

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 AL PROCESADO DE SNACKS

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNO/A: Dña. Noemi Estepa Ferrer

TUTOR/A: D. Raúl Grau Meló

DIRECTOR EXPERIMENTAL: D. Samuel Verdú Amat

Curso Académico: 2015/2016

VALENCIA, 20 de Junio



ESTUDIO DEL EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL SUBPRODUCTO DE LA ELABORACIÓN DE HORCHATA AL PROCESADO DE SNACKS.

En el presente trabajo se ha estudiado el efecto de la incorporación del subproducto de la elaboración de horchata al procesado de snacks. Para ello se trató el subproducto con el fin de disminuir el tamaño de partícula y obtener harinas del subproducto más blancas. Con el pretratamiento se obtuvieron cuatro tipos diferentes de harina las cuales se incorporaron al procesado de snacks, sustituyendo parcialmente a la harina de trigo a tres niveles (5%, 10% y 20%). Los resultados han mostrado como la incorporación del subproducto de la chufa genera importantes cambios en las etapas de producción de snacks y en las características del producto final, ligadas a la mayor superficie y menor espesor de los chips que se producen, lo que genera un incremento en la pérdida de masa durante la fase de horneado que se traduce en un producto con menores valores de actividad de agua y texturas con menor fuerza de ruptura. Aun así el análisis sensorial ha mostrado como la mayoría de las formulaciones son aceptadas globalmente. En este sentido la formulación más interesante es la elaborada con el subproducto original molido (TPP) dado que permite elaborar snacks hasta con un 20% de sustitución de trigo.

Palabras claves: Subproducto de la elaboración de horchata, harina de trigo, snacks y niveles de sustitución.

ESTUDI DE L'EFECTE DE LA INCORPORACIÓ DEL SUBPRODUCTE DE L'ELABORACIÓ D'ORXATA AL PROCESSAT DE SNACKS.

En el present treball s'ha estudiat l'efecte de la incorporació del subproducte de l'elaboració d'orxata al processat de snacks. D'aquesta manera es va tractar el subproducte a fi de disminuir la grandària de partícula i obtindre farines del subproducte més blanques. Amb el pretractament es van obtindre quatre tipus diferents de farines, les quals es van incorporar al processat de snacks, substituïnt parcialment a la farina de blat a tres nivells(5%,10% i 20%). Els resultats han mostrat com la incorporació del subproducte genera importants canvis en les etapes de producció del snack i en les característiques del producte final, lligades a la major superfície i menor grossària del snack que es produeix, la qual cosa genera un increment en la pèrdua de massa durant la fase d'enfornat que es tradueix en un producte amb menors valors en activitat d'aigua i textures amb menors forces de ruptura. Així i tot l'anàlisi sensorial ha

mostrat com la majoria de les formulacions son acceptades globalment. En aquest sentit la formulació més interessant és l'elaborada amb el subproducte original mòlt (TPP) ja que permet elaborar snacks fins amb un 20% de substitució de blat.

Paraules claus: Subproducte de l'elaboració d'orxata, farina de blat, snacks i nivells de substitució.

EFFECT OF TIGER-NUT (CYPERUS ESCULENTUS) MILK BY-PRODUCT ON WHEAT SNACKS

In the present work we study the effect of the incorporation of the by-product of the horchata elaboration to snacks processing. To this end, we treated the by-product in order to decrease the particle size and obtain whiter flours from the treated by-product. We obtained four different types of flour from the pretreatment which were incorporated into snack processing, replacing partially wheat flour at three levels (5 %, 10 % and 20 %). Results show how the incorporation of the chufa by-product generates important changes in the different snack production phases and in the final product features, linked to the largest surface and the smallest thickness of the snacks produced, which generates a mass loss increase during the baking phase resulting in a product with lower water activity values and textures with less breaking strength. Even so, the sensory test has shown how most of the formulations are globally accepted. In this regard, the most interesting formulation is the one produced with the original grounded by-product (TRP) given that it allows producing snacks even with 20% of wheat replacement.

Key words: by-product of horchata elaboration, wheat flour, snacks and levels of substitution.

Alumno: Noemi Estepa Ferrer

Tutor académico: D. Raúl Grau Meló

Director experimental: D. Samuel Verdú Amat.

Valencia, Junio de 2016

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
1. Introducción.....	1-3
2. Objetivos.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivo específico.....	3
3. Materiales y métodos.....	4-10
3.1 Materias primas.....	4
3.2 Acondicionamiento del subproducto de la elaboración de horchata....	4-5
3.3 Formulación y proceso de elaboración.....	6-7
3.4 Toma de muestra.....	7
3.5 Análisis realizados.....	8-10
3.5.1 Variación de peso.....	8
3.5.2 Análisis del área.....	8
3.5.3 Actividad de agua.....	8
3.5.4 Textura.....	8-9
3.5.5 Análisis de color.....	9
3.5.6 Análisis sensorial.....	9
3.5.7 Análisis estadístico.....	9-10
4. Resultados y discusión.....	10-22
4.1 Estudio del formado.....	10-12
4.1.1 Análisis del área.....	10-12
4.2 Estudio del horneado.....	12-14
4.2.1 Variación de masa.....	12-14
4.3 Estudio del producto terminado.....	15-20
4.3.1 Variación de peso en la fase de atemperado previo envasado...	15-16
4.3.2 Actividad de agua.....	16
4.3.3 Análisis de textura.....	16-17
4.3.4 Análisis de color.....	18-20
4.4 Análisis sensorial.....	20-22
5. Conclusión.....	22-23
6. Bibliografía.....	23-24

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1. Tamaño de partícula para cada una de las harinas utilizadas en el estudio.....	5
Tabla 2: Media y desviación estándar del área para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados.....	11
Tabla 3: Media para los valores de color de los parámetros L*, a* y b*, de los snacks elaborados con las diferentes formulaciones.....	19
Tabla 4: Media, desviación típica y código de diferencias estadísticas respecto al control en el análisis sensorial. En verde se muestran los valores inferiores al control que son significativamente diferentes y en rojo los valores superiores.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Tipos de harina utilizados en el estudio.....	5
Figura 2. Diagrama de flujo del acondicionamiento del subproducto de la elaboración de horchata para la obtención de los diferentes tipos de harina utilizados en el estudio.....	6
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los snacks.....	7
Figura 4: Imágenes escaneadas de los snacks tras el horneado.....	12
Figura 5. Pérdida de peso para las diferentes formulaciones de los snack durante el proceso de horneado. Las barras muestran la desviación estándar.....	13
Figura 6: Pérdida de peso al final de la etapa de horneado para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran la desviación estándar.....	14
Figura 7: Relación entre la pérdida de peso al final del proceso de horneado y el área del snack para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran la desviación estándar.....	14
Figura 8: Pérdida de peso al final del proceso de horneado (figura 6) y la pérdida de peso tras el atemperado para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran la desviación estándar.....	15

Figura 9: Valores de actividad de agua para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran los intervalos LSD con un nivel de confianza del 95%.....	16
Figura 10: Valores de fuerza máxima (N) para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran los intervalos LSD con un nivel de confianza del 95%.....	17
Figura 11: Relación entre la diferencia de color y índice de blancura de los snacks elaborados con las diferentes formulaciones.....	20
Figura 12: Imagen de las distintas formulaciones de los snacks utilizados para la cata.....	20

1. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria crea un subproducto tras la producción del alimento que elabora. Según el BOE se entiende como subproducto la sustancia resultante de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción de esa sustancia, si no la de un uso posterior, sin necesidad de una transformación y tienen su valor de mercado. El tratamiento de estos resulta costoso y constituye un importante problema medioambiental debido a su volumen y características físico-químicas. Estos subproductos de procesamiento de alimentos pueden contener sustancias, tales como fibra dietética, pigmentos, ácidos orgánicos, sabores, y sustancias antibacterianas o antifúngicas (Hermida, 1993).

La Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, relativa a los residuos, establece el marco legislativo para la manipulación de residuos en la Comunidad. En ella se definen conceptos clave como residuos, valorización y eliminación y se establecen los requisitos esenciales para la gestión de residuos en empresas que lleven a cabo estas prácticas.

En el presente trabajo se utilizó el residuo de la industria elaboradora de horchata, con el fin de reducir el impacto medioambiental y darle un valor añadido al aprovechar las sustancias beneficiosas que contiene dicho subproducto.

El 60 % del cultivo de chufa va destinado a la elaboración de horchata. La gestión de los subproductos de la elaboración de ésta presenta un problema adicional para la industria. Hasta ahora, los métodos de eliminación del subproducto de horchata han sido destinados para la combustión, compost y alimentación animal. Después de la elaboración de la horchata, se obtienen varios subproductos, pero el principal es el residuo sólido a partir de tubérculos. Sánchez - Zapata y col., (2009) informaron de que este residuo se puede utilizar como una fuente de la fibra dietética en la elaboración de alimentos. Estos autores estudiaron la química, propiedades físico-químicas y tecnológicas, informaron que el TNF (Top Natural Fibers) tiene una alta proporción de fibra dietética total (TDF: 59,71 g / 100 g), compuesto principalmente de fibra dietética insoluble (IDF: 99,8 %). Las fibras insolubles son capaces de retener poco agua en su matriz formando mezclas de baja viscosidad, por lo que aumenta el tránsito intestinal (García, 2004). La ingesta de fibra es beneficiosa para la salud ya que ayuda a la prevención de enfermedades coronarias, accidentes cerebrovasculares, hipertensión, diabetes, obesidad y

algunas enfermedades gastrointestinales como el cáncer colorrectal. Su ingesta diaria recomendada para niños y adultos es de 14 g / 1000 kcal (Anderson y col., 2009).

Chufa (*Cyperus esculentus* L.), es un cultivo perenne crecido en las regiones tropicales y mediterráneas. Tales tubérculos se consumen bajo diferentes formas en África occidental y central: sin preparación, empapado en agua o seca. En España, los tubérculos se utilizan principalmente para preparar una bebida láctea llamada Horchata de chufa. Esta es de alta calidad nutricional y por lo tanto tiene un gran potencial en el mercado de alimentos (Selma y col., 2003). En cuanto a rasgos comerciales son especificados por la administración regional legislativa; peso unitario de 0,45 y 0,80 g; longitud 0,9 a 1,6 cm; ancho de 0,7-1,1 cm (Pascual-Seva y col., 2013).

La chufa no contiene gluten y el requerimiento de los productos libres de gluten es un mercado en crecimiento (Zucco y col., 2011). En la actualidad se están potenciando productos utilizando expresamente la chufa como es el caso de la harina de chufa, ideal para las personas con enfermedad celíaca, los diabéticos y para productos de confitería en general. Así como el aceite de chufa, que es un complemento perfecto para preparar ensaladas, además, como antioxidante, es excelente para los cosméticos naturales.

La importancia del sector de los cereales y su transformación a nivel mundial en cuanto a la cuota de mercado en la industria alimentaria es un hecho evidente. Además, la susceptibilidad de éstos a ser mezclados con la chufa, permite la obtención de una masa manejable con la que desarrollar un producto como los snacks.

Entre los cereales, solo la harina de trigo tiene la capacidad de formar una masa resistente, viscoelástica y cohesiva capaz de retener gas y producir productos horneados ligeros y aireados (Hoseney, 1994). Según el BOE, harina de trigo deberá entenderse por harina sin otro calificativo, el producto finamente triturado obtenido de la molturación del grano del trigo, *Triticum aestivum* o la mezcla de éste con el *Triticum durum*, en la proporción máxima 4:1 (80 por 100 y 20 por 100), maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos finalmente triturados de otros cereales deberán llevar adicionado, al nombre genérico de la harina, el del grano del cual proceden.

La facilidad de formar una masa manejable viene determinada por la composición de la harina de trigo. El gluten es el responsable de formar una red tridimensional donde el almidón, compuesto por un 25% de amilosa y un 75% de amilopectina, actúa como partícula de relleno dentro de esta matriz (Bailey, 1940).

Según los datos facilitados por el Instituto Nacional de Estadística, la producción de harina de trigo blando en España ha ido aumentando progresivamente durante la última década, situándose en 2012 en 3.052.717 toneladas. La harina producida por los molineros españoles no sólo se destina a la industria panificadora, a la que se dirige aproximadamente un 75% de la producción, sino que también abastece a otras industrias de segunda transformación como la industria de pastelería, bollería, galletas, alimentos infantiles, pizzas, platos precocinados y productos de aperitivo.

El Real Decreto 126/1989, de 3 de febrero, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración y comercialización de patatas fritas y productos de aperitivo define a estos productos como las masas de harina, agua y otros ingredientes alimenticios que se moldean en formas características (palitos, lazos y similares) secados u horneados.

Según la AFAP la industria del aperitivo representó durante 2013 un volumen, en términos de valor, de 1.922,4 millones de euros, lo que supone un incremento del 1,7 % con respecto a 2012. Durante 2013, el mercado alcanzó un volumen de 285.754,1 toneladas, un 0,3 % más que el año anterior.

Dadas estas cifras los productos de aperitivo forman parte de la alimentación y experimentan un importante crecimiento en los recientes años debido a los requerimientos de los consumidores, ya que este tipo de producto conlleva una reducción en tiempo de preparado y son fáciles de transportar. Tienden a ser productos a base de almidón y generalmente altos en calorías (Margaret y col., 2012).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Estudiar el efecto de la incorporación del subproducto de la elaboración de horchata al procesado de snacks.

2.2 OBJETIVO ESPECIFICO:

Para llevar a cabo el objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos.

- Evaluar la incidencia de la porción del subproducto que se incorpore.
- Evaluar la incidencia del tamaño de partícula
- Evaluar la incidencia del nivel de sustitución de trigo por subproducto.

3. MATERIAL Y MÉTODOS:

3.1 MATERIAS PRIMAS:

Para la elaboración de los snacks se utilizaron como materias primas: harina de trigo (Molí del Pico-Harinas Segura S.L. Valencia, España) cuya composición química fue: $14.7 \pm 0,6$ % de proteínas, $1,1 \pm 0,03$ % de grasas, $13 \pm 0,5$ % de agua, y $0,32 \pm 0,1$ de cenizas (b.h); el subproducto de la elaboración de horchata procedente de una empresa elaboradora de horchata, el cual se utilizó en cuatro formatos como posteriormente se describe; sal común, fabricada y envasada por Salinas del Odiel S.L; aceite de girasol (La masía), de la empresa Oleo masía S.A, Sevilla; agua.

3.2 ACONDICIONAMIENTO DEL SUBPRODUCTO DE LA ELABORACIÓN DE HORCHATA

Previo a la elaboración de snacks se trató el subproducto con el fin de obtener cuatro tipos diferentes de harina del subproducto de la elaboración de horchata. La primera harina establecida fue el subproducto directo como se genera en la empresa elaboradora de horchata (TR) (figura 1), el cual presenta un contenido en $1,9 \pm 0,7\%$ de proteínas, $13,3 \pm 0,1\%$ de grasa, $14,1 \pm 0,4\%$ de agua, $1,86 \pm 0,1$ de ceniza y $68,2 \pm 0,4\%$ de fibra dietética total (b.h.). La segunda fue obtenida tras el tamizado de la primera, empleando un tamiz de malla de 180 micras. Mediante este tamizado se obtuvo una harina mucho más blanquecina (BT), al eliminar fundamentalmente la parte fibrosa externa de la chufa (figura 1), con un contenido de $1,5 \pm 0,7\%$ en proteínas, $11,8 \pm 0,2\%$ en grasa, $14,2 \pm 0,4\%$ en agua, $1,5 \pm 0,1$ en ceniza y $71,1 \pm 0,3\%$ en fibra dietética total (b.h) (datos procedentes de estudios en fase de publicación).

La tercera (TPP) y cuarta (BPP) harinas fueron obtenidas tras un procesado de las dos primeras. Para ello éstas se secaron a 68°C durante 24 horas para ser molidas hasta alcanzar un tamaño similar al de la harina de trigo. En la tabla 1 se muestran los valores de tamaño de partícula de las cuatro harinas, los cuales fueron obtenidos tras 6 repeticiones por dispersión de laser empleando un Mastersizer 2000 (Malvern, Instruments, UK) equipado con una unidad Scirocco para polvo seco.

Tabla 1. Tamaño de partícula para cada una de las harinas utilizadas en el estudio.

Harinas	Tamaños de partícula			
	d (0,1) μm	d (0,5) μm	d (0,9) μm	D [4,3] μm
Trigo	25,5 \pm 1,1	92,0 \pm 0,6	180,6 \pm 0,8	99,4 \pm 1,2
TR	166,2 \pm 26	587,6 \pm 51	1326 \pm 33,6	673,5 \pm 38,8
TPP	24,3 \pm 0,9	182,7 \pm 7,1	663,6 \pm 20,6	271,1 \pm 8,1
BT	225,5 \pm 4,5	433 \pm 8,2	777,9 \pm 14,7	470,4 \pm 9,1
BPP	31,9 \pm 0,7	197,4 \pm 7,7	516,5 \pm 32,4	246,7 \pm 14,5

En la figura 2 se representan las etapas para la obtención de las diferentes harinas procedentes del subproducto de la elaboración de horchata utilizada en el presente estudio.

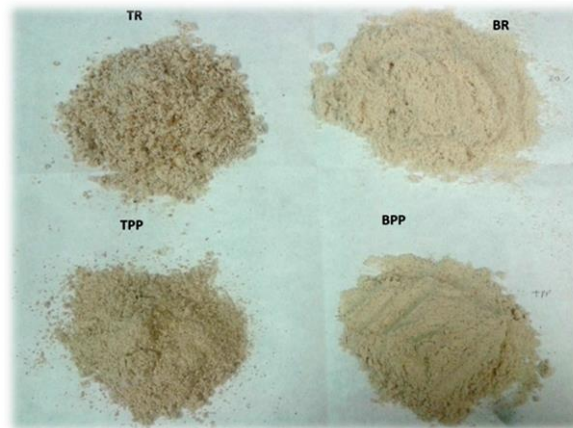


Figura 1. Tipos de harina utilizados en el estudio

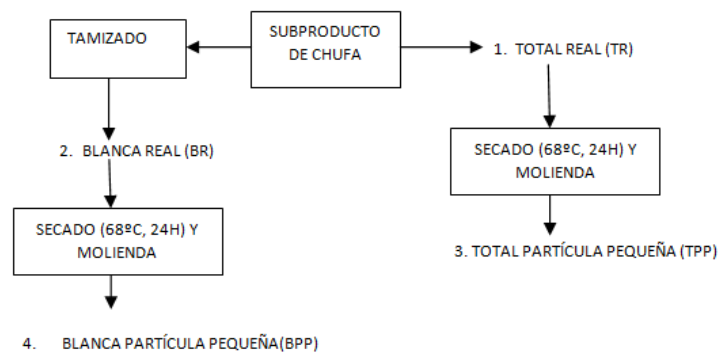


Figura 2. Diagrama de flujo del acondicionamiento del subproducto de la elaboración de horchata para la obtención de los diferentes tipos de harina utilizados en el estudio.

3.3 FORMULACIÓN Y PROCESO DE ELABORACIÓN

Los snacks se elaboraron con la siguiente formulación: harina (65,1%), agua (27,8%), aceite (5,7%) y sal (1,4%) (Adaptada de Kerr y col., 2001). En las muestras con incorporación del subproducto, la harina fue reemplazada parcialmente por el subproducto (TR, TPP, BR, BPP) a tres diferentes concentraciones, 5%, 10% y 20%, manteniendo el ratio 1,56 g de solutos/g agua. Por lo que se ha recalculado cada formulación para los diferentes tipos de harina de subproducto de la elaboración de horchata mediante balances. Se estableció el límite del 20% de sustitución dado que en ensayos informales se evidenciaron dificultades en el procesado mediante la técnica utilizada en el estudio.

El proceso de elaboración de los snacks (figura 3) comienza con el mezclado tras pesar la cantidad exacta de cada ingrediente. Primero se mezcla el agua, la sal y el aceite en una Thermomix TM31 de la empresa Vorwerk, durante 1 minuto a la velocidad de 550 rrpm. Seguidamente se vierten las harinas de trigo y el subproducto de la elaboración de horchata y se mezclan durante 3 minutos a 550 rrpm. Una vez obtenida la masa se deja reposar durante 15 minutos para que se homogenice la humedad. Pasado este tiempo la masa se segmenta en bolas de 10 gramos para dar forma a los snacks, haciéndoles pasar por unos rodillos calibrados a 2 mm. Formados, se introducen en el horno eléctrico, modelo Sforntutto Maxi EO32352 de la marca DeLonghi, a 160°C durante 30 minutos y cubiertos por una capa de papel de aluminio. Después se atemperan durante 10 minutos a 25 °C, almacenándose en bolsas de plástico.

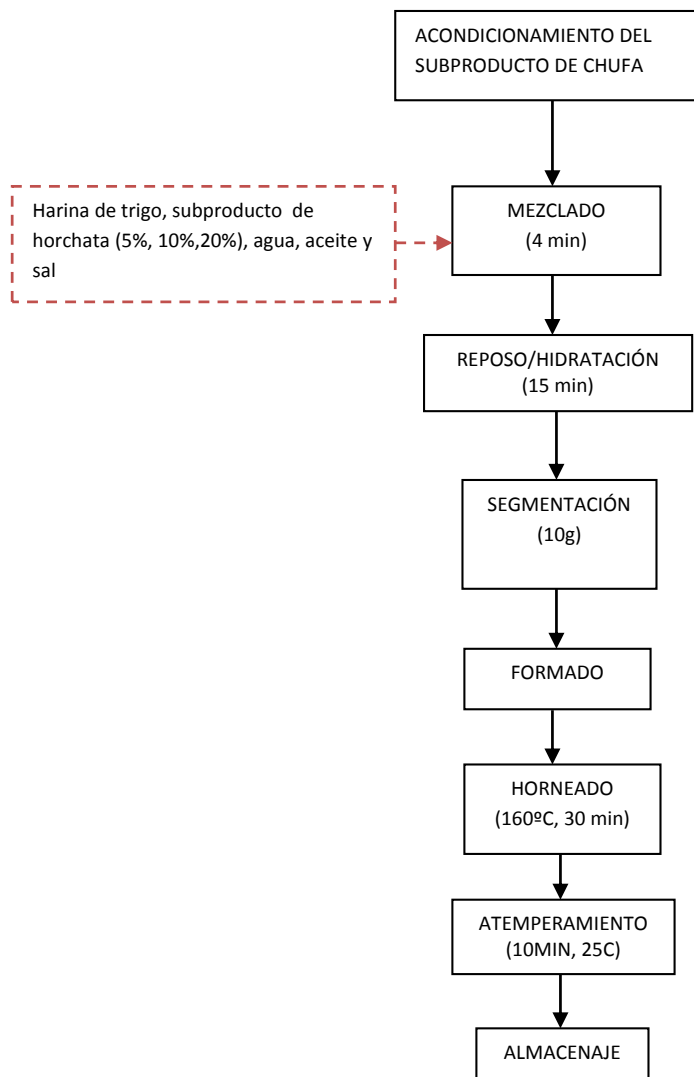


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los snacks.

3.4 TOMA DE MUESTRA

La toma de muestra se realizó con la finalidad de controlar las diferentes etapas de elaboración. Para ello se evaluó el área de los snacks tras el moldeado, si bien la captura de las imágenes se tuvo que realizar tras el horneado del producto. El control de la etapa de horneado se realizó mediante la determinación de la variación de peso cada 5 minutos durante los 30 minutos que duró la etapa de horneado. El control del producto elaborado se realizó mediante un pesado tras 10 minutos de atemperado y mediante la determinación de la actividad de agua, textura, color y finalmente un análisis sensorial.

3.5. ANÁLISIS REALIZADOS

3.5.1 VARIACIÓN DE PESO

Se evaluó la variación de peso (ΔM_t) durante el horneado, registrando el peso cada cinco minutos hasta los treinta minutos, que es el tiempo final de horneado. Para ello se situó el horno sobre la balanza ((K3R-15KD-SE) y en su interior muestras de una única formulación, registrándose el peso. A partir de los valores obtenidos se calculó la variación de peso mediante la ecuación 1.

$$\Delta M_t = \frac{m_t - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad \text{ecuación (1)}$$

3.5.2 ANÁLISIS DEL ÁREA

El análisis del área se realizó escaneando los snacks con un escáner (Aficio™ MP C300-Ricoh, Tokyo, Japan) una vez horneados. Las imágenes obtenidas fueron posteriormente tratadas un programa de procesamiento de imagen digital (ImageJ), obteniéndose el valor del área tras el escalado de pixel a cm².

3.5.3 ACTIVIDAD DE AGUA

Para medir la actividad de agua se utilizó el equipo DECAGÓN Aqualab CX-2 (Aqualab®, Pullman, WA, USA) basado en el punto de rocío, con una precisión de ± 0.003 , calibrado previamente con carbón activo. Se preparó la muestra rompiendo los chips en trocitos pequeños, llenando la capsula de medida hasta la mitad. Se obtuvieron dos medidas para cada una de las tres repeticiones de cada una de las formulaciones

3.5.4 TEXTURA

El análisis de textura se basó en la determinación de la fuerza máxima de ruptura. Para ello se realizaron 13 repeticiones para cada una de las trece formulaciones. El ensayo se llevó a cabo utilizando una sonda de extremo esférico de 6,35 mm de diámetro, a una velocidad de 1,5 mm/s. Se estableció un umbral de dureza de 1 g y uno de distancia de 1 mm. Para la

realización del ensayo se utilizó un texturometro TAXT2. Plus TextureAnalyzer (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido), con el programa de análisis de datos TextureExpert versión 4.0.13.0 (2009).

3.5.5 ANÁLISIS DE COLOR

La medida de color se realizó efectuando 10 disparos al azar en cada una de las muestras con un espectrofotómetro MinoltaCM-3600d (Minolta Cámara Co., Osaka, Japón). Para ello se utilizó un iluminante D65 y un observador estándar 10º (UNE 40-080, 1984). La determinación y expresión del color se efectuó en base a las coordenadas CIEL*a*b* y a los valores de reflectancia (CIE, 1976).

A partir de los valores de L*, a* y b* se calculó la diferencia de color (ΔE^*) en base a la ecuación 2 y el índice de blancura (Judd y Wyszecki, 1963.) en base a la ecuación 3.

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad \text{ecuación (2)}$$

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \quad \text{ecuación (3)}$$

3.5.6 ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se realizó mediante un panel de catadores no entrenados que evaluaron las trece formulaciones diferentes. Mediante esta cata se pretende realizar una primera criba de los productos realizados con la finalidad de que se incorporen a nuevas muestras que no se muestran en el presente trabajo.

Para ello los catadores evaluaron seis parámetros: color, aroma, apariencia, sabor, textura y apreciación global. Para evaluar cada parámetro situaron cada código en un punto correspondiente a una escala desde muy desagradable hasta muy agradable.

3.5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el estudio de los factores porción del subproducto, tamaño de partícula, grado de sustitución y tiempo de horneado, así como las interacciones entre ellos, sobre las características del proceso y del producto elaborado se utilizó el análisis de varianza (ANOVA)

con un nivel de significación del 95% y un $p < 0.005$, utilizando para las comparaciones de las medias el test LSD (Fisher's least significant difference). Para ello se utilizó el paquete informático StatgraphicsCenturion XVI.I.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS DATOS

4.1 ESTUDIO DEL FORMADO

4.1.1 ANÁLISIS DEL ÁREA

Tras el amasado y boleado de la masa en porciones de 10 gramos, ésta fue introducida en la formadora de rodillo para obtener una lámina. Como se puede observar en la figura 5, en la que se muestran los snacks tras el horneado, no todos ellos presentaron la misma área. Una vez evaluada mediante la técnica de imagen, los valores obtenidos (tabla 2) se estudiaron estadísticamente mediante un análisis multifactorial con los factores (porción del subproducto, tamaño de partícula del subproducto y concentración), el cual no mostró diferencias significativas en cuanto a la porción del subproducto (blanca o total). Sí en cambio se observaron diferencias estadísticas en cuanto al tamaño de partícula (F-ratio 80,19) y la concentración de subproducto añadido (F-ratio 591,10), y las interacciones entre ellos.

Como se puede observar en la tabla 2, la muestra control (100% trigo), es la formulación con menor área (cm^2). A medida que incrementa el porcentaje de sustitución se observa como también lo hace el área. Este efecto podría ser el atribuido al hecho de que al sustituir la cantidad de trigo, queda reducida la cantidad de gluten capaz de generar una matriz influyendo en la reología de la masa; la presencia de diferentes sólidos, como fibra insoluble, en este caso, también interrumpe la formación de red de gluten óptima, produciendo alteraciones en el comportamiento de la masa haciéndola menos cohesiva y menos elástica (Shewry y col. 202).

Tabla 2: Media y desviación estándar del área para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados.

FORMULACIÓN	ÁREA (cm ²)
Control	49,2 +- 1,8 a
TR5%	62,9 +-2,9 cd
TR10%	64,2 +-1,3 d
TR20%	77,0 +-0,8 g
BR5%	55,5 +- 1,7 b
BR10%	68,1 +- 1,1 e
BR20%	86,9 +-1,1 h
TPP5%	57,7 +-2,4 b
TPP10%	61,0 +-2,6 c
TPP20%	71,9 +-1,8 f
BPP5%	57,4 +-0,7 b
BPP10%	61,1 - 2,4 c
BPP20%	71,8 +- 2,4 f

Diferentes letras implican diferencias significativas ($p > 0.05$)

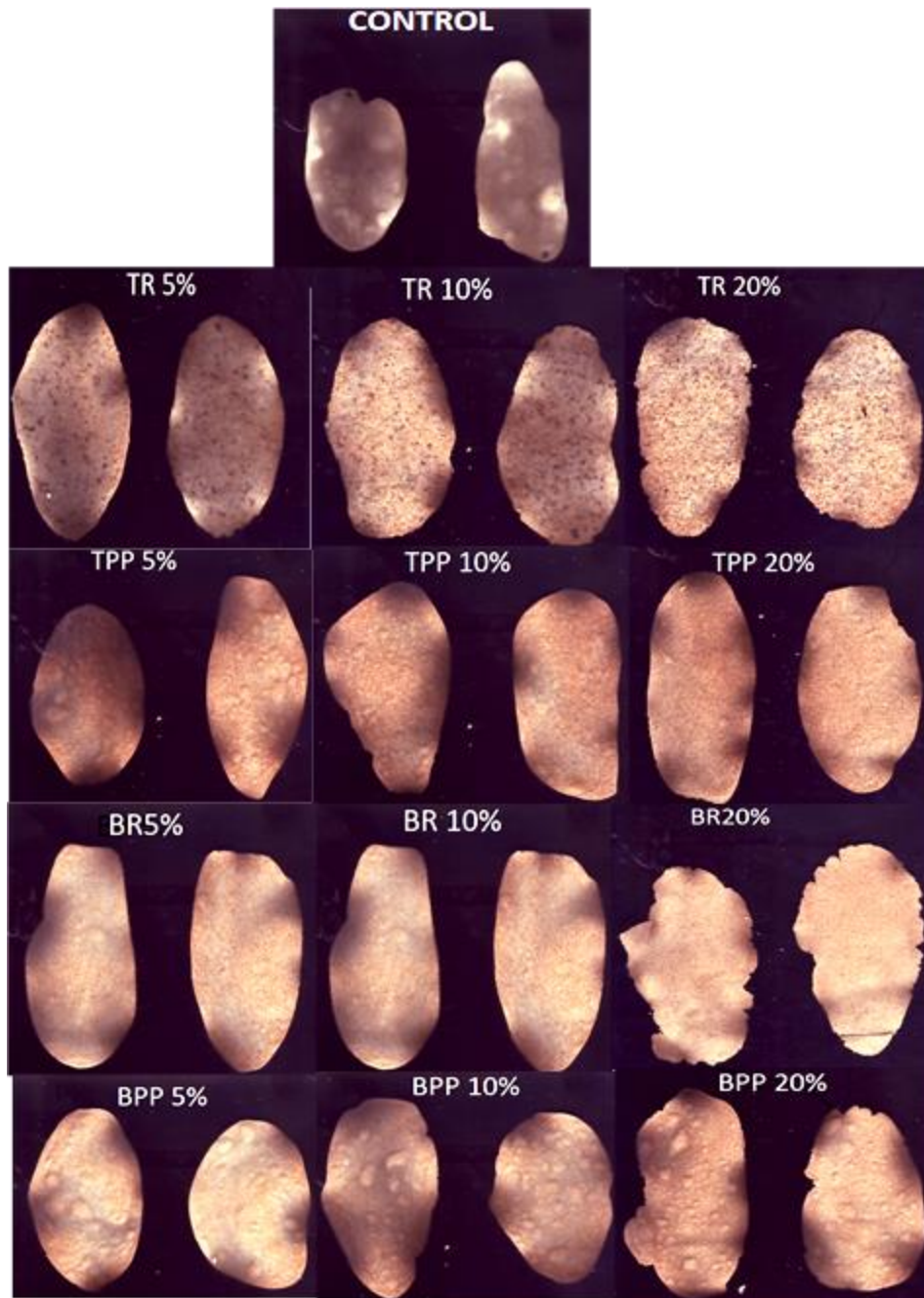


Figura 4: Imágenes escaneadas de los snacks tras el horneado.

4.2 ESTUDIO DEL HORNEADO

4.2.1 VARIACIÓN DE MASA

Las pérdidas de peso durante el proceso de horneado se deben fundamentalmente a la evaporación del agua debido al calor. En el presente trabajo se ha estudiado la variación de peso de los snacks durante el horneado con el objetivo de evaluar la incidencia de la incorporación del subproducto.

En la figura 5 se muestra como desciende el peso a lo largo del tiempo de horneado. En esta se puede observar una clara diferencia entre el control, que presenta una menor pérdida de peso con respecto al resto de las formulaciones, las cuales presentan una tendencia muy similar. El análisis de la varianza contemplando los factores: porción del subproducto, tamaño de partícula, concentración de sustitución, tiempo de horneado y las interacciones entre ellos, indicó que durante el proceso no hay diferencias significativas de pérdidas de peso respecto a la porción del subproducto y al tamaño de partícula, en cambio sí que hay diferencias significativas según la concentración (F-ratio 87.60), el tiempo de horneado (F-ratio 1016.79) y así como la interacción tipo-tamaño (F-ratio 29.19). En el estudio de la elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarroba y avena para planes sociales desarrollado por Macías y col., (2013), también se observó una mayor pérdida tras el horneado en las mezclas de harina de trigo, harina de algarroba y avena respecto al control, 100% harina de trigo.

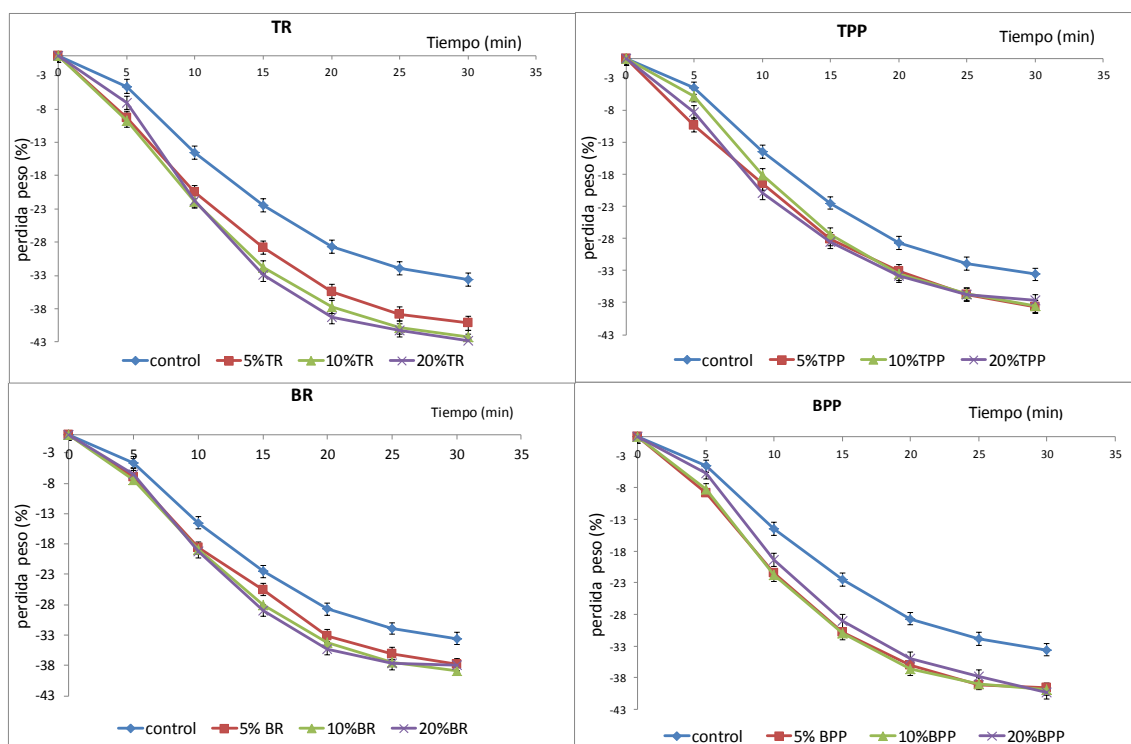


Figura 5. Pérdida de peso para las diferentes formulaciones de los snacks durante el proceso de horneado. Las barras muestran la desviación estándar.

Como se puede observar en la figura 6, en la que se muestra la pérdida de peso al final del proceso de horneado, todos los snack con subproducto presentaron una mayor merma que el control, siendo los snacks elaborados con el subproducto sin tratamiento los que presentaron

una mayor merma para cada uno de los niveles de sustitución. Si bien el área del snack influyó en el proceso de deshidratación que se produce en el horneado, esta no presentó un comportamiento lineal (figura 7) como inicialmente se espera, tal vez por la influencia de la porción del subproducto utilizada.

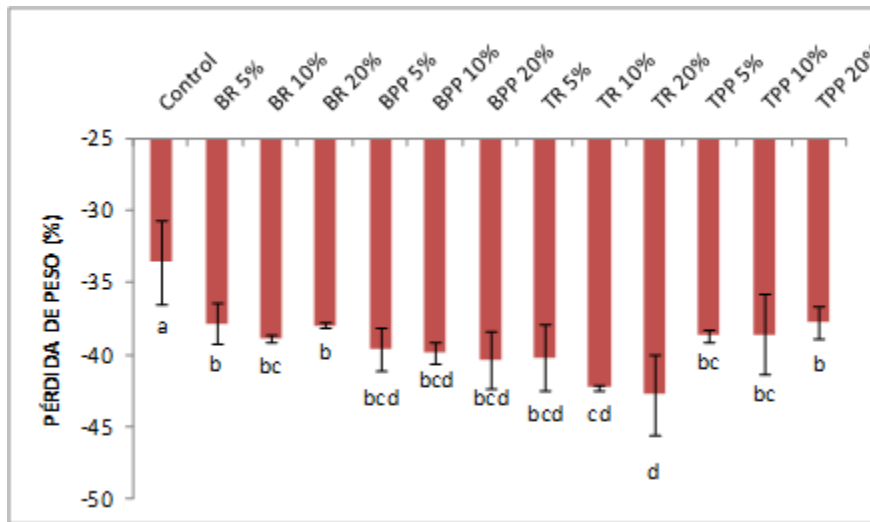


Figura 6: Pérdida de peso al final de la etapa de horneado para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran la desviación estándar.

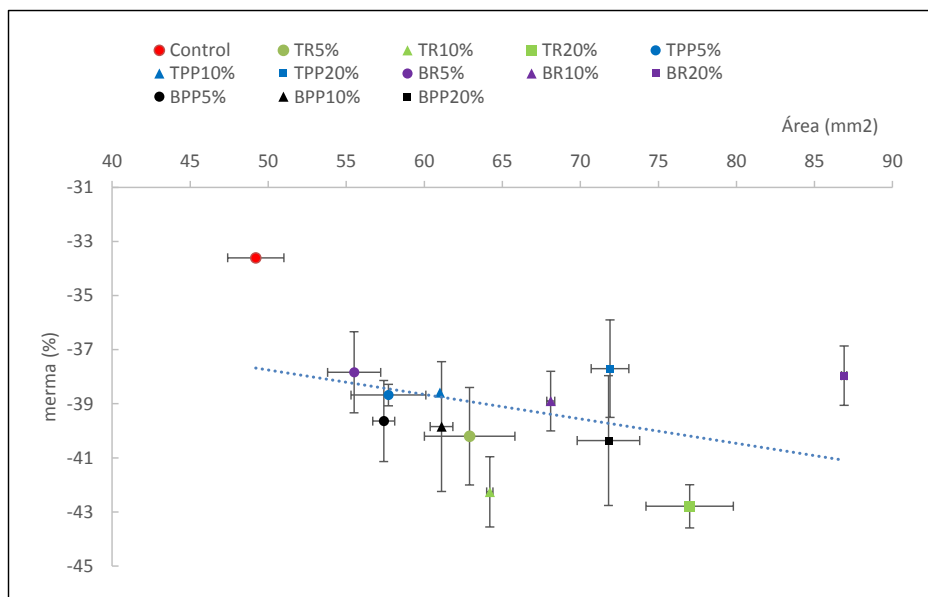


Figura 7: Relación entre la pérdida de peso al final del proceso de horneado y el área del snack para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran la desviación estándar.

4.3 ESTUDIO DEL PRODUCTO TERMINADO.

4.3.1 VARIACIÓN DE PESO EN LA FASE DE ATEMPERADO PREVIO ENVASADO

Tras la cocción en el horno acontece el enfriamiento del snack, como se muestra en el diagrama de flujo, con la finalidad de que este pueda ser envasado sin que se produzcan condensaciones.

Tras los 10 minutos de enfriado, a temperatura ambiente, los snack fueron pesados de nuevo. En la figura 8 se muestra la merma de los snack tras el tiempo de atemperado. El análisis de la varianza, contemplando los tres factores: tipo de harina, tamaño de partícula y porcentaje de sustitución, mostró que para la variación de peso (%) tras horneado y reposo hay diferencias significativas en cuanto al factor tipo, tamaño, concentración e interacciones, si bien las diferencias entre los snack se redujeron cuando se comparan con las existentes tras el horneado (figura 8).

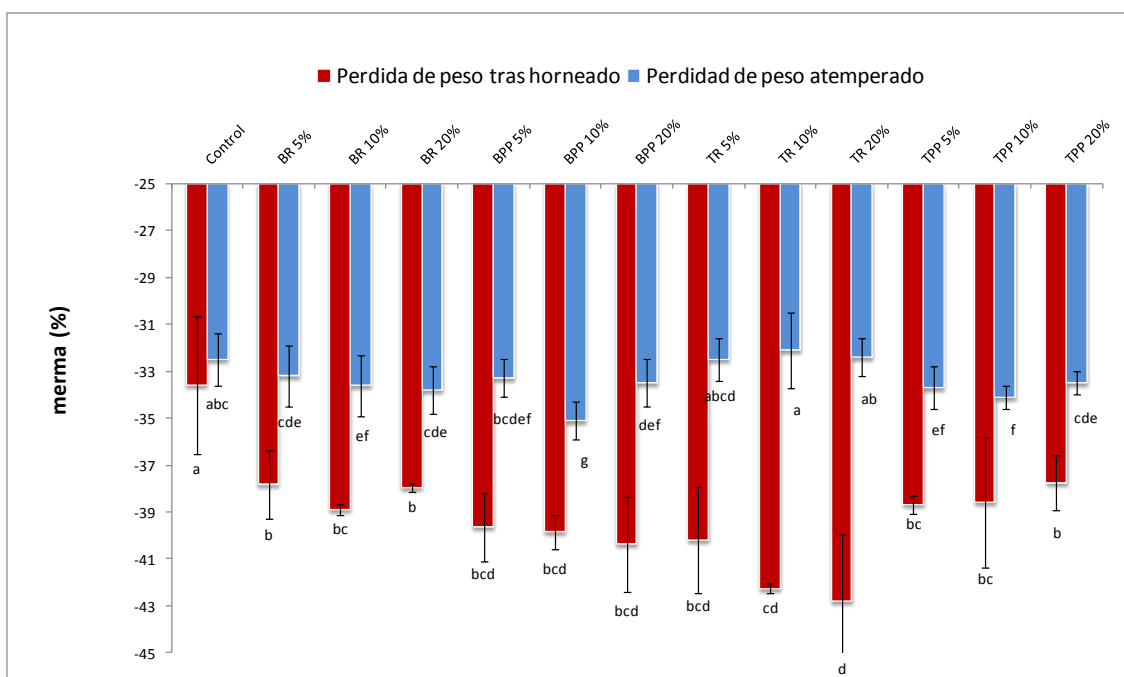


Figura 8: Pérdida de peso al final del proceso de horneado (figura 6) y la pérdida de peso tras el atemperado para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran la desviación estándar.

4.3.2 ACTIVIDAD DE AGUA

El estudio de valores de actividad de agua mostró como la incorporación del subproducto generó una bajada de estos con respecto a los valores de la muestra control, siendo este descenso mayor cuanto mayor fue el nivel de sustitución a excepción de la muestra BR 5% que tuvo valores similares a la control. Así el análisis estadístico mostró como solo el grado de sustitución fue la variable influyente (F-ratio 3,84).

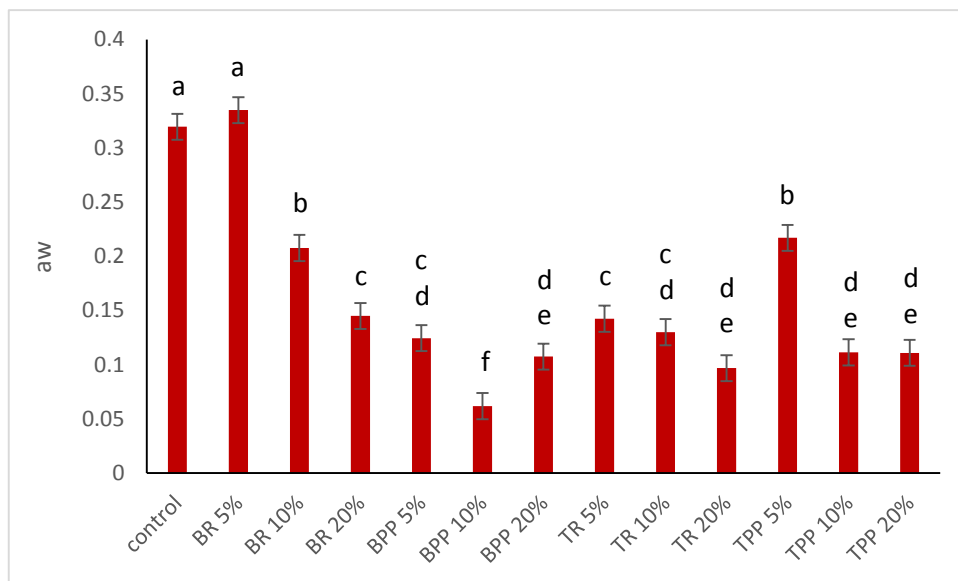


Figura 9: Valores de actividad de agua para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran los intervalos LSD con un nivel de confianza del 95%.

4.3.3 ANÁLISIS DE LA TEXTURA

El análisis de textura sobre las trece diferentes formulaciones de snacks se muestra en la figura 10. El análisis estadístico mostró como el tratamiento del subproducto (F-ratio 5,6) y el grado de sustitución (F-ratio 13,34) mostraron estadísticamente influencia sobre los valores de textura.

Los mayores valores de fuerza máxima de ruptura(N) fueron obtenidos por las muestras control y por las de un grado de sustitución de un 5%, disminuyendo los valores con el incremento del nivel de sustitución. La mayor fuerza de ruptura para las primeras se debe a su mayor contenido en gluten. La harina de trigo está compuesta básicamente por almidón y

proteínas. Las proteínas responsables de la formación de la red de gluten son la glutenina y la gliadina, las cuales forman una estructura muy compacta. El almidón es uno de los componentes de la harina que fortalecen el producto horneado mediante la gelatinización. Se observa un descenso de la fuerza de ruptura al aumentar la concentración del subproducto de la elaboración de horchata sustituida al igual que ocurre al sustituir harina de trigo por inulina, un glúcido complejo que forma parte de la fibra alimentaria como muestra estudios realizados por Islas-Rubio y col., (2012).Estos resultados se deben a una menor estructuración de la masa al tener menor presencia de gluten debido a la sustitución de la harina de trigo por el subproducto de chufa. El subproducto de chufa está compuesto mayormente por fibra insoluble, la cual no forma redes, haciendo que el producto sea más quebradizo.

El tratamiento del subproducto influyó de modo que cuando este fue incorporado como tal (TR) o (TPP) los valores obtenidos fueron mayores que los registrados por BR y BPP respectivamente.

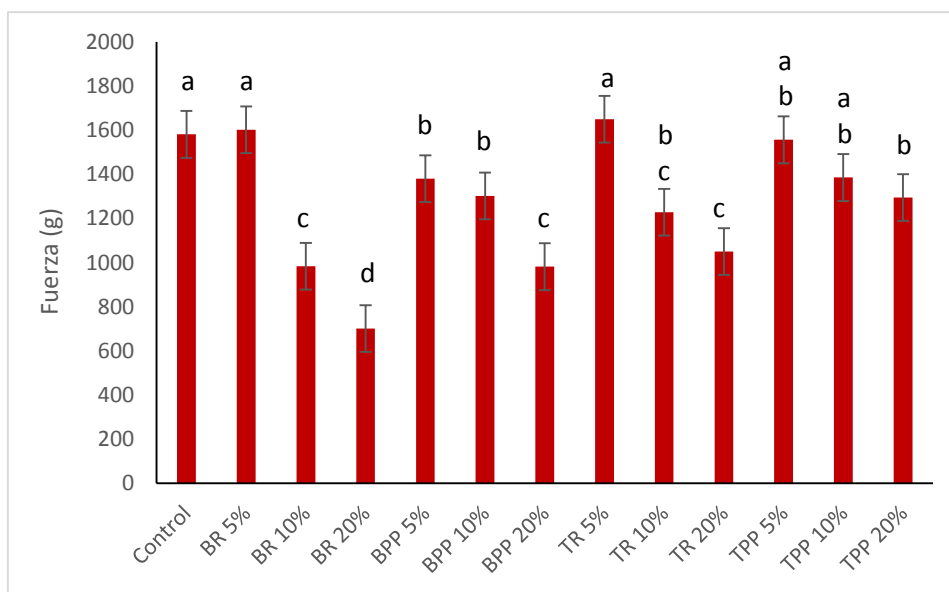


Figura 10: Valores de fuerza máxima (N) para las diferentes formulaciones de los snacks elaborados. Las barras muestran los intervalos LSD con un nivel de confianza del 95%.

4.3.4 ANÁLISIS DE COLOR

En la tabla 3 se muestran los resultados para los parámetros de color L^* , a^* y b^* . Para el parámetro L^* , no se evidenció influencia significativa del tipo de tratamiento del subproducto, pero sí del tamaño de partícula (F-ratio 181,87) y del porcentaje de sustitución (F-ratio 4,83), así como de las interacciones entre estos. En este sentido las muestras con menor tamaño de partícula (TPP y BPP) fueron las que presentaron los menores valores de L^* , disminuyendo estos con el incremento del grado de sustitución.

Para el parámetro a^* tanto el tratamiento del subproducto (F-ratio 4,61), el porcentaje de sustitución (F-ratio 21,52), tamaño de partícula (F-ratio 15,71) y las interacciones entre estos mostraron ser influyentes, de igual forma que lo fueron para el parámetro b^* (tratamiento del subproducto (F-ratio 38,31); porcentaje de sustitución (F-ratio 8,95); tamaño de partícula (F-ratio 36,79)), si bien en este caso la interacción entre el tratamiento del subproducto por el tamaño de partícula fue la que mayor incidencia mostró (F-ratio 173,60). Así los valores de a^* y b^* fueron incrementando al incrementarse el nivel de sustitución, siendo siempre mayores en el caso de las harinas totales (TR y TPP) de las denominadas blancas (BT y BPP). Este incremento se tradujo en un desplazamiento del color hacia las tonalidades marrones.

Tabla 3: Media para los valores de color de los parámetros L*, a* y b*, de los snacks elaborados con las diferentes formulaciones.

MUESTRAS	L*	a*	b*
Control	73,42 a	1,41 a	15,83 a
BPP 5%	68,03 cd	3,69 c	19,69 cd
BPP 10%	67,49 d	4,07 cd	21,16 de
BPP 20%	65,89 d	4,48 d	21,37 e
BR 5%	70,14 bc	2,99 bc	18,79 bc
BR 10%	71,84 ab	3,07 bc	19,03 4bc
BR 20%	73,31 a	2,71 b	17,65 b
TPP 5%	66,98 cd	3,25 bc	18,02 b
TPP 10%	65,55 d	4,09 cd	19,56 c
TPP 20%	63,11 e	4,37 cd	18,02 b
TR 5%	76,51 f	1,91 ab	22,14 e
TR 10%	73,11 a	4,14 cd	24,01 f
TR 20%	71,89 ab	5,31 e	27,72 g

Diferentes letras en la misma columna implican diferencias significativas ($p > 0.05$)

El análisis de la diferencia de color (ΔE) (figura 11) mostró como esta fue mayor para las muestras TR y TPP, dado que estas muestras mantienen el contenido inicial de fibra de la parte externa de la chufa y por tanto las diferencias también fueron mayores cuanto mayor fue el nivel de sustitución. En la misma figura 13 también se muestra, relacionando con la diferencia de color, el índice de blancura (IW). Como se puede observar existe una gran tendencia entre ambos parámetros, en el que el incremento de la diferencia de color se relaciona con un descenso en el índice de blancura, el cual fue mayor para la muestra control.

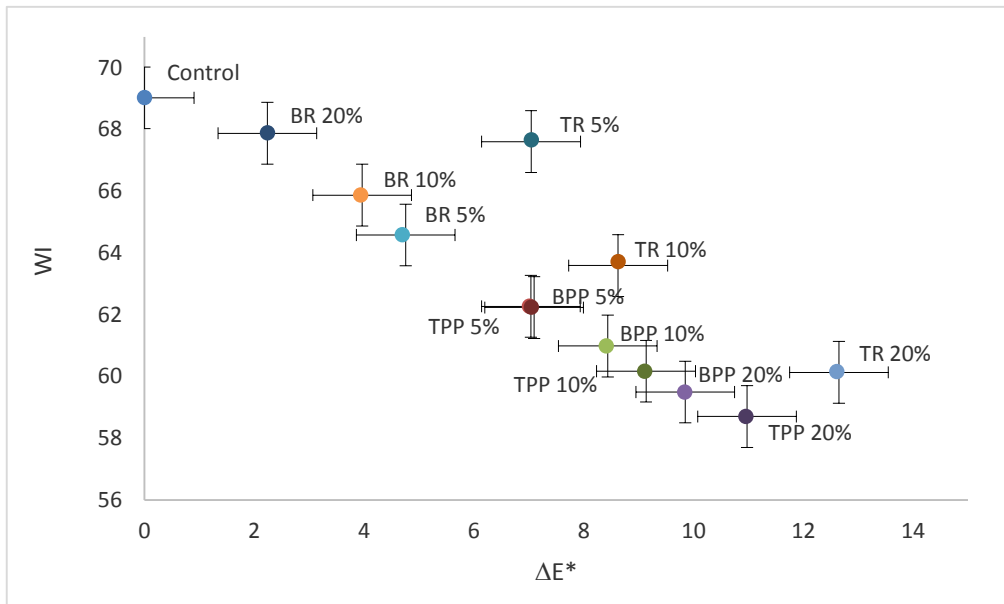


Figura 11: Relación entre la diferencia de color y índice de blancura de los snacks elaborados con las diferentes formulaciones.

4.4 ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se realizó mediante un panel de catadores no entrenados que evaluaron los snacks de las trece formulaciones diferentes que se muestran en la figura 12. Los catadores evaluaron seis parámetros: color, aroma, apariencia, sabor, textura y apreciación global. Para evaluar cada parámetro situaron cada código en un punto correspondiente a una escala hedónica desde muy desagradable hasta muy agradable.



Figura 12: Imagen de las distintas formulaciones de los snacks utilizados para la cata.

Los valores obtenidos en el análisis sensorial se muestran en la tabla 4, donde se analiza que formulaciones son diferentes significativamente respecto al control para cada uno de los parámetros evaluados por los catadores. En verde se muestran los valores inferiores al control que son significativamente diferentes y en rojo los valores superiores.

Tabla 4: Media, desviación típica y código de diferencias estadísticas respecto al control en el análisis sensorial. En verde se muestran los valores inferiores al control que son significativamente diferentes y en rojo los valores superiores.

	COLOR	AROMA	APARIENCIA	SABOR	TEXTURA	GLOBAL
control	6,2±1,1 a	5,5±0,9 bcd	6,1±1,1 a	5,4±1,5 abc	7,5±0,3 a	6,1±1,6 a
BR 5%	5,5±1,2 abcd	5,1±0,9 cd	5,5±1,0 abc	4,3±1,1 cd	6,0±1,8 de	5,5±0,9 abcd
BR 10%	4,9±1,3 cde	4,8±0,7 d	5,1±1,1 bcde	5,2±1,1 abcd	6,2±1,4 cde	6,0±0,6 ab
BR 20%	4,7±1,1 de	4,7±1,1 d	4,5±1,4 de	4,1±1,2 d	4,8±1,9 f	4,8±1,0 d
BPP 5%	5,3±1,1 abcd	5,2±1,0 bcd	5,4±0,9 abc	4,9±1,0 abcd	6,6±0,3 bcde	5,5±1,1 abcd
BPP 10%	5,5±0,9 abcd	5,5±1,0 bcd	5,4±0,9 abcd	5,5±1,3 ab	6,4±0,8 bcde	5,7±0,9 abc
BPP 20%	4,3±1,5 e	4,7±1,0 d	4,2±1,4 e	5,2±1,2 abcd	6,4±1,0 bcde	5,2±1,0 bcd
TR 5%	5,9±0,9 ab	6,0±1,2 ab	6,1±1,0 a	5,7±1,2 a	6,9±0,8 abc	5,8±0,9 ab
TR 10%	5,6±0,9 abc	5,4±0,8 bcd	6,0±0,6 ab	5,3±1,5 abc	6,8±0,9 abcd	5,8±1,1 ab
TR 20%	5,6±1,1 abcd	5,5±1,3 bcd	4,9±1,5 cde	4,5±1,5 bcd	5,8±0,9 e	4,8±1,1 d
TPP 5%	6,1±0,7 a	5,5±0,9 abcd	5,8±1,1 abc	5,0±1,2 abcd	6,9±0,6 abc	4,9±0,9 cd
TPP 10%	5,4±1,2 abcd	6,3±0,6 a	5,8±1,2 abc	5,5±1,6 ab	7,2±0,4 ab	5,8±1,2 ab
TPP 20%	5,2±1,3 bcd	5,8±0,9 abc	5,5±1,4 abc	5,3±1,4 abc	6,8±0,6 abcd	5,7±1,2 abc

En cuanto al color se observa que en general las muestras con la fibra blanca (BR y BPP) fueron peor evaluadas que las totales (TR y TPP), obteniéndose las peores puntuaciones para los niveles de sustitución más elevados (BR 20%, BR10%, BPP20% Y TPP20%). A medida que aumenta el contenido en fibra, dado por el subproducto de chufa, el color obtiene menos puntuación como también muestran las investigaciones realizadas por Sudha y col., (2007).

Para el parámetro apariencia los resultados obtenidos fueron muy similares a los anteriores, observándose las diferencias para los snacks elaborados con BR20%, BR10%, BPP20% y TR20%.

Analizando el parámetro de textura evaluado por los catadores se analizan diferencias significativas respecto al control en las formulaciones con el tipo de fibra blanca, en los dos tipos de tamaño y a todas las concentraciones. También hay diferencias significativas para la formulación TR 20%. La harina de chufa del tipo blanca tiene un menor tamaño de partícula respecto a la total, esto le da una al producto una textura más harinosa que es evaluado negativamente por el catador. En cuanto a los resultados obtenidos para los snacks elaborados con la TR al 20% pueden deberse a la menor fuerza de ruptura de estos, siendo menos crujientes.

En cuanto a la apreciación global, el control es el que más aceptación tiene dado que para todos los parámetros evaluados, excepto el aroma, presenta la mayor puntuación, si bien solo se observaron diferencias para los niveles de sustitución máximos (20%) a excepción de los elaborados con TPP 20% que no presentó diferencias significativas.

La finalidad de este análisis sensorial ha sido la de reducir el número de formulaciones para llevar a cabo otra cata en estudios posteriores. En este sentido las formulaciones que a priori podrían ser viables serían aquellas en las que en ningún parámetro evaluado se observaron diferencias significativas respecto al control (TR 5% Y TR10%). También lo podría ser la TPP 10% la cual solo presenta diferencias significativas respecto al control en el aroma, si bien esta diferencia es al alza, es decir, que mejor evaluada. Por último, si nos fijamos en el grado de sustitución sería interesante seleccionar TPP 20% ya que únicamente presenta diferencias significativas respecto al control, en el color.

5. CONCLUSIÓN

La incorporación del subproducto de la chufa ha generado importantes cambios en las etapas de producción de snacks y en las características del producto final. La reducción de gluten de trigo debido a la sustitución y la interrupción de la red de gluten por partículas de fibras produce una disminución en la capacidad viscoelástica de la masa de trigo. Este efecto genera chips con mayor superficie y menor espesor lo que produce un incremento en la pérdida de masa durante la fase de horneado que se traduce en un producto con menores valores de actividad de agua. Los snacks obtenidos en general presentan una textura con una menor fuerza de ruptura, la cual es más acentuada cuando se utiliza harinas con tamaño de partícula original, no reducida. El tamaño de partícula original genera mayor impacto en la formación de la fase influyendo sobre la textura y la actividad de agua, mientras que el tipo de harina de subproducto genera diferencias moderadas principalmente sobre la pérdida de peso durante el horneado. Por otro lado, la fracción blanca del subproducto tiene menos impacto sobre el color, pero solo cuando se usa con el tamaño original. Cuando es utilizada reduciéndole el tamaño de partícula, las diferencias de color que genera son iguales a las de la del subproducto original con la misma reducción de partícula.

Si bien estas diferencias tienen que tenerse en cuenta con la finalidad de que sean corregidas para obtener un producto similar al control, si es que es lo que se desea, el análisis sensorial mostró como la mayoría de las formulaciones fueron aceptadas globalmente. En este sentido

la formulación más interesante sería la elaborada con el subproducto original molido (TPP) dado que se elaboraron snacks hasta con un 20% de sustitución de trigo.

6. BIBLIOGRAFIA

AFHSE http://www.afhse.es/v_portal/apartados/apartado.asp?te=32 (6 de mayo de 21016)

ANDERSON, JW., BAIRD, P., DAVIS, RH JR, FERRERI, S., KNUDTSON, M., KORAYM, A., WATERS, V., WILLIAMS CL.2009. Health benefits of dietary fiber.

BAILEY C.H. 1940.Physical test of flour quality. *Wheat Studies*, 16, 243.

Boletín Oficial Del Estado (BOE). <http://www.boe.es/> (3 de mayo de 2016)

BRENNAN, M., DERBYSHIRE,E. ,TIWARI,B.K. AND BRENNAN,C.S. 2012.Enrichment of Extruded Snack Products with Coproducts from Chestnut Mushroom (*Agrocybe aegerita*) Production: Interactions between Dietary Fiber, Physicochemical Characteristics, and Glycemic Load.

EMPRESA TIGERNUTS. http://www.tigernuts.es/empresa_tigernuts_traders.html (2 de Mayo de 2016)

GARCÍA VALVERDE, VERÓNICA. 2014. Estudio del contenido de compuestos bioactivos en tomate. Evaluación de la materia prima. Efectos del tratamiento tecnológico y caracterización del subproducto.

HERMIDA, J.R. 1993. Tratamiento y aprovechamiento del orujo de aceituna. Tecnologías complementarias en la industria alimentaria.

HOSENEY, R. 1994. Principles of cereal science and technology. St. Paul, MN: AACC International.

ISLAS-RUBIO, A., HERNÁNDEZ-ZEPEDA, A.; CALDERÓN DE LA BARCA, A.; BALLESTEROS-VÁSQUEZ, M. N; GRANADOS-NEVÁREZ, M.; VÁSQUEZ-LARA, F. 2012.Formulación y elaboración de pastelillos tipo brownies con más fibra y menos calorías que los convencionales.

JUDD, D. B. AND G. WYSZECKI. 1963. Color in Business, Science and Industry. New York: John Wiley & Sons.

KERR, W.L., WARD,C.D.W., MCWATTERS,K.H., RESURRECCION,A.V.A.2001. Milling and particle size of cowpea flour and snack chip quality.

MACÍAS, S.,BINAGHI, M.J , ZULETA,A. , RONAYNE DE FERRER,P. , COSTA,K. , GENEROSO,S. 2013. Desarrollo de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarroba (*Prosopis alba*) y avena para planes.

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.

SÁNCHEZ-ZAPATA,E. ; FUENTES-ZARAGOZA,E. ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.;SENDRA,E.; SAYAS,E. ; NAVARRO,C. AND PÉREZ-ÁLVAREZ,J.A. 2009.Preparation of dietary fiber powder from tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk (“Horchata”) byproducts and its physicochemical properties.

SELMA M.V, FERNÁNDEZ P.S., VALERO M, VALERO M, SALMERÓN M.C. 2003. Control of *Enterobacter aerogenes* by high-intensity, pulsed electric fields in horchata, a Spanish low-acid vegetable beverage.

SHEWRY, P. R., HALFORD, N. G., BELTON, P. S., & TATHAM, A. S. 2002. The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 357(1418), 133-142.

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

ZUCCO, F. ; BORSUK, Y. ; ARNTFIELD, S.D. 2011. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *Food Science and Technology* 44, 2070-2076.