaciones se variaron los valores de cada parámetro, tales como velocidad de desplazamiento del cabezal, fuerza trigger y porcentaje de compresión. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente con el fin de establecer los parámetros para la evaluación del TPA. Los parámetros establecidos fueron los siguientes: velocidad del cabezal 150 mm/min , fuerza trigger 100gf y el porcentaje de compresión fue de 50%.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de las propiedades texturales, se analizaron a través del paquete de software estadístico STATGRAPHICS *plus* versión 5.1 y SPSS versión 7.5, utilizando la técnica de análisis de la varianza (ANOVA un factor) a un nivel de confianza del 95%, con el fin de determinar si existe diferencia significativa entre las características



reológicas de pan de agua producido en las diferentes panaderías y la panadería seleccionada. Se realizó también el análisis de clúster con el fin de determinar las similitudes del pan de agua elaborado por las panaderías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características reológicas del pan de agua de las diferentes panaderías.

Evaluación de la firmeza del pan de agua

En el gráfico 1 se presentan los resultados de la firmeza de la corteza del pan de agua producido en las seis panaderías. Como se puede observar esta firmeza varía de una panadería a otra, encontrándose según el análisis ANOVA las diferencias estadísticamente significativas entre la firmeza obtenida en las muestras de pan de las diferentes panaderías para un nivel de confianza del 95%.

Al realizar la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) se puede establecer tres grupos homogéneos entre los cuales, no hay diferencias estadísticamente significativas entre la firmeza del pan producido por las diferentes panaderías. Grupo 1: (panadería: 4 y 6), Grupo 2: (panadería: 3 y 5) y Grupo 3: (panadería: 1 y 2)

El grupo 1 representa las panaderías cuya firmeza del pan de agua producido presenta menor firmeza, el grupo 2 lo conforman las panaderías cuyo pan presenta una firmeza media y en el grupo 3 la firmeza del pan es alta.

Análisis del perfil de textura (TPA) del pan de agua

En tabla 1. Se presentan los resultados del análisis de perfil textura del pan de agua de las diferentes panaderías. Según los resultados obtenidos en las propiedades de

textura el pan de agua elaborado en las panaderías 1, 3 y 5 son similares en cuanto a dureza y elasticidad, siendo estas las que presentaron mayor valor de estas propiedades debido a que estas tres panaderías utilizan el mismo tipo de harina de trigo, sacarosa y levadura (barra fresca) al igual que el tiempo de mezclado y amasado. Asimismo, la fermentación es realizada en condiciones ambientales y el horneado es realizado en horno de piedra durante 45 min y 40 min respectivamente.

Las panaderías 2,4 y 6 elaboran el pan de agua utilizando las mismas materias primas (harina, azúcar, levadura, sal y agua), iguales condiciones en las operaciones de mezclado - amasado (10min), fermentación (condiciones ambientales durante 90 min) y horneado (15 min). Por tanto, los panes producidos por estas tres panaderías presentan similitud en cuanto a la dureza 1, dureza 2 y la elasticidad.

De otra parte se puede observar que la elasticidad está directamente relacionada con el tiempo de mezclado- amasado al que se expone la masa. En donde a un mayor tiempo de mezclado-amasado se presenta una mayor elasticidad. Así mismo se observa una relación entre el tiempo de horneado con respecto a la dureza presentada en el pan de agua. A mayor tiempo mayor dureza.

El análisis de la varianza (ANOVA de un factor), indicó que existen diferencias estadísticamente significativas entre las panaderías para todas las propiedades del perfil de textura excepto para cohesividad en donde no hay tales diferencias.

De acuerdo con lo anterior y si se tiene en cuenta que el pan de agua se debe caracterizar por su mayor retención de agua, mayor elasticidad y dureza en la corteza, las panaderías 1, 3 y 5 son las que presentan una producción de pan de agua con estas características. Partiendo de ello, los panes producidos por estas panaderías en cuanto a las características anteriormente mencionadas no existe diferencia significativa



67

a un nivel de significancia del 95% y teniendo en cuenta las panaderías con mayor antigüedad en la producción de este tipo de pan. Al realizar el análisis de clusters con los resultados de las propiedades reológicas de la corteza y miga del pan, utilizando el método del vecino más cercano se puede establecer que las panaderías 1, 3 y 5 producen el pan de agua con características reológicas similares al igual que las panaderías 2,4 y 6 (Gráfico 2), esto es debido a que las materias primas y el proceso es similar.

Seguimiento de las características reológicas del pan de agua de la panadería seleccionada.

Firmeza

En el gráfico 3 se presentan las medias de la firmeza obtenida en la corteza del pan de agua fresco producido durante ocho días. En ella, se observa que, el pan de agua se caracteriza por presentar una firmeza en la corteza entre 16 y 22 N. De las ocho producciones evaluadas las muestras tomadas en los días 3, 5 y 6 presentan variación del promedio general. El análisis de anova de un factor indica que la firmeza de la corteza del pan de agua producido durante los ocho días existe diferencia estadísticamente significativa a un nivel de significancia del 95%. Estas variaciones de los valores de la firmeza pueden ser debido a que la temperatura en el horno no es homogénea en toda el área física interna del horno de piedra, ni tampoco es controlada.

Análisis de perfil de textura (TPA)

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los parámetros que conforman el análisis de perfil de textura (TPA) de la miga del pan de agua producido durante los ocho días.

Dureza

Debido a que en el TPA se presentan dos compresiones que imitan dos mordidas y que son expresadas como dureza 1 y dureza 2, por consiguiente estas durezas se analizan simultáneamente.

En los resultados del análisis de medias de la dureza en la miga del pan de agua producido en ocho días (Gráficos 4 y 5), se observan que el comportamiento para las dos durezas es similar. Para estas durezas en los días 1 y 2 presentan menor valor, ubicándose por debajo del límite inferior mientras que para el día 8 las durezas de la miga del pan se encuentran por encima del límite superior indicando que para este día el pan presenta una mayor dureza en su miga.

El pan de agua se caracteriza por presentar una dureza 1 y 2 entre 8,6 y 15 N. De las ocho producciones evaluadas las muestras tomadas en los días 1, 2 y 8 presentan variación del promedio general.

El análisis de anova de un factor indica que tanto para la dureza 1 como la dureza 2 existe diferencia significativa de los resultados de la dureza de la miga de las ocho producciones a un nivel de significancia del 95%. Al aplicar la prueba de LSD se conforman cinco grupos homogéneos: grupo 1 (día 1 y 2); grupo 2 (día 2 y 6); grupo 3 (6, 3 y 7 días); grupo 4 (3, 7, 4 y 5 días) y grupo 5 (día 8). Siendo el grupo uno el que presenta el menor valor de dureza por debajo del promedio general, así como también el grupo cinco presenta una elevada dureza por encima de la media global.

Cohesividad

En el gráfico 6 se observan los resultados promedios para la cohesividad presentada en las migas de pan de agua producido durante ocho días, en donde se obtiene que la miga del pan de agua se caracteriza por presentar una cohesividad no menor a 0,39 y no mayor



a 0,47. De acuerdo a esto los panes producidos en los días 1 y 7 presentan diferencias con respecto a la media global.

Gomosidad

La gomosidad de miga de los panes de agua producidos en ocho días, presentan variabilidad los días 1 y 2 con menor gomosidad ubicándose por debajo del límite inferior y el día 8 presentan mayor gomosidad por encima del límite superior, indicando desviación del promedio mientras que la gomosidad de la miga de los panes de agua producido en los días 3, 4, 5, 6 y 7 se encuentran dentro del rango promedio (Gráfico 7).

Según los resultados obtenidos de la gomosidad de la miga de pan de las ocho producciones, sometidos al análisis de anova de un factor indica que en los valores de la gomosidad de la miga del pan existen diferencias significativas a un nivel de significancia de 95%, entre los días de producción. Se puede observar también que la gomosidad presenta el mismo comportamiento que la dureza 1 y 2 (gráficos 4 y 5), indicando que a menor dureza de la miga menor gomosidad, siendo estas dos propiedades directamente proporcionales.

Elasticidad

De acuerdo con los resultados presentados en el grafico 8, la miga del pan de agua presenta una elasticidad que varía entre 11 y 13 mm. Sin embargo, para los días 1, 2, 5 y 6, se presentan valores de elasticidad por fuera de este rango.

Teniendo en cuenta los resultados de la dureza (1, 2) y la elasticidad se puede observar que la miga de pan presenta una elasticidad apreciable que oscila en una recuperación de la miga al momento de compresión de un 50% aproximadamente.

Del análisis de anova de un factor de los valores de la elasticidad de la miga del pan de las ocho producciones se obtiene un $p\text{-valor} \leq 0,05$ indicando que existe diferencia significativa de los resultados de la elasticidad de una producción a otra.

Masticabilidad

La masticabilidad de la miga del pan de agua está representada en un rango que oscila entre 5 y 9 Kgf.mm aproximadamente (Gráfico 9), entendiéndose que el pan más masticable es aquel que presenta menor valor de masticabilidad ya que requiere desde el punto vista sensorial más tiempo de deglución en la boca antes de tragarlo. Al igual que en la mayoría de las otras propiedades reológicas antes mencionadas existen algunas muestras de pan, como las producidas en los días 1, 2, 5, y 8 que se alejan de promedio general.

El análisis de anova de un factor indica que en los valores de la masticabilidad de la miga del pan existen diferencias significativas de los resultados de la masticabilidad de las ocho producciones a un nivel de significancia del 95%. Al aplicar la prueba de LSD se conforman cinco grupos homogéneos: grupo 1 (días 1 y 2); grupo 2 (6, 3 y 7 días), grupo 3 (días 7 y 4); grupo 4 (días 4 y 5) y grupo 5 (días 5 y 8). Los grupos están ordenados de menor a mayor valor de masticabilidad, siendo el grupo 5 el que tiene mayor valor de masticabilidad por encima del promedio, por lo tanto es menos masticable. Al comparar la masticabilidad con la dureza (gráficos 4 y 5) se puede observar que estos dos parámetros siguen el mismo comportamiento, indicando que a menor dureza menor masticabilidad.

Adhesividad

La adhesividad de la miga de pan de agua producida en ocho días presenta gran variabilidad, como se puede observar (Grafico 10) ya que los valores obtenidos de la



69

adhesividad los días 1 y 2 se encuentran por debajo del límite inferior mientras que los valores de adhesividad de los días 3, 4 y 8 se encuentran por encima del límite superior. Solo son similares los valores de la adhesividad de la miga del pan producidos los días 6 y 7. Asimismo aquellos panes como los producidos en el día 1 y 2 son los que presentan mayor adhesividad que el resto de las producciones.

El análisis de anova de un factor de los valores de la adhesividad de la miga del pan de las ocho producciones se obtiene un p -valor $\leq 0,05$ indicando que existen diferencias significativas de los resultados de la adhesividad de una producción a otra.

Al realizar el análisis de clusters con los resultados de las propiedades reológicas de la corteza y miga del pan de agua, producido en los ocho días de la panadería seleccionada y utilizando el método del vecino más cercano, se forman dos grupos homogéneos y que se correlacionan entre sí (Gráfico11). Esto indica que el 75% de los panes producidos en los ocho días tienen características similares a pesar que no hay control de la temperatura en el proceso de los mismos y que el proceso de elaboración es totalmente artesanal.

CONCLUSIONES

El pan agua producido por las seis las panaderías de Pamplona difieren en la firmeza de la corteza y en las propiedades reológicas de la miga exceptuando la cohesividad.

El pan de agua producido en Pamplona tiene las siguientes características reológicas firmeza 16,66N, dureza 15,38N, dureza 2 4,79N, cohesividad 0,31; elasticidad 4,79mm, gomosisidad 1,70 N, masticabilidad 1,05 Kgf.mm y adhesividad -0,33 Kgf.mm.

El pan de agua producido por la panadería seleccionada se caracteriza por una firmeza de 19,14N, dureza (1) 11,64N, dureza (2) 10,0N, cohesividad 0,43, elasticidad 12,46mm, gomosisidad 5,13N, masticabilidad 6,81Kgf.mm y adhesividad -0,213 Kgf.mm.

La producción de pan de agua elaborado en la panadería seleccionada presenta propiedades reológicas (corteza y miga) similar durante los ocho días de análisis en un 75% de las producciones.

BIBLIOGRAFIA

AACC. 1995a. Method 74-09. Bread firmness by Universal Testing Machine, in Approved Methods of the AACC, 9thedn, vol II, American Association of Cereal Chemists.

AACC.1995b. Method 74-10. Staleness of bread, Compression test with Baker Compressimeter, in Approved Methods of the AACC, 9thedn, vol II, American Association of Cereal Chemists.

ABDELLATIF, A. Mohamed; DUARTE, P ; RAYAS, R.L. ; Shogren and D.J. Sessa. 2006. Low carbohydrates bread: Formulation, processing and sensory quality. *Food Chemistry*, 99,(4):686-692p.

AMITA, R.K. and MADAMWAR, Datta. 2006. Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus foetidus*. *Bioresource Technology*, 9,(16): 2047-2053 p

BÁRCENAS, María Eugenia; ROSELL, Cristina.2006. Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread. *Food Chemistry* 95:438–445p

BÁRCENAS, María Eugenia; BENEDITO, Carmen; ROSELL, Cristina. 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in



interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids* 18: 769–774p.

BOLLAÍN, Clara; ANGIOLONI, Alessandro and COLLAR, Concepción. 2006. Relationships between dough and bread viscoelastic properties in enzyme supplemented wheat simples. *Journal of Food Engineering* , 7: 665–671p.

BOURGEOIS, C.M.; LARPENT, J.P. 1995.Microbiología Alimentaría II: Fermentaciones Alimentarias. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

CABALLERO, P.A. ; GOMEZ, M. and ROSELL, C.M. 2007. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *Journal of FoodEngineering* 81: 42–53p.

CABALLERO, P.A.; GOMEZ, M. and ROSELL, C.M. 2007.Mejora de la calidad del pan mediante adición de transglutaminasa. Laboratorio de Cereales, Instituto de Agroquímica y Tecnología de alimentos. Valencia. España. 874p.

CAUVAIN, S.P.; CHAMBERLAIN, N.; COLLINS, T.H. and DAVIES, J.A. 1983. The distribution of dietary fibre and baking quality among mill fractions of CBP flour.FMBRA Report N°105, July.CCFRA, Chipping Campdem, UK.

CAUVAIN P, Stanley y YOUNG S, Linda.2002. Fabricación de pan. Editorial Acribia. Zaragoza (España): 29, 72,292, 297p.

COLLAR, C.; BOLLAÍN, C.; ANGIOLONI, A. 2005. Significance of microbial transglutaminase on the sensory, mechanical and crumb grain pattern of enzyme supplemented fresh pan breads. *Journal of*

Food Engineering.70, (4): 479-48p.

CORNFORD, S.J. 1969. Volume and firmness measurements in bread and cake. FMBRA report N°25. May.CCFRA, Chipping Campdem, UK.

FLANDER, L.M. 2007.Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality.*LWT*40 860–870p.

GIANNOU, Virginia and TZIA, Constantina. 2007. Frozen dough bread: Quality and textural behavior during prolonged storage – Prediction of final product characteristics. *Journal of FoodEngineering* 79, 929–934p.

KATINA, K. ; R.L, Heiniö ; K, Autio and K, Poutanen. 2006. Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT - Food Science and Technology* 39, (10), 1189-1202p.

KATINA, M. ; R, Partanen ; P, Forssell and K, Autio. 2006.Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread .*LWT - Food Science and Technology*, 39,(5), 479-491p.

LEON E, Alberto; DURAN, Encarnaand BENEDITO DE BARBER, Carmen. 2002. Utilization of enzyme mixtures to retard bread crumb firming.*J. Agric. Food Chem*,50,(6) 1417-1419p.

MADRID, A.; CENZANO, I. 2001. Nuevo Manual de Industrias Alimentarias. Ed.AMV-Mundi- Prensa, Madrid.

MANDALA, I.G. and SOTIRAKOGLU, K. 2005.Effect of frozen storage and microwave reheating on some physical attributes of fresh bread containing hydrocolloids.*Food Hydrocolloids* (19), 709–719p.



MATZ, S.A. 1996. Ingredients for Baking. Ed. Pan- Tech. Internacional, Texas.

MESAS, J.M.; ALEGRE, M.T. 2002.El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 3, (5), 307-313 p.

PALACIOS, Hernán R.; SCHWARZ, Paul B. and D'APPOLONIA, Bert L. 2004.Effects of α -Amylases from Different Sources on the Firming of Concentrated Wheat Starch Gels: Relationship to Bread Staling.*J. Agric. Food Chem.*, 52, 5987-5994p.

PATEL, B.K.; R.D, Waniskab; K, Seetharaman. 2005. Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in breadcrumb. *Journal of Cereal Science*, 42:173–184p.

ROUDOT, Alain Claude.2.004.Reología y análisis de la textura de los alimentos. Editorial Acibia. Zaragoza (España). 49, 69,117, 173, 182p.

ROUILLE A, Le Bail and P, Courcoux. 2000. Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*, 43, (4), 197-203p.

SHITTU, T.A; RAJI, A.O; SANNI, L.O. 2007. Bread from composite cassava-wheat flour: I. Effect of baking time and temperature on some physical properties of bread loaf. *Food Research International*, 40, 280–290p.

SIDHU, J.S.; AL-SAQER, J. and AL-ZENKI, S. 1997.Comparison of methods for the assessment of the extent of staling in bread.*Food Chemistry*, 58, (1-2), 161-167p.

STETSER, C.S. 1993. Sensory evaluation, in *Advances in Breadmaking Technology* B.J.

Kamel and C.E. Stauffer, Chapman Hall, London.

SZCZESNIAK, A.S. 1963a.Classification of textural characteristics.*Journal of Food Science*, 28, July-Aug, 385- 390p.

SZCZESNIAK, A.S. 1963b.Objective measurement of food texture.*Journal of food Science*, 28, July, 410-420p.

SZCZESNIAK, A.S. 1972. Instrumental methods of texture measurement.*Food Technology*, 26, Jan, 50 -56, 63p.

TEJERO, F. 1992- 1995. Panadería Española (2Vol). Editorial Montagud, Barcelona, España.

WANG, Rong; ZHOU, Weibiao; MIA, Isabelle.2007. Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation. *Food Research International*, 40, 470–479p.

WANGA, Jinshui; ROSELL, Cristina and BENEDITO DE BARBER, Carmen. 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry* 79, 221–226p.

YUNG-SHIN, Shyu; HWANG, Jean-yu and CHENG-KUANG, Hsu.2007.Improving the rheological and thermal properties of wheat dough by the addition of γ -polyglutamic acid.*LWT - Food Science and Technology*, Available online.

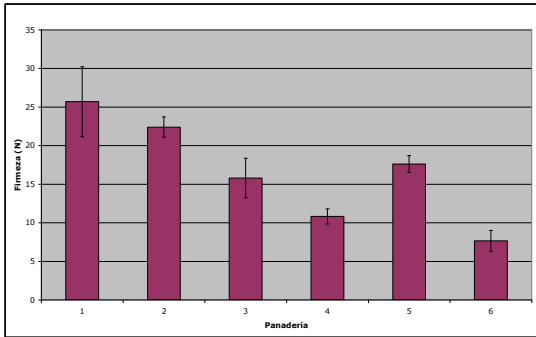


Grafico 1. Firmeza del pan de agua producido por las seis panaderías

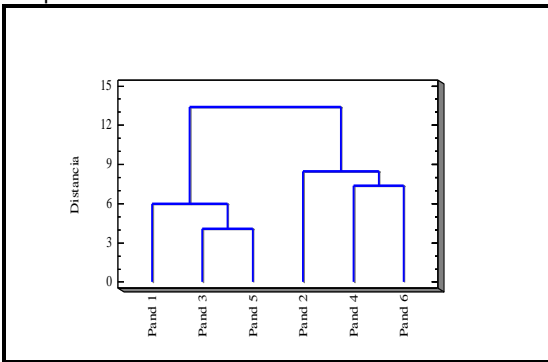


Grafico 2. Dendrograma para las características reológicas del pan de agua de las diferentes panaderías

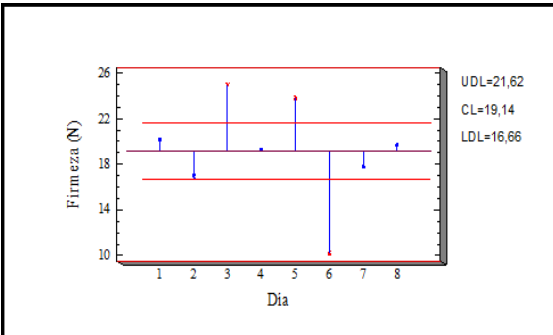


Grafico 3. Análisis de medias para la firmeza del pan de agua
UDL: Límite superior. CL: promedio. LDL: Límite inferior

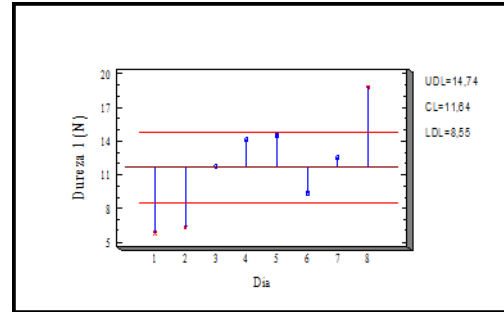


Grafico 4. Análisis de medias para la dureza 1 del pan de agua
UDL: Límite superior. CL: promedio. LDL: Límite inferior

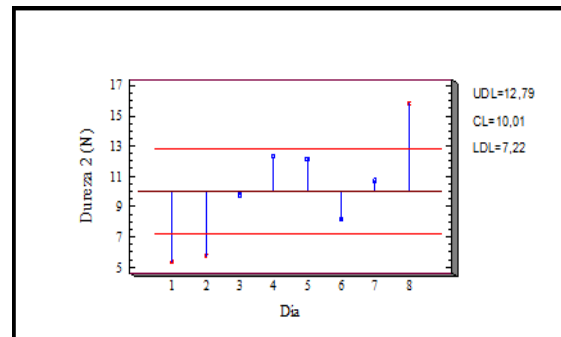


Grafico 5. Análisis de medias para la dureza 2 del pan de agua
UDL: Límite superior. CL: promedio. LDL: Límite inferior

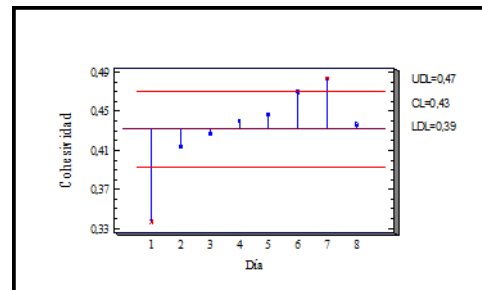


Grafico 6. Análisis de medias para la cohesividad del pan de agua
UDL: Límite superior. CL: promedio. LDL: Límite inferior

73

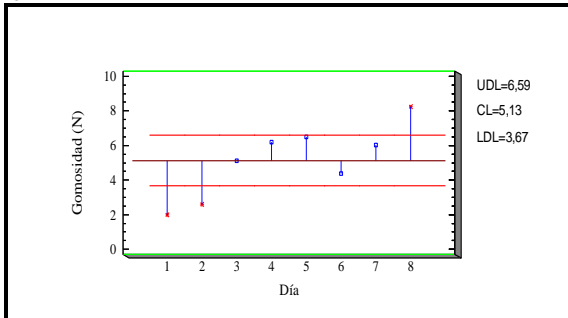


Gráfico 7. Análisis de medias para la gomosis del pan de agua
UDL: Límite superior. CL: promedio. LDL: Límite inferior

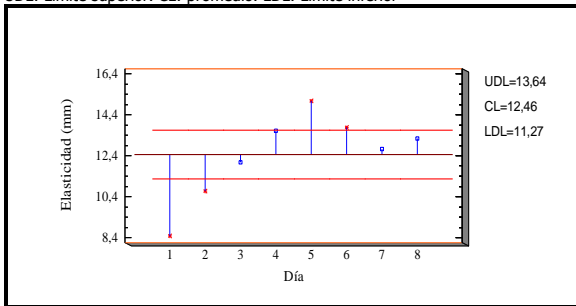


Gráfico 8. Análisis de medias para la elasticidad del pan de agua
UDL: Límite superior. CL: promedio. LDL: Límite inferior

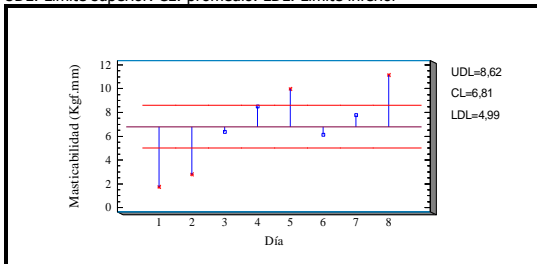


Gráfico 9. Análisis de medias para la masticabilidad del pan de agua
UDL: Límite superior. CL: promedio. LDL: Límite inferior

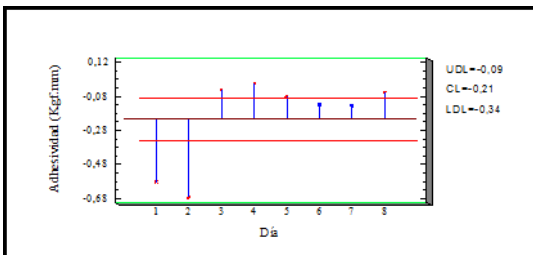


Gráfico 10. Análisis de medias para la adhesividad del pan de agua
UDL: Límite superior. CL: promedio. LDL: Límite inferior

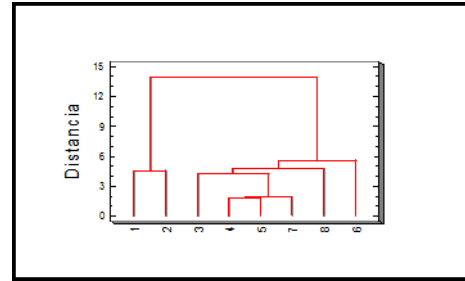


Gráfico 11. Dendograma para las características reológicas del pan de agua de las diferentes producciones

**Tabla 1.** Resultados estadísticos del perfil de textura del pan de agua de las diferentes panaderías

Nº panadería	Dureza 1 (N)	Dureza 2 (N)	Cohesividad	Elasticidad (mm)	Gomosidad (N)	Masticabilidad (Kgf.mm)	Adhesividad (Kgf.mm)
01	6,50 ± 0,38 ^a	5,72± 0,32 ^a	0,32± 0,02	5,55± 0,06 ^a	2,08± 0,10 ^a	1,19±0,04 ^a	-0,21±1,15E-02 ^a
02	4,30 ± 0,12 ^b	3,78±0,19 ^b	0,27± 0,01	3,72± 0,66 ^b	1,21± 0,07 ^b	0,47±0,096 ^a	-0,26±4,04E-02 ^a
03	6,09 ± 0,95 ^a	5,40± 0,68 ^a	0,32± 0,02	6,04± 0,78 ^a	1,92± 0,17 ^c	1,21± 0,19 ^a	-0,38±6,08E-02 ^b
04	5,03 ± 0,69 ^b	4,38± 0,56 ^b	0,31± 0,02	3,69± 0,59 ^b	1,58± 0,33 ^c	0,61± 0,21 ^a	-0,27±9,86E-02 ^a
05	6,34 ± 0,39 ^a	5,80± 0,28 ^a	0,33± 0,02	6,44± 0,63 ^a	2,12± 0,16 ^a	2,24±1,34	-0,38±1,15E-02 ^b
06	4,03 ± 0,72 ^b	3,65± 0,55 ^b	0,32± 0,05	4,35± 0,29 ^b	1,28± 0,18 ^b	0,58±0,11 ^a	-0,46±3,60E-02 ^b
p-valor	0,001	0,000	0,389	0,000	0,000	0,020	0,001

n=10 . *p* ≤ 0,05 Diferencias Significativas. Letras iguales no existen diferencias significativas columnas.