

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



ESTUDIO DEL EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL SUBPRODUCTO DE LA ELABORACIÓN DE HORCHATA SOBRE LA CALIDAD DE BASES DE PIZZA PREHORNEADAS Y CONGELADAS.

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNA: Dña. Clara de Lucas Tordesillas

TUTOR: D. Raúl Grau Meló

DIRECTOR EXPERIMENTAL: Dña. Cecibel Alava Pincay

Curso Académico: 2016/2017

VALENCIA, 28 de Julio



ESTUDIO DEL EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL SUBPRODUCTO DE LA ELABORACIÓN DE HORCHATA SOBRE LA CALIDAD DE BASES DE PIZZA PREHORNEADAS Y CONGELADAS.

En el presente estudio se ha evaluado el efecto de la incorporación de dos tipos de salsa modelo, una acuosa (tomate) y una grasa (nata), y del tiempo de horneado (segundo horneado) sobre bases de pizza prehorneadas y congeladas que han sido elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina procedente del subproducto de la elaboración de horchata. Para ello se acondicionó el subproducto obteniendo dos harinas que se incorporaron a la elaboración de bases de pizza, sustituyendo la harina de trigo en un 20 %, a partir de estudios anteriores. Las variables que se evaluaron fueron la adición de dos tipos de salsas, en función del grado de grasa de éstas, y el tiempo de horneado sobre el producto final horneado. Los resultados obtenidos han mostrado como el tipo de salsa adicionada a la pizza influye sobre las características de éstas, fundamentalmente debido al contenido de agua. Si bien la incorporación de salsa de tomate incrementa inicialmente el contenido en agua, son las elaboradas con nata las que al final presentan mayor cantidad de agua, generando pizzas más blandas, pero sensorialmente mejor valoradas dado que la nata enmascara la fibra añadida. Así mismo, el tiempo de horneado resultó ser muy influyente, pudiéndose establecer en base al estudio un tiempo aproximado de entre 15 y 20 minutos de segundo horneado. Finalmente, la utilización de distintos formatos de harina procedentes del subproducto de la elaboración de horchata genera cambios con respecto a pizzas elaboradas solo con harina de trigo, si bien en base a las respuestas dadas por los catadores, el uso del subproducto triturado los minimiza.

Palabras clave: Base de pizza prehorneada y congelada, subproducto de la elaboración de horchata, harina de trigo, pizza, tiempo de horneado, salsa, tamaño de partícula.

EFFECT OF THE INCORPORATION OF THE BY-PRODUCTS OF HORCHATA ELABORATION ON THE QUALITY OF PRE-BAKED AND FROZEN PIZZA BASES.

In the present work we study the effect of the incorporation of two types of model sauce, an aqueous (tomato) and a fat (cream), and the time of baking (second baking) on pre-baked and frozen pizza bases which have been made with partial substitution of wheat flour for flour from the by-product of horchata elaboration. In order to do this, the by-product was prepared to obtain two flours that were incorporated in the production of pizza bases. These two flours replaced wheat flour by 20% and the amount of replacement was built on previous studies. The evaluated variables were the addition of two types of sauces, depending on the degree of fat of these, and the time of baking on the final baked product. The results obtained have shown how the type of sauce added to the pizza influences the characteristics of these, mainly due to the water content. Although the incorporation of tomato sauce initially increases the water content, it is the ones made with whipped cream that in the end present a greater amount of water, generating softer pizzas, but despite of this, being better valued in the sensory analysis since the cream masks the added fiber. Also, the baking time was very influential, we were able to establish based on the study an approximate time of between 15 and 20 minutes of cooking. Finally, the use of different forms of flour from the by-product of horchata elaboration generates changes with respect to pizzas made only with wheat flour, although based on the answers given by the tasters, the use of the crushed by-product minimizes them.

Palabras clave: pre-baked and frozen pizza base, by-product of horchata elaboration, wheat flour, pizza, time of baking, sauce and particle size.

Titulación: Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Curso académico: 2016/2017

Alumna: Clara de Lucas Tordesillas

Tutor: Prof. D. Raúl Grau Melo

Directora experimental: Cecibel Alava Pincay

Valencia, julio de 2017.

Índice general

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Objetivos | 4 |
| 2.1 Objetivo general..... | 4 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 3. Materiales y Métodos | 4 |
| 3.1 Materias primas. | 4 |
| 3.2 Acondicionamiento del subproducto de la elaboración de horchata..... | 4 |
| 3.3 Formulación y proceso de elaboración de las bases de pizza preheadas y congeladas. | 5 |
| 3.4 Elaboración de las pizzas a partir de las bases congeladas..... | 6 |
| 3.5 Análisis realizados | 7 |
| 3.5.1 Variación de peso | 7 |
| 3.5.2 Análisis de imagen..... | 7 |
| 3.5.3 Análisis de color..... | 7 |
| 3.5.4 Análisis de textura | 8 |
| 3.5.5 Actividad de agua | 8 |
| 3.5.6 Humedad | 8 |
| 3.5.7 Análisis sensorial | 8 |
| 3.5.8 Análisis estadístico | 9 |
| 4. Resultados | 9 |
| 4.1 Variación de peso..... | 9 |
| 4.2 Humedad y Actividad de agua..... | 10 |
| 4.3 Análisis de textura | 12 |
| 4.4 Análisis de color..... | 14 |
| 4.5 Análisis de imagen..... | 17 |
| 4.6 Análisis sensorial | 19 |
| 5. Conclusión | 21 |
| 6. Bibliografía | 21 |

Índice de tablas

- Tabla 1.** Elasticidad, cohesividad y resiliencia para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Diferentes letras en cada columna representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate 14
- Tabla 2.** Media para los valores de color de los parámetros L*, a* y b* de las bases de pizzas elaboradas con las diferentes formulaciones. Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A =nata; salsa B =tomate 15

Índice de figuras

- Figura 1.** Subproducto de la elaboración de horchata 5
- Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las pizzas 6
- Figura 3.** Muestras de pizza (minipizzas) elaboradas para la cata con salsa A (izquierda) y B (derecha) 9
- Figura 4.** Pérdida de peso al final del proceso de horneado para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Diferentes letras en cada barra representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate. 10
- Figura 5.** Relación entre la actividad de agua y la humedad para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas con salsa A. Las barras muestran la desviación estándar. Salsa A = nata 11
- Figura 6.** Relación entre la actividad de agua y la humedad para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas con salsa B. Las barras muestran la desviación estándar. Salsa B = tomate 11
- Figura 7.** Dureza para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras en cada barra representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate. 12
- Figura 8.** Gomosidad para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras en cada barra representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate. 13
- Figura 9.** Masticabilidad para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras en 13

cada barra representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate.

- Figura 10.** Índice de pardeamiento para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate. 16
- Figura 11.** Índice de blancura para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate. 17
- Figura 12.** El espectro total de escala de grises para las muestras con salsa A. 18
- Figura 13.** El espectro total de escala de grises para las muestras con salsa B. 18
- Figura 14.** Pizzas elaboradas con salsa de B (A=HT 15; C=XBT 15) y salsa A (B=HT 15; D=XBST 15). 18
- Figura 15.** Análisis sensorial de las bases de pizza elaboradas con salsa A. 20
- Figura 16.** Análisis sensorial de las bases de pizza elaboradas con salsa B. 20

1. Introducción

La industria alimentaria ha ido cambiando en los últimos años debido a las actuales tendencias de consumo. Hoy en día solo el 60% de todas las comidas se preparan y consumen en el hogar, en gran medida por el ritmo de vida y el aumento del número de progenitores que trabajan, lo que se traduce en menos tiempo para cocinar. Por tanto, se ven favorecidas aquellas empresas capaces de desarrollar alimentos que sean saludables y fáciles de consumir.

En España a través de un estudio del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente puesto en marcha en 2016, se establece que salud, tradición y comodidad son los tres ejes que explican el tipo de platos consumidos en los hogares españoles. Los consumidores buscan una dieta sana y equilibrada, recurriendo a modos de preparación más saludables y a platos ligeros como ensaladas, sin renunciar al placer y la comodidad, fomentando el consumo de platos como la pizza, que se sitúa como el segundo plato más recurrente con un 5,3% sobre el total ingestas, solo superada por la ensalada verde presente en el 11,5% de las ocasiones de consumo. Por lo que el mercado de pizza en Europa, América y otros continentes ha ido creciendo a un ritmo sin precedentes, y se espera que aumente aún más en la próxima década en respuesta al aumento de la población (Lemki y Ferris, 2001).

La pizza es uno de los platos italianos más famosos del mundo debido a su simplicidad, gusto y valor nutricional y además es un producto que está disponible todo el año. Tradicionalmente es una masa redonda hecha al horno que se cubre con salsa de tomate y queso mozzarella. El mercado actual ofrece una amplia gama de pizzas ya preparadas o bases de pizza prehechas y congeladas para hacer tu propia pizza en casa.

La producción de productos prehechos y congelados, es un mercado relativamente nuevo en el que los consumidores esperan que la calidad y características sensoriales del producto no difieran mucho de sus homólogos frescos. El uso de masa congelada ahorra tiempo, espacio y equipo, y a pesar de los costes adicionales de congelación, transporte y almacenamiento en congelación, es un producto común tanto en los hogares como en los restaurantes. De hecho, la pizza congelada tiene la mayor penetración entre todos los alimentos preparados congelados, representando el mercado de ésta aproximadamente el 19% de las ventas de los alimentos preparados (Montgomery, 1969). En este tipo de productos, la cocción es un proceso clave ya que produce cambios en las características de calidad: color, usado para juzgar la finalización del proceso de cocción (Wade, 1988); forma y textura, pues el aumento de la longitud y las reducciones en el grosor y el peso de los productos horneados están fuertemente correlacionados con las concentraciones de azúcar, grasa, agua y proteína, y por lo tanto, con el sabor (Maache-Rezzoug *et al.*, 1998). La tasa de cambios de estos parámetros depende de los ingredientes utilizados en la masa, así como el ambiente de cocción (temperatura y tiempo).

Estudios publicados por Silvano *et al.*, 2006 indican que las pizzas son productos con alto valor nutricional pues ofrecen una buena fuente de proteínas, carbohidratos complejos, vitaminas y minerales. En el artículo publicado por Singh y Goyal (2010) apuntan que el contenido de proteína de la pizza a menudo se encuentra alrededor del 10-14%, y como procede de los quesos y las carnes, dicha proteína es de alta calidad nutricional, lo que es importante para los

niños en crecimiento; que el contenido de grasa de la mayoría de las pizzas rara vez supera el 10%, siendo el aceite de oliva, utilizado comúnmente en la formulación de la pizza, buena fuente de grasas poliinsaturadas; y que los carbohidratos complejos de los que consta son principalmente de almidones, por lo que es una buena fuente de energía. Por otro lado, las pizzas tienden a ser bajas en contenido de fibra, esto se debe al tipo de harina que se utiliza comúnmente en la fabricación de la masa. Cuando en lugar de trigo se utiliza harina de grano múltiple, sin embargo, se puede mejorar significativamente el contenido de fibra de la pizza (Ghosh y Kanawjia, 1986).

En el mercado altamente competitivo de hoy en día, no sólo basta con alcanzar unos estándares de rendimiento, las empresas deben invertir en calidad e innovación para satisfacer las expectativas de los consumidores, si quieren alcanzar el éxito.

La calidad de la pizza depende de la base, la salsa y los toppings incorporados en la cobertura, tres atributos de calidad importantes creados a partir de experiencias pasadas que influyen en el juicio de los consumidores (Dubose Y Cardello, 1980; Christensen, 1983). La base de la pizza comprende el 55 % del peso de la pizza (Lehmann y Dubois, 1980). La mayoría de los fabricantes de pizzas han establecido normas rigurosas para el tamaño y forma de bases de pizza, pues ningún consumidor concibe una forma distinta a la redonda. La salsa puede ser una parte de la firma de la pizza (Burg, 1998). Hay que establecer la cantidad añadida, la forma de incorporarla y que esta incorporación sea lo más homogénea posible, ya que poca salsa o mal esparcida podría tener efectos negativos sobre los consumidores. El aspecto más atractivo de una pizza es su cobertura. Se pueden utilizar un sinnúmero de ingredientes diferentes, quesos, carnes y/o verduras son los más utilizados. Desde el punto de vista de la calidad visual, se considera que el topping tiene una conexión con la cultura local y muestra la imaginación de los fabricantes de pizzas (Burg, 1998, Matz, 1989). La cantidad y la distribución de los ingredientes en una pizza tendrán un gran efecto en la percepción de calidad y probabilidad de compra de los clientes. Además, estas coberturas aportan valor añadido en el sabor, la rentabilidad y los aspectos nutricionales.

En los últimos años, existe un interés creciente en la utilización de los tubérculos en la tecnología de alimentos, destacando particularmente sus posibles efectos beneficiosos para la salud, como son la prevención de problemas de circulación sanguínea, y cancerígenos (Pascual-Seva *et al.*, 2013). Recientemente se ha detectado a nivel mundial un aumento del interés por el cultivo de la chufa, probablemente debido a la popularidad internacional de la horchata que ha conquistado otros países como Francia, Gran Bretaña y Argentina. En España se ha cultivado este tubérculo desde hace trece siglos, cuando llegó con las invasiones islámicas y más de la mitad de su cosecha anual se destina a la elaboración de horchata, un refresco típico valenciano que es consumido principalmente en la época estival.

La chufa se ha ganado un sitio en el mercado gracias a que su aporte es rico en hidratos de carbono. El mayor porcentaje corresponde al almidón; lípidos, con un perfil de ácidos grasos similares al aceite de oliva; proteínas, la fracción mayoritaria es la albúmina; minerales, destacando potasio, fósforo y calcio; vitamina E y C y fibra (Sánchez-Zapata *et al.*, 2012). Varios estudios realizados sobre los beneficios que tiene la fibra de chufa están centrados en el tratamiento y la prevención de enfermedades tales como cáncer de colon o embolias, debido a

que su ingesta supone una menor cantidad en sangre de colesterol-LDL, colesterol-HDL y triglicéridos (Anderson y Akanji, 1991; Trowel, 1975). Lo cual resulta muy interesante pues en los últimos años ha disminuido el consumo de fibra debido a la menor ingesta de semillas, cereales integrales, raíces, tubérculos y frutas (Martínez y García, 2001), lo que está relacionado con el aumento progresivo de enfermedades degenerativas en las sociedades desarrolladas (Burkitt *et al.*, 1974). El enriquecimiento en fibra de los productos por parte de las industrias de alimentos favorece la ingesta de una dieta rica en fibra, que es aconsejable desde muy temprana edad, pues a la larga un estilo de vida saludable ayuda a controlar otros factores de riesgo. Además, la disminución de la diabetes y desórdenes gastrointestinales se produce en poblaciones que ingieren alimentos con alto contenido en fibra (Ade-Omowaye *et al.*, 2008 y Anderson *et al.*, 1994).

La industria alimentaria, de la que forma parte la industria elaboradora de horchata, genera constantemente una gran cantidad de subproductos que no son aprovechados o se utilizan para una alimentación animal u otros fines, como compost o material de combustión. Se puede considerar subproducto a todo producto no principal obtenido en un determinado proceso y que tiene o puede tener determinadas aplicaciones o aprovechamientos, de forma que lo que para una industria es un subproducto para otra puede constituir una materia prima, obteniendo a su vez un producto principal (Muñoz *et al.*, 2013). Algunos de estos subproductos son ricos en determinados nutrientes o sustancias, pero se eliminan por fines de producción o comerciales, lo que los convierte en una alternativa económica para la elaboración o enriquecimiento de otros alimentos. El aprovechamiento de estos subproductos puede servir para obtener un valor añadido de los productos donde podrían incluirse, mejorando sus características sensoriales, equilibrándolos en cuanto a las necesidades nutritivas, así como elaborando alimentos funcionales (Mateos *et al.*, 2008). Apoyándose en esto, se han desarrollado numerosas investigaciones sobre productos derivados de la chufa y sus aplicaciones (Pascual *et al.*, 2000a), entre las que destacan: su adición como fuente de fibra o saborizante, su utilización como aceite de alta calidad sustitutivo del aceite de oliva o como fuente de almidón, incluso tiene utilidad como combustible biodiesel. Actualmente, la harina de chufa se está empezando a utilizar en repostería, pastas, snacks y panadería, debido a la cantidad de beneficios que conlleva su uso: es un ingrediente perfecto en alimentos para celíacos, ya que está libre de gluten; para diabéticos, ya que no requiere nada o casi nada de azúcar extra y sus propiedades naturales controlan el nivel de glucosa en la sangre (TIGERNUTS); presenta una relativamente elevada capacidad antioxidante, debido a su contenido en glucósidos flavonoides solubles en agua (Cook *et al.*, 1998); y por su alto contenido en fibra, 8-15g/100 (Alegría-Torán y Farré-Rovira, 2003).

La sustitución de harina de trigo por una harina proveniente del subproducto de la elaboración de horchata, presenta un reto a nivel tecnológico al disminuirse el contenido de gluten. Por tanto, es necesario analizar las características fisicoquímicas y el comportamiento del producto una vez finalizado, pues de nada sirve añadir valor al producto, gracias a los beneficios en la salud derivados de la incorporación de fibra u otros nutrientes, si no se mantiene la aceptabilidad del producto por parte del consumidor, que busca una dieta sana y equilibrada, recurriendo a modos de preparación más saludables y a platos ligeros como ensaladas, sin renunciar al placer y la comodidad, que encuentra en productos como la pizza.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general.

Evaluar el efecto de la incorporación de dos tipos de salsa modelo, una acuosa (tomate) y una grasa (nata), así como del tiempo de horneado (segundo horneado) sobre bases de pizza prehechas y congeladas que han sido elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina procedente del subproducto de la elaboración de horchata.

2.2 Objetivos específicos.

Para la consecución del objetivo general se fijaron los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el efecto del tiempo de horneado.
- Evaluar el tipo de salsa.
- Evaluar diferentes formatos de harina procedente del subproducto de la elaboración de horchata.

3. Materiales y Métodos

3.1 Materias primas.

Para la elaboración de las bases de pizza se utilizaron como materias primas: harina de trigo (Molí del Pico-Harinas Segura S.L. Valencia, España), el subproducto de la elaboración de horchata obtenido de una empresa elaboradora de horchata, agua potable, azúcar blanco (Sociedad Cooperativa General Agropecuaria, ACOR), sal fina seca (Salinas del Odiel, S.L. Huelva), aceite de girasol (La Masía, Oleomasia S.A, Sevilla) y levadura fresca (Levital. Lesaffre Iberica S.A.).

Además, para la elaboración del producto final se utilizó una salsa de tomate (El Cidacos, S.A.) o de nata ligera para cocinar (Iparlat S.A.).

3.2 Acondicionamiento del subproducto de la elaboración de horchata.

Previo a la elaboración de las bases de pizza, el subproducto de la horchata (figura 1) se trató con el fin de obtener dos tipos diferentes de harina en función de su granulometría.

- La primera harina fue obtenida tras el tamizado del subproducto proporcionado por la empresa, empleando un tamiz de malla de 0,8 mm. A esta harina se le denominó XBST. La finalidad del tamizado fue obtener solo la parte del subproducto que presenta color blanquecino.
- La segunda fue obtenida a partir de la primera triturándola para valorar el efecto del tamaño de las partículas. A esta harina se le denominó XBT.



Figura 1. Subproducto de la elaboración de horchata.

3.3 Formulación y proceso de elaboración de las bases de pizza preheadas y congeladas.

Para la realización del estudio se formularon tres tipos de bases de pizza. La primera, pizza control (HT), se elaboró solo con harina de trigo, mientras que en las dos restantes se sustituyó un 20% de la harina de trigo por las harinas XBST y XBT (estudios pendientes de publicación). La formulación utilizada para el control contenía harina de trigo (59,7 g), agua (28,4 g), aceite de girasol (8,6 g), levadura fresca (1,9 g), sal (0,9 g) y azúcar (0,5 g).

Para las bases de pizza con incorporación del subproducto en un porcentaje del 20%, el agua que se añadió fue recalculada mediante balances de materia manteniendo constante el ratio de extracto seco en comparación con el agua (1,44 g de solutos/g agua), dado que la cantidad de agua de las harinas del subproducto (44%) es diferente a la de trigo (13%).

El proceso de elaboración de las bases de pizza se muestra en la figura 2. Tras el pesado en una balanza (Kern 440 49N, Alemania) de los ingredientes, anteriormente citados, se realizó el mezclado, usando un robot de cocina Thermomix (Vorwerk S.A). Para ello se siguió este procesado: en primer lugar se incorporó el agua, el aceite de girasol, la sal y el azúcar y se homogeneizó durante 2 minutos a 500 rpm. A continuación, se le añadió la levadura y se homogeneizó durante 30 segundos más a la misma velocidad. Tras la incorporación de las harinas correspondientes a cada formulación, ésta se homogeneizó durante 2 minutos a 350 rpm, 2 min a 500 rpm y finalmente 5 minutos en posición trigo.

Una vez obtenida cada una de las masas, éstas se pasaron por una laminadora para formar una lámina de 2.5 mm de espesor ya que en estudios anteriores se había mostrado como el espesor más similar al de las pizzas comerciales una vez las masas habían fermentado. A partir de la lámina, y con un molde circular de diámetro 10 cm, se obtuvieron las bases circulares que fueron fermentadas durante 30 minutos en una cámara de fermentación de condiciones controladas (cámara de fermentación modelo KBF720, Binder, Tuttlingen, Germany) a una humedad relativa del 80% y temperatura de 38°C.

El primer horneado se llevó a cabo en un horno (Horno Fagor modelo 2CF-3V) durante 10 minutos a 150°C (condiciones establecidas en estudios previos). Después se atemperaron durante 10 minutos a temperatura ambiente y se empaquetaron en bolsas de plástico especiales para congelar, almacenándose en un congelador industrial a -18°C, durante un tiempo no inferior a 3 semanas.

3.4 Elaboración de las pizzas a partir de las bases congeladas.

Con el propósito de estudiar el producto finalizado, una vez sacadas las bases de pizza del congelador y tras un reposo de 10 minutos, se les añadió a cada una 7 g de salsa A (salsa de nata) o de salsa B (salsa de tomate), realizándose el segundo horneado a tres tiempos diferentes 15, 20 y 25 minutos. Una vez atemperadas las muestras, éstas fueron analizadas el mismo día. El diagrama de flujo del proceso de elaboración de las pizzas se muestra en la figura 2.

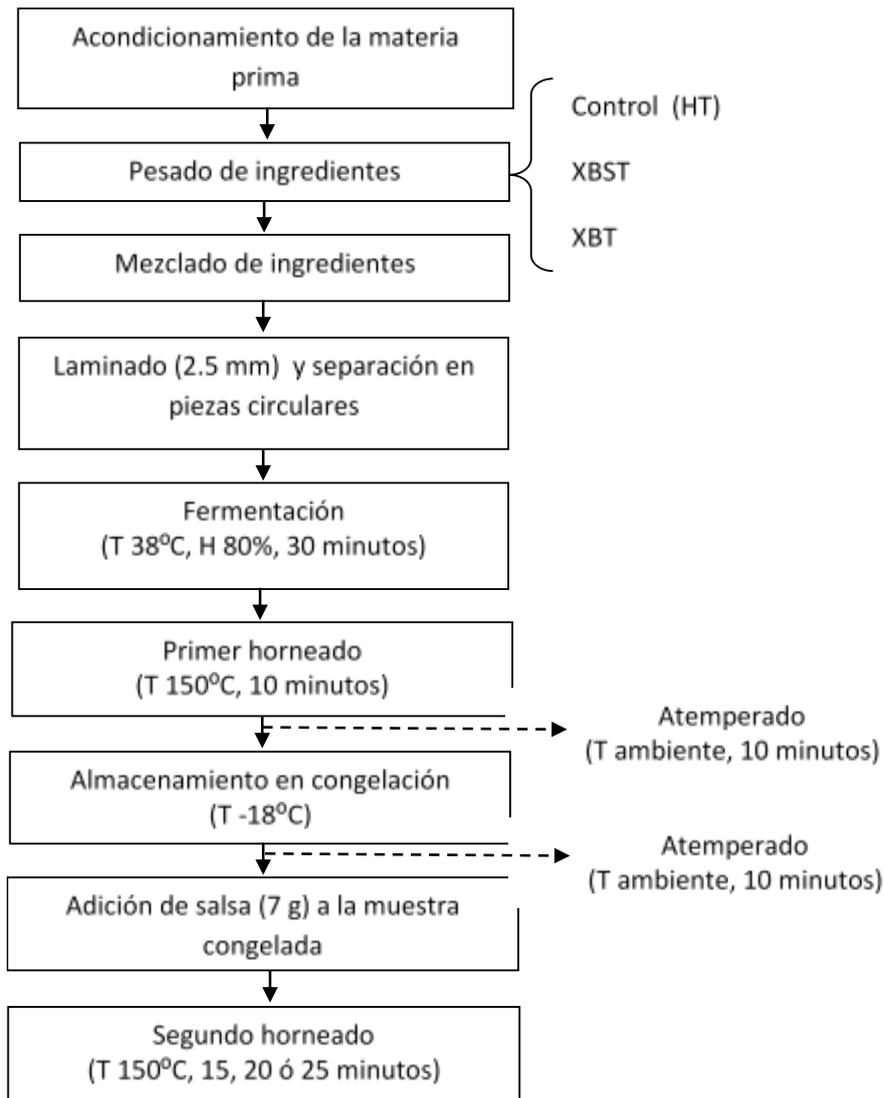


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las pizzas.

3.5 Análisis realizados

3.5.1 Variación de peso

Para evaluar la variación de peso (ΔMt) producida durante el segundo horneado se registró el peso de las muestras antes del horneado, una vez incorporada la salsa, y después de éste (tras atemperado).

A partir de los valores obtenidos se calculó la variación de peso mediante la ecuación 1.

$$\Delta Mt = \frac{M_t - M_o}{M_o} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Siendo M_o la masa de la pizza con la salsa añadida antes del segundo horneado y M_t la masa de la pizza después de éste (tras atemperado).

3.5.2 Análisis de imagen

Para evaluar la apreciación del color que genera la incorporación de la salsa sobre la totalidad de la pizza, y dado que repartir homogéneamente la salsa es muy complicado, este se evaluó a partir del análisis de imagen sobre capturas efectuadas sobre las pizzas.

Para ello se utilizó una cámara Web marca Logitech C920 HD, un iluminante compuesto por dos lámparas LED, un ordenador y el programa de procesamiento de imágenes Fiji (64 bit). La muestra se colocó a 15 cm frente a la cámara con el iluminante fijo a 45° en dirección a ella. Una vez obtenidas las imágenes y procesadas de forma que se eliminase el borde sin salsa, se determinó en escala de grises la proporción de estos en las imágenes. Para ello cada pizza fue fotografiada 4 veces.

3.5.3 Análisis de color

Para ver la incidencia de la incorporación del subproducto sobre la masa ya horneada, se determinó el color por la parte trasera de la muestra apoyándola sobre un soporte de forma que no se dañase. En este caso, dada la homogeneidad de la muestra a medir, se utilizó un colorímetro y no la técnica basada en análisis de imagen.

La medida de color se realizó efectuando 40 disparos al azar en cada una de las muestras con un espectrofotómetro Minolta CM-3600d (Minolta Cámara Co., Osaka, Japón). Para ello se utilizó un iluminante D65 y un observador estándar 10° (UNE 40-080, 1984). La determinación y expresión del color se efectuó en base a las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ y a los valores de reflectancia (CIE, 1976). A partir de los valores de L^* , a^* y b^* se obtienen los índices de marrón (B_i) y de blancura (W_i), con las ecuaciones 2 y 3 (Caivano y Buena, 2012).

$$B_i = (C^* - 0.31)/0.172 \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Siendo } C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$W_i = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Ecuación 3})$$

3.5.4 Análisis de textura

Para ver la incidencia de la incorporación de salsa en la masa se sacaron, con un molde circular de diámetro 3,5 cm, 3 submuestras del centro de cada pizzas, no incluyendo los bordes sin salsa.

La textura de las submuestras fue analizada en un texturómetro (Stable Micro Systems, Mod. Texture Analyzer –XR2, Godalming, Surrey UK). Se realizó un análisis TPA (Texture Profile Analysis). Las submuestras se comprimieron mediante un pistón de compresión de 50 kg (P/75) de 7,5 cm de diámetro con una velocidad de ensayo de 5,00 mm/s y deformación del 50%. El tiempo entre compresiones fue de 5 segundos. Los parámetros obtenidos fueron la dureza, la elasticidad, la cohesividad, la masticabilidad, la gomosidad y la resiliencia.

3.5.5 Actividad de agua

Para la determinación de la actividad de agua se utilizaron también solo aquellas partes de la pizza cubiertas con salsa. Para ello se utilizó el equipo de medida de la actividad de agua DECAGÓN Aqualab CX-2(Aqualab®, Pullman, WA, USA) basado en el punto de rocío, con una precisión de $\pm 0,003$, calibrado previamente con carbón activo.

Para cada tipo de muestra se realizaron 12 medidas.

3.5.6 Humedad

Las muestras para la humedad de las bases de pizza se prepararon desmenuzando en trocitos pequeños las submuestras utilizadas para la determinación de la actividad de agua.

Para determinar la humedad de las harinas empleadas y de las distintas bases de pizza formuladas se utilizó el método gravimétrico AACC 44-40 (AACC, 2009). Se usaron flaneras con aproximadamente 5 gramos de muestra que se introdujeron en la estufa a 130°C durante 48 horas. Ambas humedades se determinaron según la ecuación 4. En el caso de las pizzas, la muestra se obtuvo de la zona cubierta por salsa.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{m_S - m_R}{m_H - m_R} * 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Siendo m_H la masa del recipiente con la muestra de pizza, m_S la masa del recipiente con la muestra seca tras 48h en la estufa a 130°C, y por último m_R es la masa del recipiente.

Para cada tipo de muestra se realizaron 12 medidas.

3.5.7 Análisis sensorial

Para evaluar la aceptación de las bases de pizza elaboradas con sustitución del subproducto de la elaboración de horchata se realizó un análisis sensorial.

Con la finalidad de no influir sobre la opinión de los catadores, en la cata no se incluyeron las muestras control (HT), dado que lo que se pretende en la cata es obtener información sobre la aceptabilidad y no sobre la semejanza a un control. La cata se llevó a cabo en dos días

diferentes debido a que había que evaluar 6 muestras con salsa A (2 formulaciones con 3 tiempos diferentes de segundo horneado) y otras 6 muestras con salsa B en las mismas condiciones.

Para la realización de la cata se elaboraron minipizzas de 5 cm de diámetro (figura 3) que fueron codificadas con números aleatorios en función de la formulación, salsa y tiempo de segundo horneado. Las minipizzas fueron presentadas a los catadores templadas, tras ser introducidas en un horno durante 2 minutos a 80 °C. Los catadores evaluaron las muestras en base a seis atributos sobre el producto: aspecto global, color, textura al tacto, textura en boca, sabor y aceptación global; y en un escala hedónica del 1 al 10, siendo 1 "No me gusta nada" y 10 " Me gusta mucho". El número de encuestados en ambos días de cata fue de 24 personas.

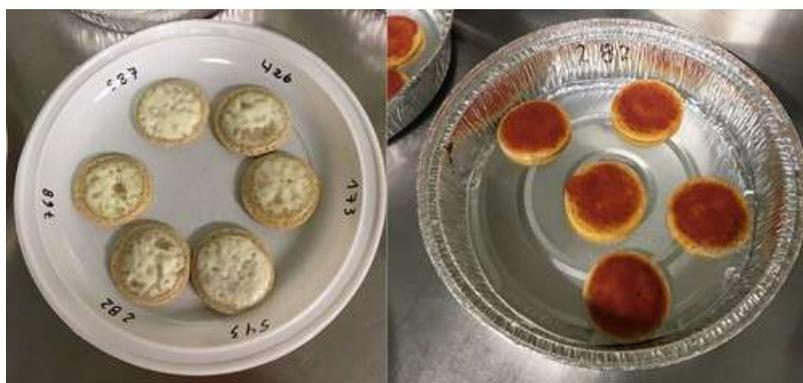


Figura 3. Muestras de pizza (minipizzas) elaboradas para la cata con salsa A (izquierda) y B (derecha).

3.5.8 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis estadístico de la varianza (ANOVA), evaluando las diferencias significativas entre los grupos de datos de las muestras estudiadas mediante el test LSD (Fisher's least significant difference). Para ello se utilizó Statgraphics (versión Centurion XVI.I, StatPoint Technologies, Inc.) con un nivel de significación del 95 % ($p < 0.05$).

4. Resultados

4.1 Variación de peso

En la figura 4 se observa como al aumentar el tiempo de horneado aumenta la pérdida de peso, siendo esta pérdida mayor para las pizzas con salsa B que con la A. Esta mayor pérdida puede ser atribuida a la mayor presencia de agua en la salsa B y al efecto barrera al secado que genera la grasa que contiene la salsa A.

En cuanto al tipo de harina, cuando se comparan las pizzas elaboradas con el subproducto con las pizzas control (HT), no se observan diferencias significativas entre las pizzas elaboradas con el subproducto XBST y estas últimas. En cambio, las pizzas elaboradas con la harina XBT y con

salsa A, sí presentaron estadísticamente una menor pérdida de peso en comparación con el control para ambos tiempos de horneado. En el caso de llevar incorporada la salsa B, solo evidenció una menor pérdida de peso las pizzas horneadas durante 20 minutos. La incorporación de la fibra facilita la retención de agua (Verdú *et al.*, 2017), si bien esta se incrementaría al triturar la fibra dado que aumentamos su superficie, lo que concuerda con que las pizzas elaboradas con harina XBT pierdan menos peso que las elaboradas con XBST. En cambio, estudios realizados por Estepa *et al.*, (2016) utilizando el mismo tipo de subproducto en la elaboración de snacks, se observó como todos aquellos elaborados con el subproducto presentaron mayores mermas que el control.

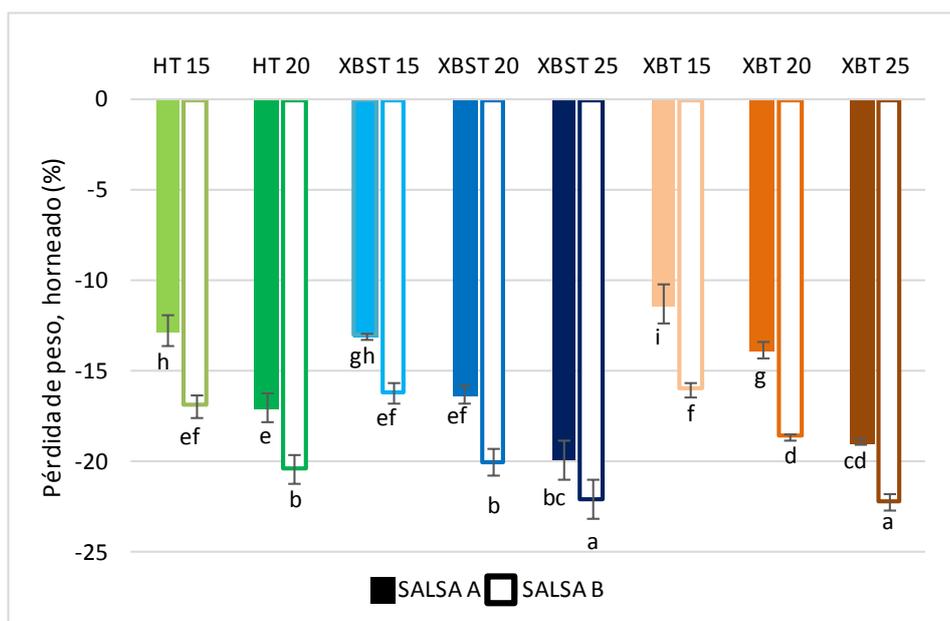


Figura 4. Pérdida de peso al final del proceso de horneado para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Diferentes letras en cada barra representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate.

4.2 Humedad y Actividad de agua

Las figuras 5 (salsa A) y 6 (salsa B) muestran la relación entre los valores de actividad de agua y la humedad de las muestras. Como se aprecia, en general al disminuir la humedad, como consecuencia del incremento en el tiempo de horneado, disminuye la actividad de agua, si bien no en todos los casos la relación muestra los mismos valores, lo que evidencia un efecto del tipo de subproducto utilizado. Así, observando fundamentalmente la figura 6 en la que el efecto subproducto es más acusado al ser la salsa utilizada más acuosa, las muestras con subproducto presentan valores de actividad de agua más bajos para un mismo valor de humedad, o para un mismo valor de actividad de agua, mayores valores de humedad que las control (HT). Como se ha comentado en el punto anterior, la presencia de fibra facilita la retención de agua, reduciendo las mermas durante el horneado de las pizzas, obteniendo productos con mayor contenido en agua, pero con valores bajos de actividad de agua. Además, este fenómeno es más acusado cuando el subproducto utilizado está triturado (XBT) dada la mayor superficie de fibra dispuesta, dado que la capacidad de retención de agua de la fibra

dietética se ve afectada por la procedencia de la fibra, la temperatura y el tamaño de la partícula de la fibra (Palasí *et al.*, 2015, Escudero y González, 2006).

Cuando se evaluó el efecto salsa, se observó como en general la incorporación de la salsa A genera pizzas con mayores valores de humedad y de actividad de agua. Si bien inicialmente la incorporación de la salsa A supone una menor incorporación de agua al sistema que la incorporación de la salsa B, la deshidratación que sufren estas pizzas es menor, por el efecto barrera de la grasa, lo que se traduce en pizzas con mayor cantidad de agua.

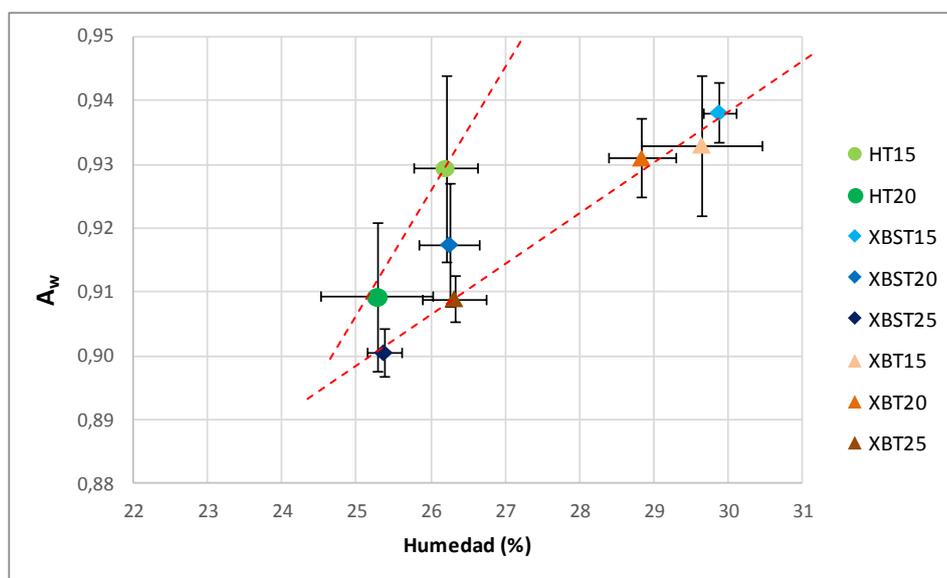


Figura 5. Relación entre la actividad de agua y la humedad para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas con salsa A. Las barras muestran la desviación estándar. Salsa A = nata.

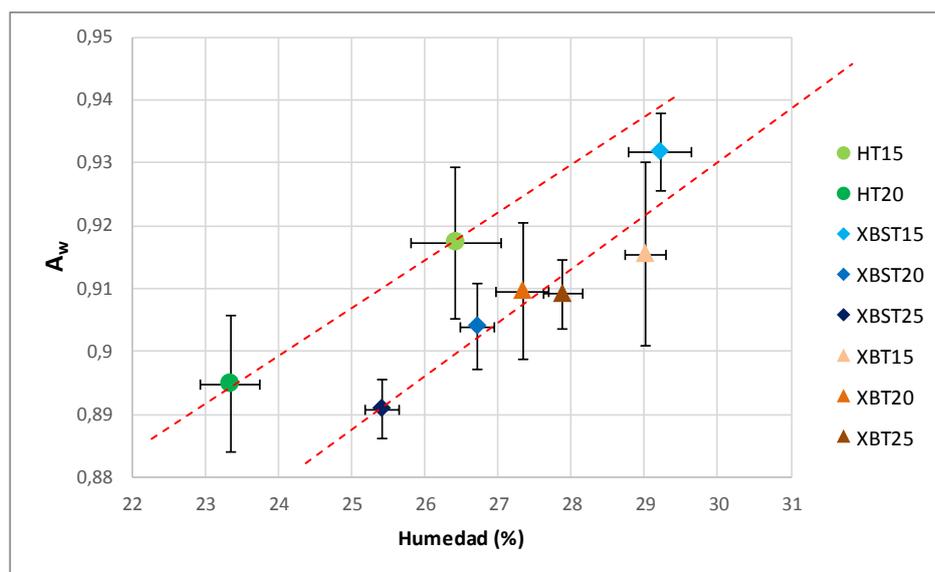


Figura 6. Relación entre la actividad de agua y la humedad para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas con salsa B. Las barras muestran la desviación estándar. Salsa B = tomate.

4.3 Análisis de textura

Los valores de dureza, fuerza máxima que tiene lugar en el primer ciclo de deformación y que viene expresada en unidades de fuerza, N o (kg m s⁻²) (Espeleta *et al.*, 2015), se recogen en la figura 7. Como se puede observar, con el tiempo de horneado, independientemente del tipo de salsa y de harina utilizado, se produce un incremento de este parámetro, el cual es más acusado cuando la salsa utilizada es la B como consecuencia de su mayor deshidratación. Además, las pizzas elaboradas con la incorporación del subproducto incrementaron la dureza con respecto a las pizzas control (HT). Este mismo resultado fue observado por Verdú *et al.* (2017) cuando el subproducto de la elaboración de horchata fue usado en la elaboración de pan. El tamaño de partícula también influye en los valores de dureza. Como se observa, las pizzas elaboradas con el subproducto sin triturar (XBST), para el mismo tiempo de horneado y tipo de salsa, fueron las que presentaron mayores valores de dureza. La presencia de fibras de mayor tamaño podría estar generando una estructuración más consistente de la masa que se traduciría en una pizza más dura.

Los valores del parámetro gomosidad, que expresa la energía que se necesita para descomponer un alimento semisólido al ser tragado (Olaya *et al.*, 2016), se muestran en la figura 8, mientras que los de la masticabilidad, producto de firmeza por la cohesividad y por la elasticidad (Osuna *et al.*, 2013) se muestran en la figura 9. Por definición ambos están directamente relacionados y afectados por la dureza y por eso, siguen la misma tendencia. Así todos ellos han mostrado la gran influencia que tiene el tipo de harina utilizado (HT<XBT<XBST), tiempo (min) de horneado (15<20<25) y tipo de salsa (salsa A<salsa B).

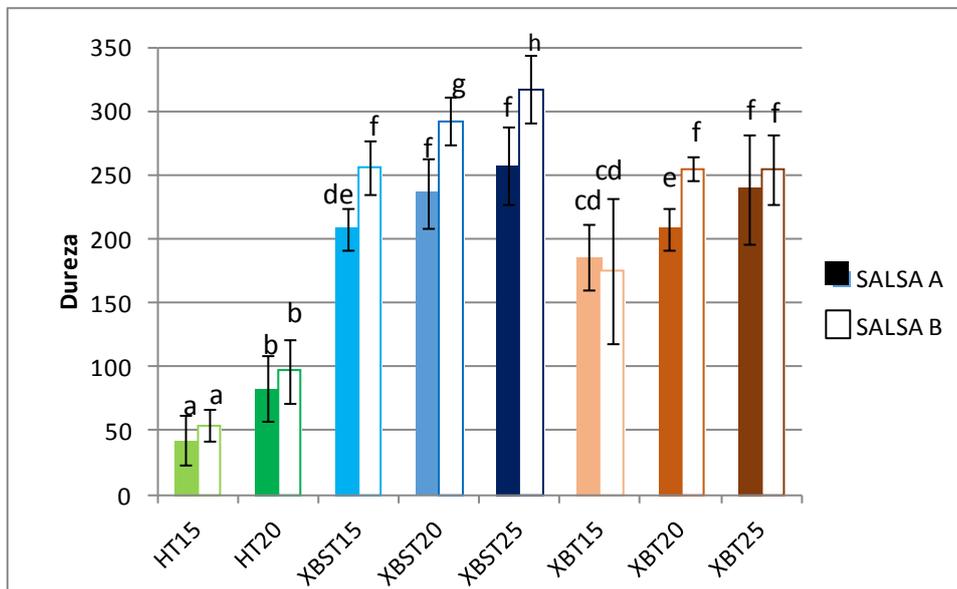


Figura 7. Dureza para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras en cada barra representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate.

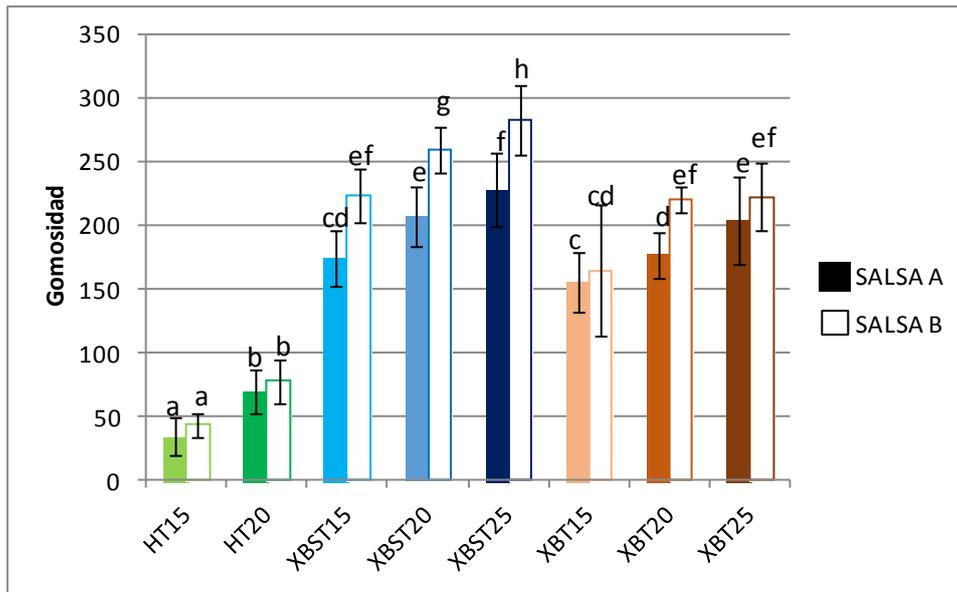


Figura 8. Gomosidad para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras en cada barra representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate.

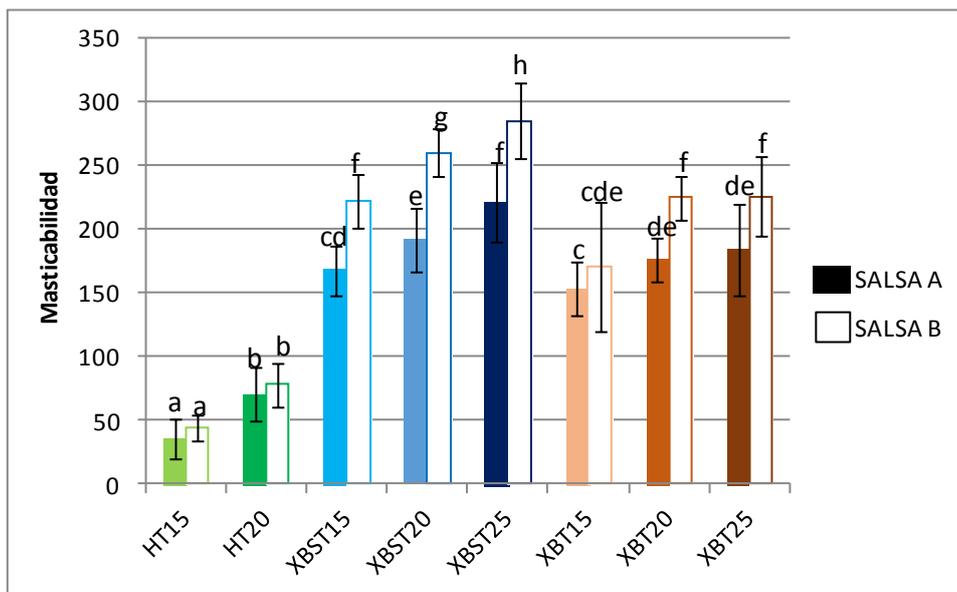


Figura 9. Masticabilidad para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras en cada barra representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate.

En la Tabla 1 se encuentran los valores obtenidos en el estudio experimental de elasticidad, que define la eficacia que tiene un material para recuperar su forma inicial después de haber ejercido una fuerza sobre él (Camarero *et al.*, 2014); cohesividad, que representa la fuerza de las uniones internas que mantiene unida la estructura de la masa (Raga *et al.*, 2015); y resiliencia, que expresa la capacidad de un material para recuperar su forma original (Rizzello *et al.*, 2014).

Se puede observar que únicamente la cohesividad presenta diferencias significativas al aumentar el tiempo de horneado. En cuanto al tipo de salsa, la elasticidad en muestras con salsa B no presenta diferencias significativas con respecto a los controles. Este resultado también se obtiene en muestras de salsa A, con tiempo de horneado de 20 minutos y con menor tamaño de partícula (XBT), donde la elasticidad presenta valores muy cercanos al control. Sin embargo, para los parámetros de cohesividad y resiliencia existen diferencias significativas, obteniéndose valores mayores al control en ambas salsas. Por otro lado, la incorporación del subproducto influyó sobre los parámetros elasticidad y la cohesividad obteniéndose valores menores al control. En cambio, en estudios realizados por otros autores (Sudha *et al.*, 2007), en masas enriquecidas en fibra, obtuvieron menores valores de resistencia a la extensión como consecuencia de la interacción de los polisacáridos y las proteínas de la harina de trigo.

Tabla 1. Elasticidad, cohesividad y resiliencia para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Diferentes letras en cada columna representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate.

| Salsa | Muestras | Elasticidad | Cohesividad | Resiliencia |
|-------|----------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| A | HT 15 | 1,01 ± 0,02 ^d | 0,81 ± 0,02 ^{bc} | 0,38 ± 0,01 ^a |
| | HT 20 | 1,01 ± 0,01 ^{bcd} | 0,81 ± 0,02 ^{ab} | 0,35 ± 0,01 ^a |
| | XBST 15 | 0,97 ± 0,05 ^a | 0,86 ± 0,01 ^{fg} | 0,60 ± 0,03 ^d |
| | XBST 20 | 0,97 ± 0,03 ^a | 0,87 ± 0,01 ^{hi} | 0,61 ± 0,03 ^d |
| | XBST 25 | 0,97 ± 0,04 ^a | 0,88 ± 0,01 ^{ij} | 0,61 ± 0,04 ^d |
| | XBT 15 | 0,98 ± 0,02 ^{ab} | 0,84 ± 0,01 ^d | 0,54 ± 0,02 ^b |
| | XBT 20 | 0,99 ± 0,01 ^{bcd} | 0,84 ± 0,01 ^{de} | 0,59 ± 0,02 ^{cd} |
| | XBT 25 | 0,99 ± 0,01 ^{abcd} | 0,88 ± 0,01 ^{ij} | 0,61 ± 0,02 ^d |
| B | HT 15 | 1,01 ± 0,02 ^d | 0,80 ± 0,01 ^{ab} | 0,36 ± 0,02 ^a |
| | HT 20 | 1,00 ± 0,01 ^{bcd} | 0,82 ± 0,02 ^c | 0,36 ± 0,02 ^a |
| | XBST 15 | 0,99 ± 0,02 ^{bcd} | 0,87 ± 0,01 ^{gh} | 0,66 ± 0,03 ^e |
| | XBST 20 | 1,01 ± 0,03 ^{cd} | 0,88 ± 0,01 ^{ij} | 0,67 ± 0,04 ^e |
| | XBST 25 | 1,01 ± 0,03 ^{cd} | 0,89 ± 0,01 ^j | 0,68 ± 0,05 ^e |
| | XBT 15 | 0,99 ± 0,04 ^{abcd} | 0,85 ± 0,02 ^{ef} | 0,57 ± 0,05 ^c |
| | XBT 20 | 0,99 ± 0,01 ^{bcd} | 0,87 ± 0,01 ^{gh} | 0,62 ± 0,02 ^d |
| | XBT 25 | 1,00 ± 0,02 ^{bcd} | 0,87 ± 0,01 ^{hi} | 0,62 ± 0,02 ^d |

4.4 Análisis de color

En la tabla 2 se muestran los resultados para los parámetros de color L*, a* y b* determinados en la base de las pizzas con la finalidad de evaluar la masa tras el segundo horneado. Los valores de L* se relacionan con la luminosidad del color. Los valores de a* hacen referencia al rojo cuando son valores positivos o verde cuando son valores negativos. Y los valores de b* representan el color superficial amarillo si son positivos y azul cuando se trata de valores negativos.

Los valores de L* fueron superiores para la muestra control mientras que los valores de a* y b* lo fueron para aquellas muestras con sustitución de harina XBST y XBT. Si bien conforme se aumenta el tiempo de horneado, y como consecuencia disminuye la cantidad de agua, el valor de la L* debería disminuir dado que existe una relación entre el espectro de reflexión y los atributos de color que percibimos, en este caso entre la luminosidad y la cantidad de agua de las muestras que es capaz de reflejar la luz (Chiratl *et al.*, 2007), sin embargo como sugieren Prachayawarakorn *et al.*, (2004) la humedad no es un factor importante para acelerar los cambios de color cuando ésta es inferior al 50%, lo que concuerda con los valores obtenidos en la experiencia. El incremento en los valores de a* y b* en las pizzas con subproducto es como consecuencia del color pardo que presenta el subproducto (figura 10).

En cuanto al tamaño de partícula, ésta aporta diferencias significativas ya que las muestras con harina XBST presentan valores menores de a* y b* que las muestras con harina de menor tamaño de partícula (XBT), independientemente del tiempo de segundo horneado y tipo de salsa utilizada.

Tabla 2. Media para los valores de color de los parámetros L*, a* y b* de las bases de pizzas elaboradas con las diferentes formulaciones. Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A =nata; salsa B =tomate.

| Salsa | Muestras | L*(D65) | a*(D65) | b*(D65) |
|-------|----------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| A | HT 15 | 74,85 ± 1,39 ^f | 0,30 ± 0,16 ^a | 18,74 ± 0,78 ^a |
| | HT 20 | 75,47 ± 1,06 ^g | 0,79 ± 0,16 ^c | 20,44 ± 0,85 ^c |
| | XBST 15 | 70,33 ± 0,91 ^{de} | 3,47 ± 0,23 ^d | 23,10 ± 0,56 ^d |
| | XBST 20 | 69,11 ± 1,10 ^b | 4,09 ± 0,28 ^{ij} | 25,22 ± 0,57 ^h |
| | XBST 25 | 70,41 ± 1,15 ^e | 4,06 ± 0,29 ^{hi} | 25,88 ± 0,57 ⁱ |
| | XBT 15 | 68,46 ± 0,88 ^a | 3,84 ± 0,33 ^{fg} | 24,50 ± 0,68 ^g |
| | XBT 20 | 68,22 ± 2,21 ^a | 4,20 ± 0,32 ^j | 25,05 ± 0,85 ^h |
| | XBT 25 | 70,53 ± 0,66 ^e | 4,57 ± 0,27 ^k | 27,27 ± 0,48 ^j |
| B | HT 15 | 75,51 ± 1,28 ^g | 0,51 ± 0,18 ^b | 19,28 ± 0,50 ^b |
| | HT 20 | 76,67 ± 1,24 ^h | 0,67 ± 0,23 ^c | 20,22 ± 1,15 ^c |
| | XBST 15 | 68,57 ± 1,17 ^a | 3,95 ± 0,26 ^{gh} | 23,42 ± 0,47 ^e |
| | XBST 20 | 69,84 ± 1,19 ^{cd} | 3,66 ± 0,28 ^e | 22,91 ± 0,73 ^d |
| | XBST 25 | 70,61 ± 1,03 ^e | 3,72 ± 0,28 ^e | 24,19 ± 0,87 ^f |
| | XBT 15 | 69,41 ± 0,63 ^{bc} | 4,02 ± 0,28 ^{hi} | 24,19 ± 0,60 ^f |
| | XBT 20 | 69,55 ± 1,22 ^{bc} | 3,76 ± 0,24 ^{ef} | 23,17 ± 0,49 ^{de} |
| | XBT 25 | 70,82 ± 0,81 ^e | 3,89 ± 0,23 ^g | 24,67 ± 0,65 ^g |

En la figura 10 se recogen los valores de índice de marrón (B_i) calculados a partir de los datos de la tabla 2. Se puede observar como al aumentar el tiempo de horneado no en todos los casos se produce un incremento de este índice, como cabría esperar al incrementar el tostado. Así, mientras que para las pizzas elaboradas con salsa A al incrementar el tiempo de horneado aumenta el índice de marrón, para las elaboradas con la salsa B esta evolución no es tan marcada, sobre todo en las pizzas elaboradas con subproducto. La mayor cantidad de agua de la salsa B haría que ésta tuviese más facilidad para difundir hacia el interior de las bases y,

durante el horneado, ser esta agua la que utilizase parte de calor de la base para evaporarse, lo que generaría menos cambios de color de la propia base. La incorporación del subproducto también tiene efecto sobre el índice de marrón pues como se observa en la figura 8, las pizzas con subproducto tienen mayores valores que las control (HT) como consecuencia de la coloración inicial de éste, siendo las muestras con harina XBT las que presentaron valores ligeramente mayores. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores (Juliá *et al.*, 2016) en la que la incorporación de fibra procedente de la chufa incrementó los valores para la miga.

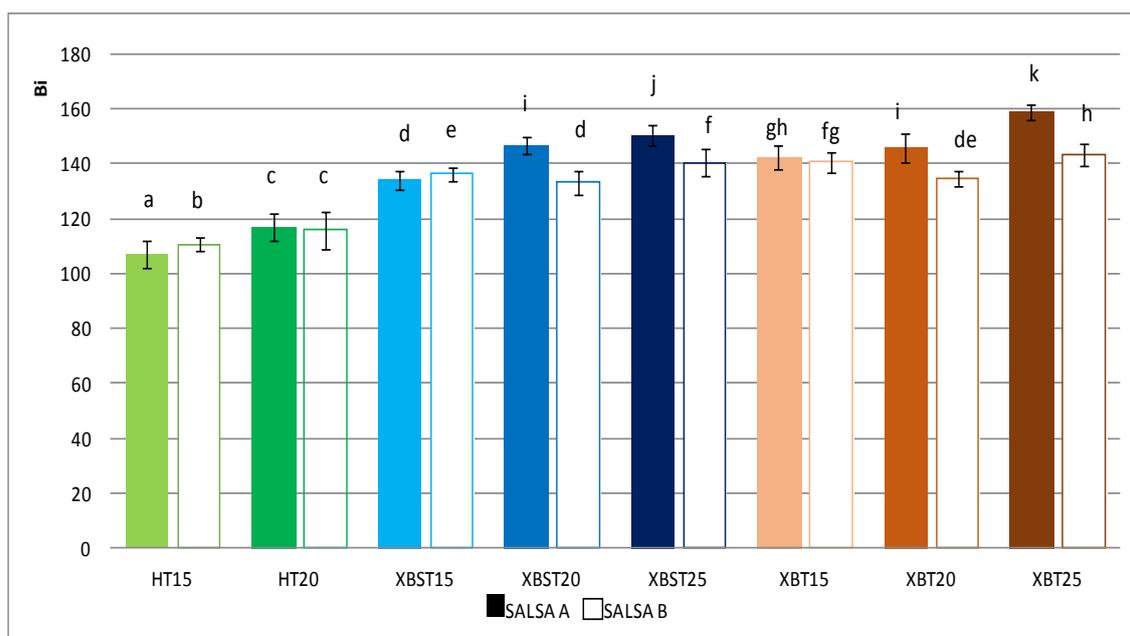


Figura 10. Índice de pardeamiento para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate.

Según el índice de blancura (W_i), representado en la figura 11, no existen diferencias significativas entre los distintos tiempos de horneado ni entre las salsas utilizadas. Simplemente se puede observar como al adicionar fibra disminuye la blancura, pero la forma en que ésta se incorpora, el tamaño de partícula, no aporta diferencias. Se observa como las muestras control presentan un valor más alto de este índice dados los valores más altos del parámetro L^* y a su menor índice de marrón.

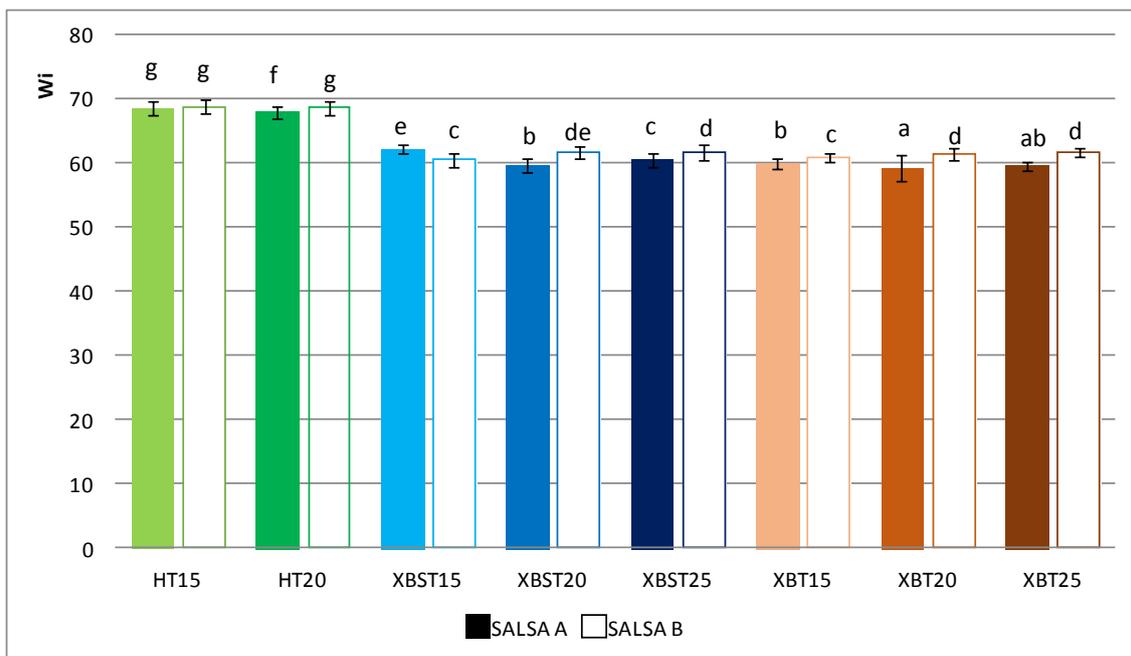


Figura 11. Índice de blancura para las diferentes formulaciones de bases de pizza elaboradas. Las barras muestran la desviación estándar. Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Salsa A = nata; salsa B = tomate.

4.5 Análisis de imagen

Las figuras 12 y 13 muestran el número de píxeles, para cada tono de gris, de las imágenes adquiridas para las pizzas con salsa A y B respectivamente. El estudio de las variables mostró como el tiempo de horneado solo generó cambios en la apreciación de la imagen para las pizzas control (HT) adicionadas con salsa A (figura 12), donde las pizzas con un tratamiento mayor (20 minutos) presentaron tonos más oscuros (menores valores de tono). Cuando las pizzas fueron elaboradas con salsa B, el efecto tiempo fue menos acusado, observándose ligeras diferencias, en este caso, para las pizzas elaboradas con el subproducto. El tipo de subproducto incorporado sí generó cambios independientemente del tipo de salsa añadida. Como se aprecia ligeramente en la figura 12, las pizzas con adición de subproducto presentaron una mayor dispersión de tonos (campana de gauss con mayor base) que las pizzas control, lo que se podría traducir como pizzas más heterogéneas de color. En cambio, cuando la salsa añadida fue la B, el comportamiento fue inverso, siendo las que presentaron un color más uniforme las pizzas elaboradas con subproducto.

Como se puede observar en la figura 14, en la que se muestra a modo de ejemplo dos pizzas elaboradas con salsa de B (A=HT; C=XBT) y dos con salsa A (B=HT; D=XBST), el tratamiento térmico hace que la salsa A sea más incolora y traslúcida lo que conlleva a que la presencia del subproducto influya sobre la heterogeneidad de los tonos de gris totales. En cambio, la salsa B con el tratamiento térmico se oscurece, tomando tonos de gris más cercanos al subproducto que a la harina de trigo. Esto conlleva a que la diferencia en los tonos de grises de las pizzas elaboradas con harina de trigo sea mayor, al ser mayor el contraste entre la base y la salsa.

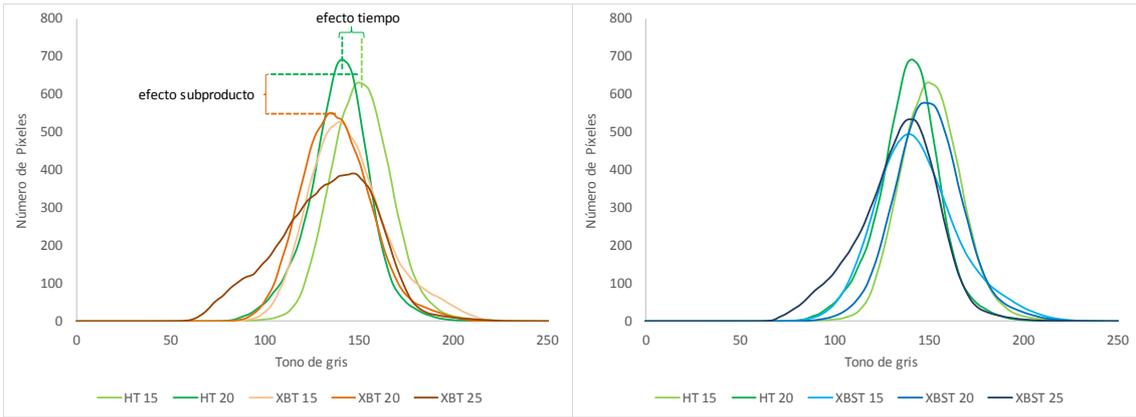


Figura 12. El espectro total de escala de grises para las muestras con salsa A.

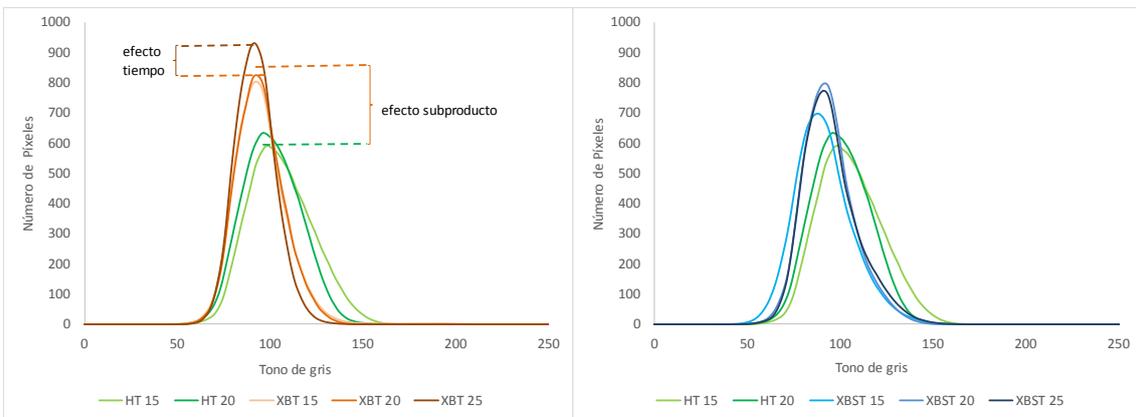


Figura 13. El espectro total de escala de grises para las muestras con salsa B.

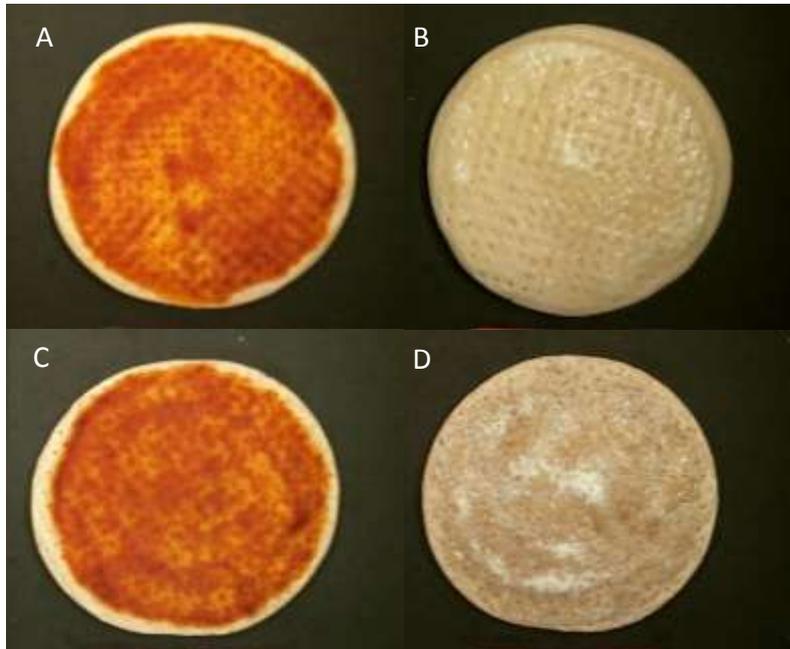


Figura 14. Pizzas elaboradas con salsa de B (A=HT 15; C=XBT 15) y salsa A (B=HT 15; D=XBST 15).

4.6 Análisis sensorial

Con la finalidad de evaluar la aceptabilidad del producto se realizó un análisis sensorial. Los catadores no entrenados puntuaron el producto en base a seis atributos: aspecto global, color, textura al tacto, textura en boca, sabor y aceptación global. En la cata no se incluyeron las muestras control para no condicionar la opinión del catador, puesto que es un producto comercial muy fácil de diferenciar. Los datos recogidos en ambos días de cata se representaron en dos gráficas radiales figura 15 y 16, para salsa A y salsa B respectivamente.

Los catadores, por lo general, puntuaron bastante alto todas las muestras, evaluando de manera más uniforme las muestras con salsa A que la de B. Esto pudo deberse a la componente subjetiva del catador puesto que la salsa B es muy característica de este producto.

El estudio del tiempo de horneado no mostró diferencias significativas en el caso de las pizzas elaboradas con salsa A, sí en cambio con las elaboradas con salsa B. Tanto en las pizzas XBST como en las XBT las horneadas durante 25 minutos fueron las que presentaron una menor puntuación.

El efecto de la salsa queda de manifiesto dado que para la salsa B obtuvo una puntuación más alta en los parámetros de color y aspecto global pues el consumidor está más familiarizado con el color y aroma del tomate en una base de pizza. Sin embargo, la textura en boca fue mejor valorada con la salsa A lo que puede deberse a que la grasa lubrica los componentes de la matriz dando lugar con ello a una textura más suave en el producto final (Bennion y Bamford, 1997).

Para el tamaño de partícula se apreciaron diferencias significativas para la salsa A en la característica de aspecto global, y para la salsa B en los parámetros aspecto global, color y textura al tacto siendo las peor valoradas las pizzas elaboradas con el subproducto sin triturar (XBST). El proceso de triturado hace que la harina obtenida sea más homogénea, integrándose mejor con la harina de trigo y formando una masa más homogénea (figura 14 C y D). Estudios realizados con masas de bizcochos elaborados con fibra (Sudha *et al.*, 2007) han mostrado que el color empeora a medida que aumentaba el contenido en fibra. En este caso el triturado estaría generando los mismos cambios que podría generar la reducción de la cantidad de fibra añadida. Por otro lado, en el estudio elaborado por Estepa *et al.*, (2016), en la que se elaboraban snacks con diferentes subproductos de la elaboración de horchata, la harina XBT fue evaluada negativamente por el catador porque tiene textura más harinosa. En cambio, en presente estudio ha tenido una alta puntuación lo que puede resultar interesante a la hora de incorporar fibra en este tipo de productos de una forma más aceptable para el consumidor final.

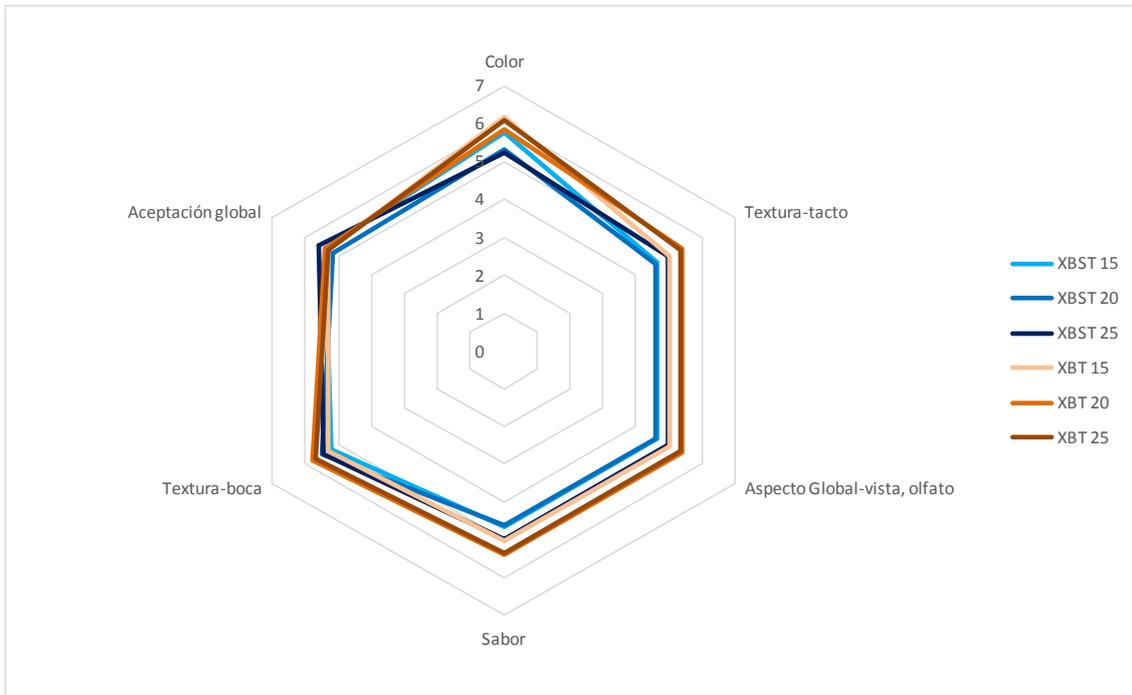


Figura 15. Análisis sensorial de las bases de pizza elaboradas con salsa A.

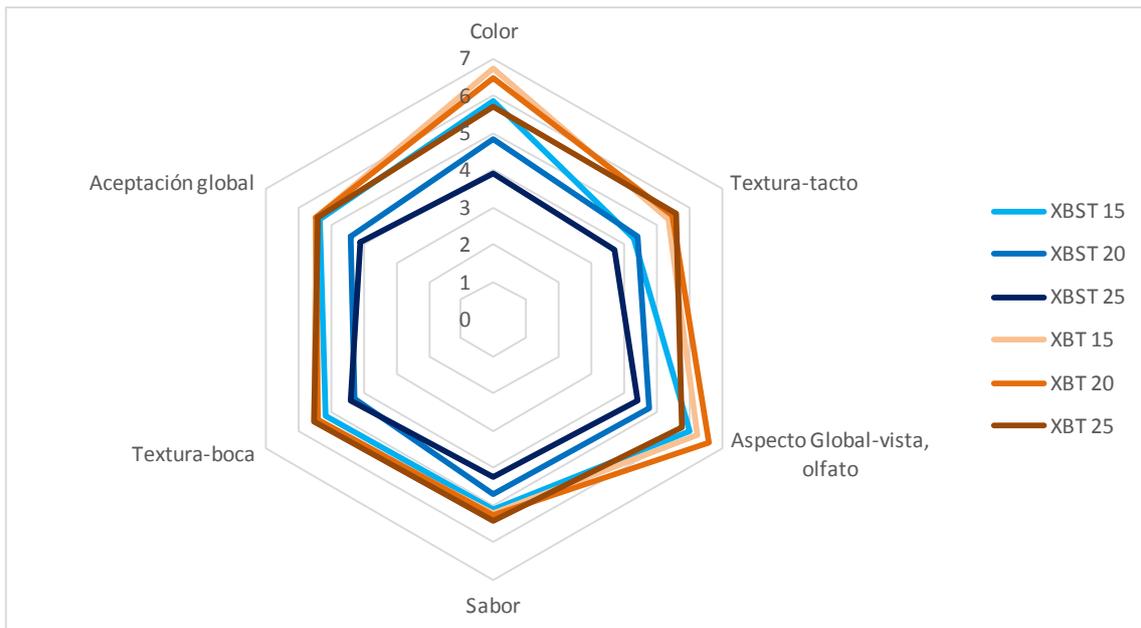


Figura 16. Análisis sensorial de las bases de pizza elaboradas con salsa B.

5. Conclusión

El efecto de la incorporación de dos tipos de salsa modelo, una acuosa (tomate) y una grasa (nata), así como el tiempo de horneado (segundo horneado) sobre bases de pizza prehorneada y congelada elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina procedente del subproducto de la elaboración de horchata ha sido evaluado.

El tiempo de horneado resultó ser muy influyente, pudiéndose establecer en base al estudio un tiempo aproximado de entre 15 y 20 minutos de segundo horneado, tiempos en los que ambos tipos de pizza (en base a la salsa añadida) obtuvieron los mejores valores en los atributos evaluados por el panel de cata.

El tipo de salsa adicionada a la pizza influyó sobre las características de éstas, fundamentalmente debido al contenido de agua. Si bien la incorporación de salsa de tomate incrementa inicialmente el contenido en agua de las bases de pizzas, lo que hace que éstas durante el segundo horneado se vean menos afectadas por el tiempo de horneado, tras éste son las pizzas con salsa de nata las que presentan mayor cantidad de agua, generando pizzas más blandas, sensorialmente mejor valoradas que las elaboradas con salsa de tomate. La grasa que contiene la nata enmascara la fibra añadida, haciéndola más suave al paladar, por lo que es interesante que las salsas a incorporar en productos con un porcentaje considerable de fibra añadida presenten en su composición algún tipo de grasa.

La utilización de diferentes formatos de harina procedentes del subproducto de la elaboración de horchata trae consigo una reducción en el contenido en gluten, un incremento en los tonos pardos y un incremento en el tamaño de partícula. Esto ha hecho que se hayan observado variaciones con respecto a pizzas elaboradas solo con harina de trigo. Así, aunque las mermas durante el horneado son similares, la cantidad de agua final de las pizzas con subproducto es mayor, manteniendo similares valores de actividad de agua, pero en cambio con mayores valores de dureza y de tono pardo. Estos cambios han evidenciado la influencia que tiene la incorporación del subproducto en el procesado de las pizzas, si bien, en base a las respuestas dadas por los catadores, el uso del subproducto triturado (XBT), aún generando cambios en el producto obtenido, es valorado en todos los casos por encima de 5.

Agradecimientos

Los autores del presente Trabajo Final de grado agradecen a la Generalitat València, Conselleria d'Educació, investigació, cultura i esport, por la financiación del estudio a través del proyecto para grupos consolidables (AICO/2015/107).

6. Bibliografía

AACC - American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (9th ed.). St. Paul, MN, method 44-15A (1995).

AACC (74-09.01). Determination of bread firmness using the AACC - American Association of Cereal Chemists. Cereal Laboratory Methods.

ADE-OMOWAYE B.I.O., AKINWANDE B.A., BOLARINWA I., ADEBIYI A.O. (2008). Evaluation of tigernut (*Cyperus esculentus*) wheat composite flour and bread African Journal of Food Science, 2: 87-91.

ALEGRÍA-TORÁN, A., FARRÉ-ROVIRA, R. (2003). Horchata y salud: aspectos nutricionales y dietéticos. In Fundación Valenciana de Estudios Avanzados (Ed.), Jornada Chufa y Horchata: Tradición y Salud (pp. 55e70). Valencia: Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación.

ANDERSON J.W., AKANJI, A.O. (1991). Dietary fiber an overview. Diabetes Care, 14: 1126-31.

ANDERSON J.W., SMITH B.M., GUSTAFSON N.J. (1994). Health benefits and practical aspects of high fiber diets. Ame. J. ClínicaNutr., 59: 1242-1247.

BENNION, E.B., BAMFORD, G.S.T. (1997). The technology of cake making. London, UK: Blackie Academic and Professional.

BURG, J.C. (1998). Piecing together the pizza puzzle. Food Product Design, 7 (11), 85–86.

BURKITT, D.P., WALKER A.R.P., PAINTER N.S. (1974). Dietary fibre and disease: 229:1068-1074.

CAIVANO, J.L. y BUENA, M.P. (2012). Color in Food. Technological and Psychophysical Aspects. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Cahpter 10.

CAMARERO, S., GRAU, R., VERDÚ, S. (2015).Mejora de masas panarias integrales bajar en sodio.

CHIRALT, A., MARTÍNEZ, N., GONZÁLEZ, C., TALENS, P., MORAGA, G. (2007). Propiedades físicas de los alimentos.

CHRISTENSEN, C.M. (1983). Effects of color on aroma, flavor and texture judgements of foods. Journal of Food Science, 45 (3), 787–790.

COOK, J.A., VANDERJAGT, D.J., DASGUPTA A., MOUNKALIA, G., GLEW, R.S., BLACKWELL, W., GLEW, R.H. (1998). Use of the Trolox assay to estimate the antioxidant content of seventeen edible wild plants of Niger Life Sciences 63:106-110

DUBOSE, C.N., CARDELLO, A.V. (1980) Effect of colorants and flavorants on identification, perceived flavor intensity, and hedonic quality of fruit flavored beverages and cakes. Journal of Food Science, 45, 1393–1415.

EMPRESA TIGERNUTS. <http://www.tigernuts.es/productos/harina-de-chufa/> (30 de Mayo de 2017)

- ESCUADERO, E., GONZÁLEZ, P. (2006) La fibra dietética.
- ESPELETA, S., GRAU, R., FERNÁNDEZ, I., VERDÚ, S. (2015). Efecto de la introducción de harina de avena pretratada térmicamente en la mejora de masas para bollería.
- ESTEPA, N., GRAU, R., VERDÚ, S. (2016). Estudio del efecto de la incorporación del subproducto de la elaboración de horchata al procesado de snacks.
- GHOSH, B.C., KANAWJIA, S.K. (1986). "Pizza – a nutritious fast food", Indian Dairyman, Vol. 33.
- JULIÁ, M., ALBORS, A.M., MARTÍN, M.E. (2016). Características reológicas, estructurales y sensoriales de panes elaborados a base de harina de chufa.
- LEHMANN, T.A.; DOBOIS, D.K. (1980) Pizza crust – formulation and processing. Cereal Foods World, 25 (9), 589–592.
- LEMKI, S.A.; FERRIS, D.A. (2001). "Production of sourdough frozen pizza and fresh foccacia using MIVAC spices and herbs".
- MAACHE-REZZOUG, Z.; BOUVIER, J.M.; ALLAF, K.; PATRAS, C.(1998) Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and quality of biscuits. Journal of Food Engineering, 35, 23–42.
- MAPAMA (2017). Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Información del consumo de alimentación en España (2016).
- MARTÍNEZ, J., GARCÍA, P. (2001). Alimentación, nutrición y dietética, en: Nutrición humana. Ed. Universitat Politècnica de València. Valencia. 384 pp.
- MATEOS-APARICIO, I., VILLANUEVA, M.J., REDONDO, A. (2008). Aprovechamiento de subproductos de leguminosas para la obtención de productos funcionales. Comparación de metodologías para la caracterización de la fibra alimentaria.
- MATZ, S.A. (1989) Formulas and Processes for Bakers. Barking: Elsevier Science Publishers Ltd
- MONTGOMERY, C. (1969), "Our food, tomorrow", Tecnologia-Alimentaria, Vol. 3 No. 17, pp. 17-20.
- MUÑOZ, C.M., PÉREZ, J. (2013). Utilización de los subproductos de la horchata de chufa en la industria cárnica. No. 7, pp. 315-8.
- OLAYA, L., HERNANDO, I., QUILES, A. (2016). Relación textura percepción sensorial en bizcochos bajos en grasa elaborados con distintos tipos de fibra.
- OSUNA, M., JUDIS, M.A., ROMERO, A.,BERTOLA, N. (2013). Características texturales y de color en panes con mezclas de harinas.
- PALASÍ, J.L., FERNÁNDEZ, I., FUENTES, A. (2015). Caracterización físico-química y nutricional de algas en polvo empleadas como ingrediente alimentario.

- PASCUAL, B., MAROTO J.V., LÓPEZ-GALARZA, S., SAN BAUTISTA, A., ALAGARDA, J. (2000a). Chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *savitus* Boeck.) an unconventional crops. Studies related to applications and cultivation. *Economic Botany* 54 (4): 439-448.
- PASCUAL-SEVA, N., SAN BAUTISTA, A., LOPEZ-GALARZA, S., MAROTO, J., PASCUAL V, B. (2013). Furrow-irrigated chufa crops in Valencia (Spain). II: Performance analysis and optimization.
- PRACHAYAWARAKORN, S., SOPONRONNARIT, S., WETCHACAMA, S. and KONGSAK, C., (2004). Methodology for enhancing drying rate and improving maize quality in a fluidised-bed dryer, *Journal of Stored Products Research*, 40 (4), 379-393.
- RAGA, A., MARTÍN, E., ALBORS, A.M. (2015). Influencia de la harina de chufa y el maltitol en la caracterización fisicoquímica y sensorial de galletas.
- RIZZELLO, C.G., CALASSO, M., CAMPANELLA, D., DE ANGELIS, M., GOBETTI, M. (2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International Journal of Food Microbiology* 180, 78–87.
- SÁNCHEZ-ZAPATA, E., FUENTES-ZARAGOZA, E., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SENDRA, E., SAYAS, E., NAVARRO, C., PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. (2009). Preparation of dietary fiber powder from tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk (“Horchata”) byproducts and its physicochemical properties.
- SILVANO, G., RENATO, T., CRISTINA, B., EVA, N., MAURIZIO, M., SILVIA, F., ATTILIO, G., CARLO, L.V. (2006). Pizza consumption and the risk of breast, ovarian and prostate cancer, *European Journal of Cancer Prevention*, Vol. 15 No. 1, pp. 74-6.
- SINGH, P., GOYAL, G.K. (2010). Functionality of pizza ingredients.
- SUDHA, M.L. , VETRIMANI, R., LEELAVATHI K. (2007). Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality.
- TROWEL, H.C. (1975). Dietary fiber hypothesis of the etiology of diabetes mellitus. *Diabetes*, 24:762-5.
- VERDÚ, S., BARAT, J.M., GRAU, R. (2017). Improving bread-making processing phases of fibre-rich formulas using chia (*Salvia hispanica*) seed flour. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 419 – 425.
- WADE, P. (1988). *The Principles of the Craft*, Vol. 1. London: Elsevier Applied Science.