

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS
TEKNIKOA**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA***

**EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO EN
LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS
Y SENSORIALES DE PRODUCTOS DE PANADERÍA**

presentado por

FRANCESCA VOLPE SAINZ *e)k*

aurkeztua

**GRADO EN INNOVACIÓN DE PROCESOS Y PRODUCTOS ALIMENTARIOS
*GRADUA ELIKAGAI PROZESU ETA PRODUKTUEN BERRIKUNTZAN***

Junio, 2017 /*Ekaina, 2017*

RESUMEN

La mejora de la calidad de productos libres de gluten es uno de los retos actuales del sector alimentario debido a la demanda generada por la población celíaca y la tendencia de un sector de la población por evitar alimentos con gluten en su dieta como estrategia para mejorar la salud. El gluten está formado por dos fracciones de proteínas diferentes, gliadinas y glutelinas, que confieren cohesividad y propiedades viscoelásticas a las masas. En el presente trabajo se estudió el efecto que ejerce la sustitución de harina de trigo sobre las propiedades físico-químicas, tecnológicas y sensoriales de un producto de panadería, bastones, que se consumen como *snack*. Se caracterizaron 5 variedades de este tipo de bastones comerciales basados en harina de trigo, para los parámetros se analizó el porcentaje de humedad y Fuerza máxima de corte. Se elaboraron bastones basados en 5 tipos de harinas libres de gluten (harina de maíz, arroz, trigo sarraceno y garbanzo) y se seleccionaron las harinas de maíz y arroz por su mejor valoración sensorial (sabor). Se fijó la formulación control a base de harina de trigo y se realizaron dos ensayos de sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de arroz. El aumento del contenido en harina de maíz provocó un aumento significativo de la Fuerza máxima de corte de los bastones mientras que al sustituir la harina de trigo por la de arroz el efecto fue el contrario. A partir de la valoración sensorial de las muestras se aprobaron los bastones basados en harina de maíz y harina de arroz. Así se ajustaron las formulaciones y parámetros de proceso para elaborar bastones de harina de maíz y harina de arroz y se propuso el empleo de semillas para mejorar los productos desarrollados. Los bastones desarrollados se caracterizaron para los parámetros de Fuerza máxima de corte, porcentaje de humedad y color. Los bastones de harina de maíz y de arroz con semillas fueron aprobados y calificados positivamente por un panel de 25 consumidores habituales de este tipo de productos.

Palabras claves: Harinas, gluten, maíz, arroz, bastones, Fuerza máxima de corte

ABSTRACT

The improvement of the quality of gluten-free products is one of the current challenges of the food sector due to the demand of the celiac population and the tendency of a sector of the population to avoid food with gluten in their diet as a strategy to improve the health. Gluten consists of two different protein fractions, gliadins and glutelins, which confer cohesiveness and viscoelastic properties to the masses. The effect of the substitution of wheat flour on the physical-chemical properties, technological and sensorial properties of a bakery product –sticks which are consumed as snacks- are studied in this work. Five varieties of this type of commercial sticks based on wheat flour were characterized based on the percentage of humidity and the maximum cutting force. Sticks were made based on 5 types of gluten-free flour (corn flour, rice, buckwheat and chickpea) and cornmeal and rice flours were selected for their sensory evaluation (flavour). The wheat flour-based control formulation was fixed, and two partial flour substitution tests were performed, wheat flour for corn and rice flour. The increase in the corn flour content caused a significant increase in the maximum cutting force of the sticks. On the other hand, the effect was the opposite when wheat flour was replaced by rice flour. The sensory evaluation of the samples showed that sticks which were based only on corn and wheat flour could be accepted. Thus, the formulations and process parameters were adapted to elaborate corn and wheat flour sticks. The use of seed was also proposed to improve the developed products. The developed sticks were characterized for the parameters of maximum cutting force, percentage of humidity and colour. The corn flour and rice seeds sticks were approved and graded positively by a panel of 25 regular consumers of this type of products.

Key words: Flours, gluten, corn, rice, sticks, maximum cutting force

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
Gluten e Industria Alimentaria.....	1
Función del gluten en las masas de productos horneados.....	4
Harinas libres de gluten utilizadas como alternativa a la harina de trigo.....	5
2. OBJETIVO GENERAL	8
3. MATERIAL Y METODO	8
3.1 CARACTERIZACIÓN PRODUCTO COMERCIAL.....	8
3.2 ELABORACIÓN DE BASTONES BASADOS EN HARINA DE TRIGO A NIVEL DE PLANTA PILOTO	9
3.3 <i>SCREENING</i> DE HARINAS Y PORCENTAJES DE SUSTITUCIÓN DE HARINA.....	10
3.3.1 <i>SCREENING</i> DE HARINAS	10
3.3.2 MEJORA DE LA HOMOGENEIDAD DEL PRODUCTO	11
3.3.3 PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN DE HARINA.....	12
3.3.4 COMPARACIÓN DE ELABORACIONES CON 100% HARINA DE TRIGO, HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE ARROZ.	13
3.4 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS NUEVOS <i>SNACKS</i>	14
3.5 APROBACIÓN CONSUMIDORES	16
4. RESULTADOS	17
4.1 CARACTERIZACIÓN PRODUCTO COMERCIAL.....	17
4.2 BASTONES DE REFERENCIA.....	18
4.3 <i>SCREENING</i> DE HARINAS Y PORCENTAJES DE SUSTITUCIÓN DE HARINA.....	20
4.3.1 <i>SCREENING</i> DE HARINAS	20
4.3.2 MEJORA DE LA HOMOGENEIDAD DEL PRODUCTO	20
4.3.3 PORCENTAJE SUSTITUCIÓN DE HARINA	21
4.3.4 COMPARACIÓN DE ELABORACIONES CON 100% HARINA DE TRIGO, HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE ARROZ.	24
4.4 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS NUEVOS <i>SNACKS</i>	27
4.4.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMULACIÓN 100% TRIGO	27
4.4.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMULACIÓN 100% ARROZ.....	28
4.4.3 DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMULACIÓN 100% MAÍZ	28
4.5 APROBACIÓN CONSUMIDORES	32
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
6. CONCLUSIÓN	35

7. BIBLIOGRAFÍA..... 36

ANEJOS

ANEJO 1: Relación de ingredientes de las 5 variedades de *snacks* Velarte analizadas .

ANEJO 2: Información nutricional de las harinas sin gluten utilizadas como alternativa a la harina de trigo

ANEJO 3: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) de las muestras de bastones comerciales.....

ANEJO 4: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) del ensayo de porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de arroz y maíz.....

ANEJO 5: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) del ensayo de comparación de formulaciones con el 100% de harina de trigo, arroz y maíz.

ANEJO 6: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) de los bastones obtenidos a partir de las planchas de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones ensayo de textura	9
Tabla 2. Formulaci3n base.....	10
Tabla 3. Formulaci3n de bastones elaborados en planta piloto. Adaptaci3n desde formulaci3n de referencia hasta formulaci3n control. Datos expresados en porcentaje respecto al total de harina presente en cada formulaci3n	10
Tabla 4. Formulaciones de los bastones elaborados con las harinas libres de gluten	11
Tabla 5. Formulaci3n base para el ensayo de porcentajes de sustituci3n.....	12
Tabla 6. Formulaci3n de los bastones para el ensayo sustituci3n de harina de trigo por harina de arroz y harina de ma3z.....	14
Tabla 7. Formulaciones para moldes de silicona.....	16
Tabla 8. Formulaci3n de bastones elaborados en planta piloto. Adaptaci3n desde formulaci3n de referencia hasta formulaci3n control. Datos expresados en porcentaje respecto al total de harina presente en cada formulaci3n.	17
Tabla 9. Coordenadas de color L*, a* y b* de los bastones comerciales.....	17
Tabla 10. Caracterizaci3n de bastones elaborados a escala de planta piloto. Fuerza m3xima de corte y porcentaje de humedad de las adaptaciones desde la referencia hasta el establecimiento de la formulaci3n y proceso control.	18
Tabla 11. Coordenadas de color L*, a* y b* de la superficie de los bastones elaborados a partir de las formulaciones de adaptaci3n.....	19
Tabla 12. Contenido de humedad de las elaboraciones obtenidas del ensayo de sustituci3n parcial harina de trigo-harina de arroz y harina de trigo-harina de ma3z	21
Tabla 13. Coordenadas de color de las elaboraciones del ensayo de sustituci3n parcial de harina de trigo por harina de arroz.....	23
Tabla 14. Coordenadas de color de las elaboraciones del ensayo de sustituci3n parcial de harina de trigo por harina de ma3z	23
Tabla 15. Fuerza m3xima de corte de las elaboraciones con 100% de harina de trigo, arroz y ma3z	25
Tabla 16. Porcentaje de humedad de las muestras correspondientes al ensayo con 100% de harina de trigo, arroz y ma3z.	25
Tabla 17. Coordenadas de color de las muestras correspondientes al ensayo con el 100% harina de trigo, arroz y ma3z.....	26
Tabla 18. Formulaciones de las planchas elaboradas a partir de harina de trigo de fuerza	27
Tabla 19. Formulaciones de las planchas elaboradas a partir de harina de arroz.....	28
Tabla 20. Formulaciones de las planchas elaboradas a partir de harina de ma3z	29
Tabla 21. Contenido de humedad de los bastones obtenidos de las planchas realizadas con harina de trigo, harina de arroz y harina de ma3z,	31
Tabla 22. Coordenadas de color de las superficie de los bastones obtenidos mediante planchas	32
Tabla 23. Fuerza m3xima de corte de los bastones elaborados con moldes de silicona	32
Tabla 24. Coordenadas de color de los bastones realizados para la evaluaci3n sensorial	33
Tabla 25. Ingredientes bastones comerciales	1
Tabla 26. Informaci3n nutricional de las harinas sin gluten.....	2

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del consumo de productos libres de gluten de 2014 a 2020. (Gráfico elaborado a partir de datos de Martínez, 2017)	3
Figura 2. Presentación de snacks comerciales	4
Figura 3. Variedades de snacks de la marca Velarte	4
Figura 4. Principales proteínas del gluten	4
Figura 5. Variación formulación harina de trigo – arroz	13
Figura 6. Variación formulación harina de trigo – maíz	13
Figura 7. Precocción plancha	15
Figura 8. Corte en tiras	15
Figura 9. Diagrama de flujo planchas.....	16
Figura 10. Fuerza máxima de corte de los bastones del ensayo de sustitución parcial de harina trigo-harina de arroz.	22
Figura 11. Fuerza máxima de corte de los bastones del ensayo de sustitución de harina trigo-harina de maíz.....	22
Figura 12. Variación de color de las muestras correspondientes al ensayo de sustitución harina de trigo por harina de arroz.....	24
Figura 13. Variación de color de las muestras correspondientes al ensayo de sustitución harina de trigo por harina de maíz	24
Figura 14. Comparación de color de las formulaciones con 100% harina de trigo, 100% harina de arroz y 100% harina de maíz	26
Figura 15. Plancha horneada a partir de 1240g de masa.	27
Figura 16. Tiempos de horneado en función de la harina e ingredientes utilizados.....	29
Figura 17. Fuerza máxima de corte de los bastones obtenidos de las planchas de trigo..	30
Figura 18. Fuerza máxima de corte de los bastones obtenidos de las planchas de arroz.	30
Figura 19. Fuerza máxima de corte de los bastones obtenidos de las planchas de maíz.....	30
Figura 20. Puntuación de la evaluación sensorial sobre una escala de 1 a 7.....	33

1. INTRODUCCIÓN

Gluten e Industria Alimentaria

Los cereales constituyen la base de la pirámide nutricional, forman parte de la alimentación de gran parte de la población mundial. En algunos casos los cereales pueden causar alergias e intolerancias alimenticias, como es el caso de la intolerancia al gluten y la enfermedad celiaca (Molina-Rosell & Cristina, 2013).

Hay tres condiciones patológicas relacionadas con la ingesta de gluten que están en aumento y que han causado un aumento de demanda en el mercado de productos sin gluten (Mancebo, Picón, & Gómez, 2015).

- Alergia alimentaria: representa un 0,2%-0,5% de la población, con implicaciones clínicas
- La enfermedad celíaca: implica entre 0,1% y 1,6%
- Sensibilidad al gluten: intolerancia al gluten.

La enfermedad celiaca es una intolerancia inmune causada por gluten, que se caracteriza por una respuesta inmune inapropiada de los linfocitos T del intestino delgado a péptidos del gluten en individuos genéticamente predispuestos. Provoca una mala absorción intestinal, inflamación crónica de la mucosa del intestino delgado y atrofia de las vellosidades intestinales (Van Hees, Van der Does, & Giltay, 2013).

La terapia utilizada para esta enfermedad es una dieta libre de gluten que conlleva retirar de forma permanente todos aquellos alimentos que contengan gluten y de esta forma prevenir la inflamación intestinal, la atrofia de la mucosa y la malabsorción de nutrientes. También puede darse el caso de personas que no toleran las proteínas de gluten debido a reacciones alérgicas mediadas por inmunoglobulinas E (Wieser, 2008).

El 1% de la población de nuestro país está diagnosticada como celíaca y se considera que hay aproximadamente 450.000 personas sin diagnosticar su intolerancia al gluten. Un informe de Leatherhead Food Research de diciembre 2001, declaró la nueva tendencia de consumo de alimentos “sin gluten” como más sanos y beneficiosos y la industria alimentaria ha elevado en cinco veces más el lanzamiento de este tipo de productos para hacer frente a la creciente demanda. Así, los retos y oportunidades del sector se centran en 2 aspectos:

1. El precio de los alimentos sin gluten

Según el informe de precios sobre productos sin gluten de 2015 realizado por la Federación de Asociaciones de Celíacos de España (FACE) se calcula un gasto del 288,56% comparado con una persona que no tenga esta necesidad de consumo. El precio de este tipo de alimentos se ve influenciado por la dificultad de elaboración, tipo de ingredientes, controles de tratamientos, procesos de fabricación y elaboración de

producto, así como del encarecimiento de costes debido al menor volumen de producto fabricado.

2. Mayor variedad de productos bajos en gluten

El informe realizado por Packed Facts de 2014 indica que la etiqueta “sin gluten” atrae al consumidor por la percepción de productos más saludables e incluso como productos de “calidad superior”. En España también existe tal afirmación según la FACE. La I+D+i juegan un papel fundamental, ya que el fin último es conseguir mayor calidad nutricional y cualidades sensoriales (AINIA, 2015).

La mejora de la calidad de productos sin gluten es uno de los retos que siguen presentes actualmente en la industria alimentaria. Según la FACE, el aumento del sector de productos sin gluten se debe a la mayor prevalencia, implicación de las grandes compañías de alimentación y a la actual demanda de productos que ofrezcan proteína vegetal. La mayor demanda genera mayor atractivo del sector, causando más competencia, variedad y la calidad de la oferta. Los productos sin gluten no solo atraen a consumidores que padecen la enfermedad celiaca, sino que también a personas que creen tener sensibilidad al gluten y personas que consideran que este tipo de dieta gluten-free es más saludable (FACE, 2016).

En la actualidad, a nivel mundial, las ventas de productos sin gluten ascienden a unos 2.900 millones de euros. Según la consultora de mercado Euromonitor, el mercado seguirá creciendo hasta 2020, pudiendo alcanzar los 4.000 millones de euros. Los analistas de la consultora Transparency Market Research (TMR) prevén un crecimiento del mercado europeo del 5,5% anual en ingresos y un 5% anual en cantidad de productos disponible, entre los años 2015 y 2021. El mercado de productos gluten-free puede verse amenazado por la dificultad de conseguir un sabor y textura adecuado, según Euromonitor. Los productos de panadería sin gluten son el segmento de mayor presencia en el sector sin gluten, destacando la creciente demanda de galletas (FACE, 2016).

Con el paso de los años la calidad nutricional y sensorial de estos productos ha mejorado, además de aumentar la variedad y la disponibilidad de dichos productos en el sector. En la actualidad este tipo de productos se comercializan tanto en a tiendas minoristas como en grandes superficies. Los productos de pan, galletas y aperitivos son los que predominan en el mercado de alimentos y bebidas libres de gluten. América del Norte es el mayor mercado con una cuota del 53% en productos libre de gluten en 2014, seguida por Europa y América del Sur (Martínez, 2017).

En Europa se prevé que el mercado de productos sin gluten tendrá una creciente demanda, centrada en productos como pan, galletas y aperitivos. En países como Italia, Reino Unido, Alemania, Francia y España, existe una elevada actividad del mercado sin gluten. Como se puede observar en la Figura 1, el mercado italiano alcanzó en 2014 los 232 millones de euros, seguido del Reino Unido con 155 millones, Alemania con 130 millones y Francia con 93 millones. Se valora que el mercado de alimentos sin gluten en 2019-2020 incrementará en Italia hasta alcanzará los 279 millones de euros, 188 millones en

Reino Unido, 159 millones en Alemania, 120 millones de euros en Francia y 53,5 millones en España (Martínez, 2017).

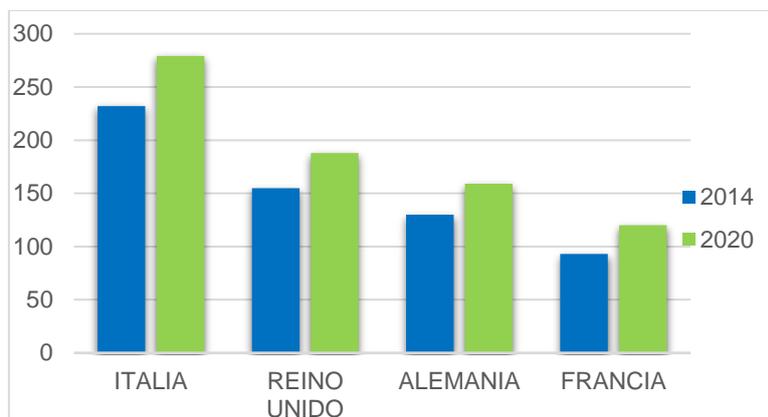


Figura 1. Evolución del consumo de productos libres de gluten de 2014 a 2020. (Gráfico elaborado a partir de datos de Martínez, 2017)

El etiquetado de estos alimentos ha mejorado considerablemente, en Europa el Reglamento de Ejecución (UE) 828/2014 que se aplica desde el 20 de julio de 2016, informa a los consumidores de la ausencia o la presencia reducida de gluten en los alimentos. “Así, se establecen las siguientes condiciones para el etiquetado de un producto:

- “Sin gluten”: deben contener menos de 20 ppm (20mg/kg) de gluten en su composición
- “Muy bajo en gluten”: sólo se puede utilizar en alimentos con menos de 100 ppm (100 mg/kg) que contengan trigo, centeno, cebada, avena o sus variedades híbridas, o que contengan uno o más ingredientes hechos a partir de estos cereales, que se hayan procesado específicamente para reducir su contenido de gluten.”

El actual cambio en el estilo de vida y la demanda de comidas listas para consumir ha generado una demanda cada vez más marcada en el mercado de los aperitivos, comúnmente denominados *snacks*. Los aperitivos o *snacks* son alimentos que se consumen entre comidas y a veces en lugar de éstas. En la Figura 2 se presentan los *snacks* comercializados actualmente. Son rápidos y fáciles de comer y tienen gran aceptación en la población. Aportan variedad a la dieta y sobre todo la comodidad y facilidad de consumo en cualquier lugar y momento. Los consumidores principales de este tipo de alimentos son personas con niveles económicos medios, en donde destacan niños y adolescentes. En muchas ocasiones los *snacks* son vistos como perjudiciales para la salud, debido a sus altos niveles de azúcar, sal y grasas, es por ello que las tendencias actuales a la hora de producir estos productos se dirigen hacia la reducción de estos tres ingredientes de forma que sean más saludables a la vez que menos perecederos y más atractivos. En la actualidad cada vez cobran más importancia los aperitivos a base de cereales, por su valor nutricional y cualidades sensoriales (Jaramillo Burbano & Reinoso Silva, 2009; Mir, Bosco, & Shah, 2017).



Figura 2. Presentación de snacks comerciales

Hoy en día uno de los *snacks* más comunes son los palitos o bastones de pan, la variedad de este tipo de productos es muy amplia, se pueden encontrar de diferentes ingredientes y sabores como: queso, tomate y orégano, quínoa, algas, y variedad de semillas (Figura 3).



Figura 3. Variedades de snacks de la marca Velarte

Función del gluten en las masas de productos horneados

La harina de trigo contiene un 80% de gluten, que a su vez está formado principalmente por dos fracciones proteicas diferentes, las gliadinas y las gluteninas (Figura 4). Éstas confieren cohesividad y propiedades viscoelásticas a las masas panarias (Molina-Rosell & Cristina, 2013).

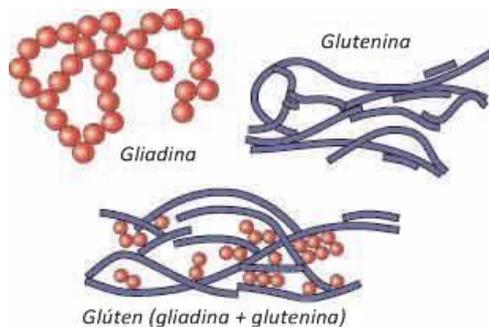


Figura 4. Principales proteínas del gluten

De acuerdo al Reglamento N° 41/2009 de la Comisión de las Comunidades Europeas sobre la composición y etiquetado de productos alimenticios apropiados para personas con intolerancia al gluten con aplicación a partir del 1 de enero de 2012, “se entenderá por «gluten»: una fracción proteínica del trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas y derivados de los mismos, que algunas personas no toleran y que es insoluble en agua y en solución de cloruro sódico de 0,5 M”.

El gluten posee una importancia tecnológica fundamental debido a la interacción de las gliadinas y glutelinas, cuando la harina es mezclada y trabajada mecánicamente con agua. Estas proteínas del gluten otorgan las características únicas del trigo durante el horneado, proporcionando cohesividad, viscosidad, capacidad de absorción de agua, extensibilidad, elasticidad, tolerancia al mezclado, y capacidad de retener gas. También presenta propiedades funcionales a la hora de su utilización en sistemas alimentarios, como la capacidad de desarrollar masas viscoelásticas, la capacidad de formar películas, las propiedades termoestables y su capacidad de absorción de agua (Matos Segura, 2013).

La categoría de productos que presenta mayor limitación a la hora de generar productos sin gluten son los productos de panadería. Las propiedades de cohesividad de la masa de productos horneados a base de trigo son debidas a las proteínas presentes en el gluten, es por ello que las masas de productos libres de gluten poseen menor cohesividad, menor elasticidad y mayor pegajosidad que el trigo, siendo más difíciles de manejar. Los diferentes productos sustitutos de la harina de trigo que se utilizan para su formulación no poseen gluten lo que provoca la formación de masas poco consistentes y líquidas. Estas masas se asemejan a masas batidas, de consistencia semi-líquida que con frecuencia se denominan “batter ó batidos” y en lugar de ser amasadas son mezcladas mecánicamente. Muchas de las formulaciones, a las cuales se les ha eliminado el gluten poseen baja calidad tecnológica y es por ello que los productos de panadería libres de gluten poseen textura disgregable además de otros defectos de sabor y color (Matos Segura, 2013; Molina-Rosell & Cristina, 2013).

En los últimos años la I+D+i dirigida a procesos de elaboración de productos de panadería sin gluten ha ido en aumento (Gallagher, Gormley, & Arendt, 2004) y para conseguir unas propiedades tecnológicas análogas a las de masas que contienen gluten se utilizan como aditivos diferentes hidrocoloides (almidones, gomas y otros) que actúan como agentes estructurantes y retienen el agua (Matos Segura, 2013). Para adaptar este producto a las exigencias de los consumidores que siguen una dieta estricta sin gluten, se genera un nuevo producto en donde en primer lugar se sustituye la harina de trigo por otro tipo de harina que no lo contenga (Molina-Rosell & Cristina, 2013).

Harinas libres de gluten utilizadas como alternativa a la harina de trigo

Los cereales más utilizados como alternativa al trigo y que también se están utilizando como ingredientes en la elaboración de productos libres de gluten son: maíz, arroz, garbanzo y pseudocereales como el sorgo, mijo, quínoa, amaranto y trigo sarraceno.

Como se ha comentado anteriormente, la ausencia del gluten afecta también a la funcionalidad de las masas que forman, por lo que harina de estos cereales y pseudocereales puede presentar inconvenientes tecnológicos a la hora de fabricar un aperitivo. Este cambio en la formulación del producto supone ajustar el proceso de elaboración ya que las harinas son muy distintas en cuanto a estructura y sabor (Molina-Rosell & Cristina, 2013).

La harina de arroz es una alternativa muy utilizada actualmente para la preparación de alimentos libres de gluten. Posee bajos niveles de prolaminas, estos péptidos son los que actúan como toxinas en pacientes celíacos. Las proteínas del arroz aportan ventajas sensoriales como sabor suave y color blanco, aunque poseen escasas propiedades funcionales para la producción de alimentos, debido a que los productos horneados hechos a base de harina de arroz tienen un volumen específico bajo y una miga muy compacta, causado por el bajo contenido de fracciones de prolaminas, necesarias para desarrollar la red de proteínas de la masa (Badiu, Aprodu, & Banu, 2014).

Es utilizada por su valor nutricional y sabor. Las harinas de arroz varían en función del contenido en amilosa, que determina las propiedades viscoelásticas y la temperatura de gelatinización. Además, se pueden diferenciar también en función de cultivo, la variación ambiental, método de molienda, y tratamientos aplicados. Los factores que influyen en gran medida en las propiedades de la harina de arroz son:

- Tiempo que transcurre entre la cosecha y la molienda
- Temperatura durante el proceso de secado
- Las etapas de secado
- Tipo de molienda aplicado: en función del método y tipo de molino que se utiliza, el tamaño de partícula de la harina variará, así como la cantidad de almidón dañado. Esto influirá en las propiedades de pegajosidad de la masa.
- Condiciones de almacenamiento: para aumentar la estabilidad de dicha harina se utilizan atmósferas inertes o una temperatura y humedad bajas.

Las propiedades reológicas de la harina de arroz también se ven influidas por la temperatura, contenido de lípidos y humedad. Las masas elaboradas a partir de dicho cereal necesitan mayor hidratación que las masas realizadas con harina de trigo para alcanzar mayor estabilidad. Debido a la dilución de amilosa las masas de arroz tienen menor retroceso, pero aumenta la velocidad de degradación enzimática debido a la alta disponibilidad de agua. Por lo tanto, un aumento de la humedad reduce la viscosidad, así como un aumento en el contenido de lípidos (Gujral & Rosell, 2004).

La harina de arroz actualmente es muy utilizada para elaborar productos como sustituto al trigo, por su sabor suave, digestibilidad y propiedades hipoalérgicas. Es una harina con bajo contenido en proteínas y sodio. Sus proteínas de carácter hidrófobo son insolubles e imposibilitan la formación de una masa viscoelástica, carente de una red de proteínas al amasarlo con agua (Gujral & Rosell, 2004).

La harina de maíz también carece de gluten lo significa que también es adecuada para personas con enfermedad celíaca o intolerancia al gluten. En función del grado de

extracción, los porcentajes de nutrientes de dicha harina varían. Al poseer mayor concentración de azúcares comparado con el trigo, el producto final presenta mayor caramelización.

La utilización de harina de maíz, en productos libres de gluten confiere características distintas al trigo, provocando cambios en la textura, volumen, porosidad, elasticidad y dureza. La molienda es proceso crítico para las propiedades de la masa ya que el tamaño de partícula también en este caso influye en capacidad de absorción de agua, en la viscosidad y en la cantidad de almidón dañado. Cuanto mayor es el tamaño de partícula menor es la absorción de agua y almidón dañado (Moreira, Chenlo, Arufe, & Rubinos, 2015).

Los pseudocereales como el mijo, quínoa, amaranto y trigo sarraceno, se están utilizando cada vez como ingredientes de productos libres de gluten (Molina-Rosell & Cristina, 2013). Estas semillas poseen un excelente perfil de nutrientes. Son una fuente de energía debido a su contenido de almidón además proporcionan proteínas de buena calidad, fibra dietética y lípidos ricos en grasas insaturadas. También se caracterizan por contiene niveles altos de micronutrientes importantes, como minerales, vitaminas y cantidades importantes de componentes bioactivos, tales como saponinas, fitosteroles, escualeno y polifenoles (Alvarez-Jubete, Auty, Arendt, & Gallagher, 2009).

La harina de trigo sarraceno es rica sobre todo en fibra y minerales (K, Mg, Fe, Na, Cu, Mn, Sr, Li) además de proteínas. Se caracteriza por un alto contenido de sustancias fitoquímicas, posee una actividad antioxidante elevada por el alto contenido en compuestos fenólicos. Sus proteínas son de alta calidad nutricional debido a los altos nivel de lisina. El amaranto posee un alto contenido de proteína y niveles significativos de calcio, hierro, potasio, fósforo, vitaminas, aminoácidos esenciales y fibras dietéticas (Badiu *et al.*, 2014).

La harina de mijo también es rica en proteínas y minerales, por ello se están utilizando cada vez más en la formulación de productos sin gluten. El método utilizado para obtener harina de amaranto influye en la uniformidad del tamaño de partícula. El método de molienda, por tanto, juega un papel importante en la calidad de la harina. En cuanto a su composición nutricional que posee gran cantidad de proteínas, fibra y minerales (Molina-Rosell & Cristina, 2013).

La quínoa es muy nutritiva, debido la calidad y cantidad de proteínas y ácidos grasos esenciales, además contiene mayor cantidad de aminoácidos en comparación con la harina de trigo (Turkut, Cakmak, Kumcuoglu, & Tavman, 2016). El garbanzo es una leguminosa rica en proteínas, hidratos de carbono, minerales y vitaminas. Se trata de un producto libre de gluten, y por ello en muchas ocasiones se utiliza en la formulación de dichos productos.

2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este TFG se centró en el desarrollo de bastones horneados sin gluten basados en la sustitución de la harina de trigo empleada actualmente en la industria alimentaria.

Así, se establecieron 6 objetivos específicos:

1. Caracterización del producto disponible en el mercado y determinación de sus principales propiedades físico-químicas
2. Determinación de la formulación y principales parámetros de proceso de bastones horneados basados en harina de trigo a escala de planta piloto
3. Selección de harinas sin gluten capaces de formar bastones de características físico-químicas y sensoriales adecuadas a través de un proceso de horneado
4. Determinación del efecto ejercido por la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y arroz en las principales propiedades físico-químicas y tecnológicas de bastones horneados
5. Determinación de la formulación y principales parámetros de proceso de bastones horneados basados exclusivamente en harina de maíz o arroz a escala de planta piloto.
6. Caracterización físico-química, tecnológica y valoración sensorial de los bastones horneados sin gluten desarrollados

3. MATERIAL Y METODO

3.1 CARACTERIZACIÓN PRODUCTO COMERCIAL

Para la caracterización de los productos actualmente comercializados como *snacks* se han seleccionado los siguientes productos de la marca Velarte:

- De pipas “*Snackium Pipas*”
- De algas “*Snackium Algas*”
- De quínoa “*Snackium Quínoa*”
- Integrales “*Integrales*”
- De pipas redondos “*SalaPipas*”

En el Anejo 1, se muestra la relación de ingredientes de los cinco *snacks*. La caracterización de los mismos se ha realizado a través de la determinación de su contenido en humedad, Fuerza máxima de corte y color.

Para la determinación del porcentaje de humedad de los bastones se partió de 2 g de muestra y se registró el cambio de peso tras su secado tras 24 horas a 105 °C. Los análisis se realizaron por quintuplicado y el porcentaje de humedad se calculó como:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_o - P_f}{P_o} \times 100$$

Para la determinación de la Fuerza máxima de corte en el centro de las muestras se empleó un analizador de textura (Texture Analyzer TXz, Aname) y una cuchilla de corte de 7 cm. Los parámetros de ensayo se reflejan en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones ensayo de textura

TIPO ENSAYO	FUERZA EN COMPRESIÓN
Velocidad Pre-ensayo	2 mm/s
Velocidad Ensayo	4 mm/s
Velocidad Post-ensayo	8 mm/s
Distancia	20 mm

Como ensayos previos se realizaron dos estudios: el primero, de Fuerza máxima de corte estableciendo la comparativa entre la ejecución del ensayo en el centro o en los extremos de los bastones y el segundo, sustituyendo la cuchilla de corte por un punzón de 1.6 mm de diámetro y realizando los ensayos en el centro de las muestras. Dada la heterogeneidad de las muestras se estimó necesario realizar 10 repeticiones de cada formulación.

Para la determinación del color de los bastones se empleó el sistema de adquisición y análisis de imagen Digieye (Verivide) y el software asociado V.2.8.0.2. Así, se establecieron las coordenadas CIE L*, a*, b* (CIE, 1976) de cada tipo de bastón analizado por triplicado.

3.2 ELABORACIÓN DE BASTONES BASADOS EN HARINA DE TRIGO A NIVEL DE PLANTA PILOTO

La elaboración de bastones a nivel de planta piloto se centró tanto en la definición de la formulación como del proceso. Así, se partió de una formulación de referencia (artesanal) y tras 3 adaptaciones se estableció la formulación control que servirá como base de comparación para este TFG.

La formulación de referencia está basada en harina de trigo integral y la masa está formada además por agua (95%), aceite de oliva (30%), sal (4%) y mezcla de semillas (25%). La mezcla de semillas estaba formada por 22% de girasol, 12% amapola, 22% lino, 22% sésamo y 22% calabaza. En la formulación de referencia no se empleó gasificante.

Se utilizaron los siguientes ingredientes para la elaboración del *snack* de referencia: harina de trigo Lagun Especial “Harinas Guria”, gasificante “Royal”, agua, sal, aceite de oliva virgen extra, semillas de amapola BioSpirit, semillas de linaza dorada AlKider, semillas de marca Biocop de pipas de girasol, pipas de calabaza y sésamo.

La formulación de referencia se puede observar en la Tabla 2, se realizó a partir de harina integral de trigo y mezcla de semillas.

Tabla 2. Formulación base

Ingredientes	Cantidad (g)
Harina integral de trigo	100
Agua	95
Aceite	30
Semillas	25
Sal	4

En la Tabla 3 se muestran las formulaciones de las adaptaciones realizadas hasta obtener la formulación control.

Tabla 3. Formulación de bastones elaborados en planta piloto. Adaptación desde formulación de referencia hasta formulación control. Datos expresados en porcentaje respecto al total de harina presente en cada formulación

Ingrediente	Referencia	Adaptación 1	Adaptación 2	Adaptación 3	CONTROL
Harina	Integral	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo
Agua	95	95	95	95	95
Aceite	30	15	15	15	15
Sal	4	2	1	1.75	1.75
Semilla	25	20	20	20	25
Gasificante	0	0	2	4	4

Los bastones de referencia se formaron utilizando una manga pastelera, y se hornearon a 180°C durante 20 minutos. Las adaptaciones se elaboraron de la misma forma, pero se fijaron diferentes intervalos de cocción, para observar la variación de humedad en función del tiempo de cocción.

A partir de los *snacks* elaborados se midió textura, porcentaje de humedad, color y se evaluó sensorialmente el producto.

3.3 SCREENING DE HARINAS Y PORCENTAJES DE SUSTITUCIÓN DE HARINA

3.3.1 SCREENING DE HARINAS

Se escogieron seis harinas libres de gluten para realizar un *screening* de harinas:

- Harina de maíz fina marca Maizena
- Harina de maíz cocida marca P.A.N.
- Harina de maíz ecológica Eco Cesta Bio
- Harina de arroz marca Makro
- Harina de arroz Eco Cesta Bio
- Harina de garbanzo Eco Cesta Bio
- Harina de trigo sarraceno Eco Cesta Bio

En el Anejo 2, se muestra la información nutricional de las diferentes harinas seleccionadas. El resto de ingredientes utilizados fueron: gasificante química marca “Royal”, agua, sal, aceite de oliva virgen extra, semillas de amapola “BioSpirit”, semillas de linaza dorada “AlKider”, semillas de marca “Biocop” de pipas de girasol, pipas de calabaza y sésamo.

Se realizaron diferentes formulaciones, como se observa en la Tabla 4, al tratarse de harinas sin gluten la estructura de la red de gluten variaba, y la consistencia de la masa se veía afectada. La cantidad de agua para 100 g de esas harinas, variaba en función del tipo de harina. Todas las formulaciones tenían gasificante y mezcla de semillas, para ver su aceptabilidad de sabor comparada con la elaboración de referencia.

Se homogenizó la masa de forma manual y se formaron los bastones mediante una magenta pastelera. Se hornearon durante 25, 27, 30 y 32 minutos a 180°C.

Tabla 4. Formulaciones de los bastones elaborados con las harinas libres de gluten

Ingredientes	HARINAS									
	Maíz cocida		Maizena		Maíz ecológica	Arroz	Arroz ecológica	Trigo sarraceno		Garbanzo
	E4	E5	E9	E10	E12	E11	E13	E6	E7	E8
Harina	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Agua	220	185	79	68	95	95	95	67	170	80
Aceite	15	15	12.5	11	15	15	15	15	15	15
Sal	2	1	0.8	0.7	2	1	2	1	1	1
Semillas	20	20	17	14	20	20	20	20	20	20
Gasificante	2	2	1.5	1.4	2	2	2	2	2	2

Las muestras se conservaron a temperatura ambiente sobre rejilla. La elección de las harinas elegidas para los sucesivos ensayos se basó en la evaluación sensorial del producto.

3.3.2 MEJORA DE LA HOMOGENEIDAD DEL PRODUCTO

El principal problema a la hora de conseguir unos bastones semejantes a los comerciales fue la alta heterogeneidad del producto final, debido a la consistencia de cada masa, que variaba en función del tipo de harina. Se necesitaba una homogeneidad en la forma para que la cocción fuera uniforme y los análisis fueran repetitivos y coherentes.

Se probaron alternativas de formado utilizando: pistola, moldes de silicona, moldes de aluminio, anilla de aluminio y planchas. Todas las pruebas de formado se realizaron con la formulación de referencia.

En la prueba con moldes de aluminio se pesaron diferentes cantidades en cada molde individual, para establecer la cantidad adecuada. Se fijaron tres pesos diferentes: 15 g, 35 g y 50 g. De estos tres grupos de muestras se cocieron a tres tiempos diferentes: 25 minutos, 30 minutos y 35 minutos. A continuación, se realizó otra prueba con 15 g, 25g y 35g aumentando el tiempo de horneado hasta los 40 minutos.

Se recortaron los moldes circulares de aluminio dejando solo la anilla. Se colocaron anillas sobre papel de horno y se utilizó el mismo procedimiento que en caso anterior: 15 g, 35 g y 50 g con tres tiempos diferentes de horneado: 25 minutos, 30 minutos y 35 minutos.

3.3.3 PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN DE HARINA

Se realizó un ensayo de sustitución parcial de harina de trigo de fuerza por harina de maíz y harina de arroz. Se utilizaron los siguientes ingredientes: harinas de la marca “Eco Cesta Bio” de maíz ecológica y arroz, gasificante “Royal”, agua, sal, aceite de oliva virgen extra, semillas de amapola “BioSpirit”, semillas de linaza dorada “AlKider”, semillas de marca “Biocop” de pipas de girasol, pipas de calabaza y sésamo.

La sustitución se realizó en las proporciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Se estudió la variación del sabor y textura en función de la cantidad de harina de trigo que se utilizó en el producto. Además de observar como variaban dichos parámetros en función de la utilización de harina de maíz o de arroz.

El ensayo de sustitución de harina se realizó en base a la formulación mostrada en la Tabla 5, se trata de la formulación control, pero prescindiendo de la gasificante y semillas para evitar la uniformidad de la masa durante la cocción.

Tabla 5. Formulación base para el ensayo de porcentajes de sustitución

Ingrediente	Cantidad (g)
Harina	200
Agua	190
Aceite	30
Sal	4

Se realizaron dos ensayos diferentes, uno con sustitución parcial de harina de trigo de fuerza por harina de arroz, como se muestra en la Figura 5 y otro ensayo donde la harina de trigo de fuerza se sustituye parcialmente por harina de maíz como se observa en la Figura 6.

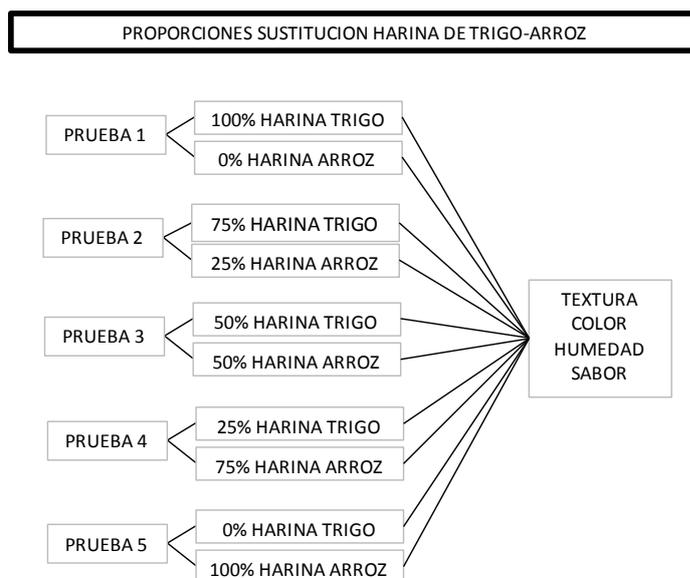


Figura 5. Variación formulación harina de trigo – arroz

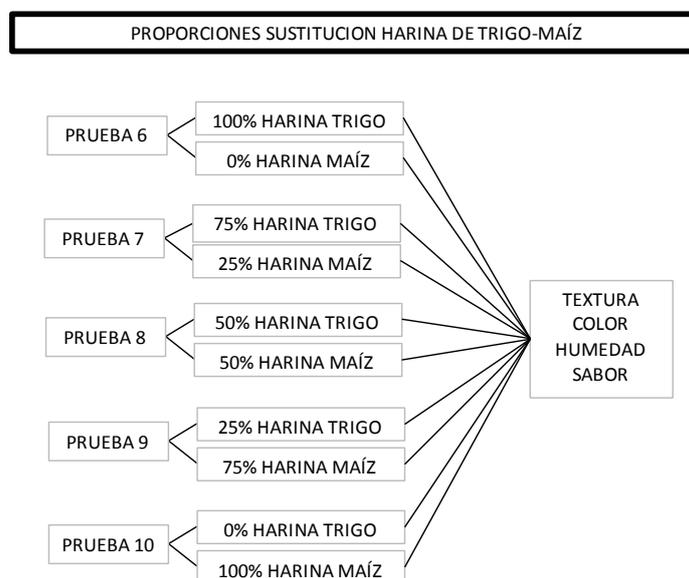


Figura 6. Variación formulación harina de trigo – maíz

El homogeneizado de la masa se realizó de forma manual, se utilizaron moldes de aluminio, añadiendo 25 g de masa y se hornearon a 180°C durante 30 minutos. Se enfriaron sobre rejilla durante 1 hora y media. La caracterización tecnológica se realizó en función de la textura midiendo la Fuerza máxima (se realizaron 10 medidas de textura), porcentaje de humedad (3 medidas) y análisis de color.

3.3.4 COMPARACIÓN DE ELABORACIONES CON 100% HARINA DE TRIGO, HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE ARROZ.

Una vez aceptado la sustitución completa de harina de trigo por harina de maíz y arroz, se llevó a cabo un ensayo donde variaban las formulaciones de los bastones como se

muestra en la Tabla 6, una formulación solo con harina, otra con gasificante y por último añadiendo gasificante y semillas.

Tabla 6. Formulación de los bastones para el ensayo sustitución de harina de trigo por harina de arroz y harina de maíz

	HARINA TRIGO			HARINA ARROZ			HARINA MAÍZ		
	T	TG	TGS	A	AG	AGS	M	MG	MGS
Harina (g)	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Agua (g)	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Aceite (g)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Sal (g)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Gasificante (g)	-	4	4	-	4	4	-	4	4
Semillas (g)	-	-	40	-	-	40	-	-	40

* T: harina trigo, A: harina de arroz, M: harina de maíz, TG: harina de trigo con gasificante, AG: harina de arroz con gasificante, MG: harina de maíz con gasificante, TGS: harina de trigo con gasificante y semillas, AGS: harina de arroz con gasificante y semillas, MGS: harina de maíz con gasificante y semillas

Se prepararon las masas, homogeneizándolas de forma manual, se llenaron los moldes y se hornearon a 180°C. Tras 30 minutos se dejaron enfriar sobre una rejilla durante 1 hora y media. Y se caracterizaron midiendo textura, humedad y color.

3.4 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS NUEVOS SNACKS

Debido a los elevados coeficientes de variación obtenidos en los ensayos previos se realizó la caracterización de bastones elaboradas a partir de planchas de masa. Se utilizaron los siguientes ingredientes: harina marca “Eco Cesta Bio” de maíz ecológica y arroz, gasificante “Royal”, agua, sal, aceite de oliva virgen extra, semillas de amapola “BioSpirit”, semillas de linaza dorada “AlKider”, semillas “Biocop” de pipas de girasol, pipas de calabaza y sésamo. En primer lugar, se realizó un ajuste de la formulación con harina de trigo de fuerza:

1. *Estandarizado de proceso*
2. *Homogeneización de la masa*
3. *Cantidad de masa*
4. *Bandeja recubierta de teflón*
5. *Precocción*
6. *Corte*
7. *Cocción*

A continuación, se explica cada etapa de forma detallada:

1. Estandarizado de proceso:

Se ajustó la formulación para un total de 500 g de harina, ya que las planchas necesitaban mayor cantidad de masa. Se aumentó la cantidad de agua para que la masa fluyese con mayor facilidad.

2. Homogeneización de la masa:

Se homogeneizó la masa utilizando una Thermomix, fijando las condiciones de amasado a velocidad 4, giro inverso y tiempo de 4 minutos. Se fueron probando diferentes cantidades de agua hasta obtener la consistencia deseada.

3. Cantidad de masa:

Se realizó una plancha con el total de masa obtenido del amasado. Se fue ajustando hasta obtener un espesor de 0.5-0.75 cm.

4. Bandeja de teflón:

Se utilizó una bandeja recubierta de teflón para su horneado. El teflón al ser antiadherente, evitaba que las planchas quedasen adheridas a la bandeja.

5. Precocción:

Se realizó una precocción de la plancha a 180°C durante 15 minutos (Figura 7). Esto facilitó la manipulación para el corte.



Figura 7. Precocción plancha

6. Corte:

Se volteó la plancha sobre una rejilla y mediante bisturí de cortó en tiras (Figura 8).



Figura 8. Corte en tiras

7. Cocción:

En función del tipo de harina se volvió a hornear el producto entre 12-15 minutos más. Se enfriaron sobre la rejilla 30 minutos y se midió su textura, humedad y color.

El diagrama de flujo general para todas las elaboraciones se resume en la Figura 9.



Figura 9. Diagrama de flujo planchas

3.5 APROBACIÓN CONSUMIDORES

Se realizó una evaluación sensorial a nivel intralaboratorio, con 25 consumidores habituales de este *snack*, para conocer la aceptación del producto. Se realizaron *snacks* con las formulaciones finales de las planchas de maíz y arroz con gasificante y semillas mostradas en la Tabla 7, en base a 200 g de harina y utilizando moldes de silicona para su formado.

Tabla 7. Formulaciones para moldes de silicona

	PAGS	PMGS
Harina (g)	200	200
Agua (g)	240	240
Aceite (g)	30	30
Sal (g)	4	4
Gasificante (g)	4	4
Semillas (g)	40	40
Tiempo cocción (min)	28.5	30.5

* PAGS: harina de arroz con gasificante y semillas, PMGS: harina de maíz con gasificante y semillas.

Se evaluó su textura, sabor, aroma e impresión global sobre una escala de 1 a 7, siendo 1 la peor puntuación (me disgusta mucho) y 7 la mejor (me encanta).

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN PRODUCTO COMERCIAL

Los resultados del ensayo de textura se pueden observar en la Tabla 8. Los valores de Fuerza máxima de corte oscilaron entre 12.1 N y 28.9 N, siendo los bastones redondos los que presentaron menor fuerza y los de semillas de girasol los de mayores resultados.

A partir del análisis estadístico se observa una diferencia significativa entre los bastones integrales y los bastones de semillas de girasol, quínoa y redondos, debido al tipo de harina utiliza. Existe diferencia significativa respecto a la forma de los bastones redondos y el resto de muestras. Así cómo, diferencia en base la adición de semillas en su formulación.

Tabla 8. Formulación de bastones elaborados en planta piloto. Adaptación desde formulación de referencia hasta formulación control. Datos expresados en porcentaje respecto al total de harina presente en cada formulación.

Tipo de bastón	Humedad (%)	Fuerza máxima de corte (N)
Bastón con semillas de girasol	3.0 ±0.1	28.9±2.5 ^c
Bastón con algas	2.6 ±0.1	27.2±2.8 ^{b,c}
Bastón con semillas quínoa	3.2 ±0.0	28.7±10.4 ^c
Bastón de harina integral	2.4 ±0.1	22.5±2.1 ^b
Bastón Redondo	2.5 ±0.1	12.1±1.0 ^a

* Diferente letra en la misma columna indica que existe diferencia significativa entre muestras para un nivel de significación del 95%.

Los datos de humedad (Tabla 8) se encuentran entre 2.4% y 3.2 %. Debido a ello, el valor de humedad de referencia del nuevo *snack* deberá encontrarse entre 2 y 4 % de humedad. El coeficiente de variación de dichos datos es inferior al 6%, lo que indica que las muestras son bastante homogéneas.

Tabla 9. Coordenadas de color L*, a* y b* de los bastones comerciales.

	SUPERFICIE			BASE		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
PIPAS	76.5 ± 1.3	8.4 ± 0.3	36.5 ± 0.2	78.8 ±1.5	7.2 ± 0.1	34.9 ± 1.4
ALGAS	76.4 ± 0.3	5.6 ± 0.3	35.0 ± 0.6	78.6 ±1.4	3.1 ± 0.4	28.4 ± 1.0
QUINOA	69.7 ± 1.7	8.0 ± 0.2	31.8 ± 0.8	70.0 ± 1.2	6.9 ± 0.7	29.7 ± 0.7
INTEGRALES	69.8 ± 0.6	9.1 ± 0.0	32.1 ± 0.6	67.1 ± 1.7	10.0 ± 0.8	31.4 ± 1.1
REDONDOS	72.1 ± 0.9	10.8 ± 0.9	38.9 ± 0.4	73.4 ± 1.1	10.5 ± 0.6	37.4 ± 1.5

Como se observa en la Tabla 9, los bastones de algas presentan el valor de a* más bajo tanto en la superficie como en la base (5.6 y 3.1) lo que no indica que presenta una tonalidad más verdosa respecto a los otros tipos de bastones que poseen un valor de a* mayor, es decir una tonalidad más roja. La superficie de los bastones redondos posee el

valor más alto de la coordenada b^* (38.9), siendo de una tonalidad más amarilla, respecto a los bastones de quínoa que presenta el valor más bajo de dicha coordenada. En el Anejo 3, se muestran las imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) de las superficies, bases y secciones de las cinco variedades de *snacks* comerciales seleccionadas.

Por último, los bastones con semillas de girasol y algas son los que presentan mayor luminosidad tanto en la superficie como en la base, 78.8 y 78.6 respectivamente.

4.2 BASTONES DE REFERENCIA

Los tiempos de horneado de la adaptación 1 fueron de 15-20-25 y 30 minutos, se observó que el centro del bastón seguía estando húmedo, lo que causaba una falta de crocantez, se utilizó gasificante en las siguientes formulaciones para intentar conseguir una estructura alveolar en el interior del bastón y de esta forma aportar crocantez.

La humedad del producto final se midió tras una hora y media de enfriamiento. Para analizar la textura se conservaron las muestras de A1 envasadas en bolsa de alta barrera a la humedad, y en refrigeración, a las 24 horas se midió la textura. Las muestras se volvieron blandas y por lo tanto los datos de textura no eran fiables. Las siguientes muestras se guardaron de dos formas diferentes:

- Envasadas en bolsa de alta barrera a la humedad y a temperatura ambiente
- Sin envasar a temperatura ambiente sobre papel de filtro.

Tras 24 horas se observó que las muestras envasadas en las bolsas de alta barrera a la humedad se reblandecieron, por lo tanto, se fijó que la textura se analizaría tras hora y media de enfriamiento sobre papel de filtro a temperatura ambiente.

En la Tabla 10 se muestran los valores de Fuerza máxima de corte y porcentaje de humedad.

Tabla 10. Caracterización de bastones elaborados a escala de planta piloto. Fuerza máxima de corte y porcentaje de humedad de las adaptaciones desde la referencia hasta el establecimiento de la formulación y proceso control.

Tiempo de cocción (min)	Fuerza máxima de corte (N)			Humedad (%)		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
20	227.7±12.2	238.3±26.7	186.5±6.2	18.5±0.7	18.3±0.8	16.8±0.7
25	152.3±21.3	143.8±4.7	83.3±9.3	10.87±1.2	9.3±0.2	14.2±0.3
30	142.7±15.9	118.5±6.0	68.5±5.7	4.61±0.5	4.8±0.1	8.3±0.5

Como se observa en la Tabla 10, al aumentar el tiempo de horneado, disminuye la Fuerza máxima de corte y la humedad del producto.

Los bastones de menor Fuerza máxima de corte son los horneados durante 30 minutos, con este tiempo de cocción las adaptaciones A2 y A3 poseen menor fuerza, 118.5 N, 68.5 N, respecto a A1 siendo esta de 142.7 N. Esto es debido al gasificante, este genera una estructura alveolar en el interior del bastón, afectando a la matriz de la masa haciéndola discontinua. El aire retenido en los alveolos, aumenta la fragilidad del producto. La adaptación A3 es la que presenta mayor cantidad de gasificante, lo que aumenta la discontinuidad de la matriz, siendo el valor más bajo de Fuerza máxima de corte, 68.46 N.

El valor de humedad de A1 con tiempo de cocción de 15 minutos fue del 22%, siendo demasiado altos para este tipo de producto, ese tiempo de horneado quedó descartado. El tiempo de horneado con menor porcentaje de humedad fue el de 30 minutos siendo del 4.6% de humedad. El intervalo para las demás elaboraciones fue entre 20, 25, 27 y 30 minutos. En todos los casos el tiempo de cocción de 30 minutos daba como resultado un porcentaje de humedad menor, que se asemejaba al valor de referencia del 2-4% de humedad, siendo de 4.8% y 8.3 % respectivamente.

Tabla 11. Coordenadas de color L, a* y b* de la superficie de los bastones elaborados a partir de las formulaciones de adaptación*

	A1			A2			A3		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
15 min	71.2±1.5	4.5 ± 0.5	23.1±0.9	73.1±1.2	5.7±1.0	27.6±2.1	71.5±1.7	8.1±0.5	33.2±0.4
20 min	72.5±1.3	4.4 ± 1.1	24.1±1.2	69.7±1.4	10.6±2.2	33.8±1.0	71.1±1.9	9.3±0.8	34.5±0.2
25 min	72.9±1.0	5.9 ± 0.6	27.2±0.9	66.7±1.5	12.4±1.0	34.1±0.6	66.8±1.2	11.9±0.4	66.8±0.7
30 min	69.9±0.7	6.3 ± 1.4	26.9±1.6	64.8±1.5	13.6±0.6	34.2±0.4	63.1±0.8	14.0±0.4	63.1±1.3

Como se observa en la Tabla 11, a mayor tiempo de horneado mayor valor de las coordenadas a* y b*, mientras que la luminosidad disminuye conforme se aumenta el tiempo de cocción. La adaptación 1 presenta mayor luminosidad pero menor valor de a* y b*, respecto a las adaptaciones 2 y 3 que poseen una tonalidad más parda.

Se fijó la formulación control a partir de formulaciones A1, A2 y A3. Se tomó la formulación A1 como referencia debido a que en la formulación 2 se redujo a la mitad la cantidad de sal (1g) y en la formulación 3 se redujo a 1.75 g, el producto carecía de sabor, por lo que se fijó la cantidad de sal en 2 g porque presentaba mejor sabor de las tres. Se añadió gasificante, ya que de las diferentes cantidades utilizadas en dichas adaptaciones la de mejor aspecto y menor dureza era la que contenía 2 g de gasificante en su formulación.

Para las siguientes elaboraciones se fijaron como tiempos de horneado 25-27-30 y 32 minutos, ya que los porcentajes de humedad y la Fuerza máxima de corte, eran menores en estos intervalos.

A partir de estas condiciones de formulación y procesado se realizó un ensayo con las diferentes alternativas de harinas sin gluten.

4.3 SCREENING DE HARINAS Y PORCENTAJES DE SUSTITUCIÓN DE HARINA

4.3.1 SCREENING DE HARINAS

Las harinas poseían diferente capacidad de hidratación, por ello en algunos casos la cantidad de agua podría variar en comparación con la formulación de referencia

En el caso de la harina de maíz cocida, utilizada en la elaboración 4 y 5, se necesitó un 50% más de agua que la formulación de referencia. Puesto que la cantidad de agua era más alta que en las demás muestras, los tiempos de cocción fueron desde 25 a 32 minutos, ya que quedaban muy crudos. El sabor era aceptable pero el producto obtenido se asemeja a un *snack* de patata frita más que a un *snack*.

En la elaboración 9 y 10 se utilizó Maizena, en ambos casos el aporte de agua fue menor que el porcentaje de agua de formulación de referencia. En el primer caso la masa se comportó como un fluido dilatante imposible de manejar. En el segundo caso se formó una masa muy viscosa imposible de manejar para el formado de los bastones. El resultado fue una masa dura, con mal sabor y sensación harinosa.

Para la elaboración 12 se utilizó harina de maíz ecológica, los bastones obtenidos presentaban buen sabor. Las elaboraciones 11 y 13 realizadas con arroz, presentaron buen sabor. En las elaboraciones 6 y 7 se utilizó harina de trigo sarraceno, se realizaron dos pruebas. En la primera se redujo la cantidad de agua en un 28% para obtener una masa moldeable para su formado, pero los bastones presentaban mal sabor y una elevada dureza. En la siguiente elaboración (7) se aumentó la cantidad de agua en un 74% para obtener una masa de consistencia adecuada para el formado, en este caso también presentaban mal sabor.

La elaboración 8 se realizó con harina de garbanzo, los bastones presentaban mal sabor y sensación harinosa.

Se escogieron las harinas ecológicas de maíz y arroz, debido a que los bastones obtenidos de dichas elaboraciones presentaban mejor sabor. Debido a la elevada heterogeneidad de forma del producto final, se decidió realizar un ensayo con la formulación control aplicando diferentes alternativas de formado para conseguir una mayor homogeneidad en el producto horneado.

4.3.2 MEJORA DE LA HOMOGENEIDAD DEL PRODUCTO

La pistola utilizada como alternativa para el formado de los bastones presentó un resultado poco homogéneo debido a la velocidad y fuerza aplicada manualmente durante el formado. Se decidió utilizar un molde de silicona con compartimentos cilíndricos. A

lo largo de la cocción se curvaban hacia arriba, además de no quedar lo suficientemente cocidos en la base del molde. Por lo que quedó descartada la utilización de este.

Los resultados observaron en la utilización de los moldes de aluminio fueron que las muestras de 50 g eran demasiado gruesas y quedaban crudas en el centro, las muestras de 15 g eran demasiado finas, y las que se cocieron durante 30 y 35 minutos se quemaron. Además, en las muestras de 50 y 35 gramos se observó que tras el horneado se generaba humedad en la base, debido a que se trataba de un material no transpirable.

En el caso de las anillas y papel de horno, los bastones eran poco uniformes, causado por el difícil manejo de la masa, además debido al bajo peso de las anillas, durante el horneado se movían y causaban una deformidad en la masa.

En conclusión, se utilizará los moldes de aluminio para dar forma a los bastones, utilizando 25 g de masa en cada uno de ellos y 30 minutos de cocción. Al reducir la cantidad de masa no se formaba humedad en la base del molde.

Con las condiciones de forma seleccionadas, se realizó el ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por las harinas escogidas previamente.

4.3.3 PORCENTAJE SUSTITUCIÓN DE HARINA

Los resultados de humedad del ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y maíz se observan en la Tabla 12.

Tabla 12. Contenido de humedad de las elaboraciones obtenidas del ensayo de sustitución parcial harina de trigo-harina de arroz y harina de trigo-harina de maíz

	% HUMEDAD	
	TRIGO-ARROZ	TRIGO-MAÍZ
100:0	6.8±4.2	6.8±4.2
75:25	7.4±1.7	3.7±1.5
50:50	3.4±1.0	3.3±3.2
25:75	3.0±1.8	3.3±3.4
0:100	0.9±0.9	2.0±1.1

* Primer número del ratio equivale a porcentaje de sustitución de harina de trigo, segundo número del ratio, equivale a porcentaje de harina sin gluten

En ambos casos al aumentar el porcentaje de sustitución de la harina de trigo por la harina de maíz o de arroz, disminuye la humedad. La formulación de 100% de harina de trigo es la que posee mayor humedad, 6.7% mientras que la de arroz poseen menor valor, 0.9%.

Los resultados de textura, se pueden observar en la Figura 10 en el caso de sustitución de harina de trigo por harina de arroz y la Figura 11 en el caso de que la sustitución sea por harina de maíz.

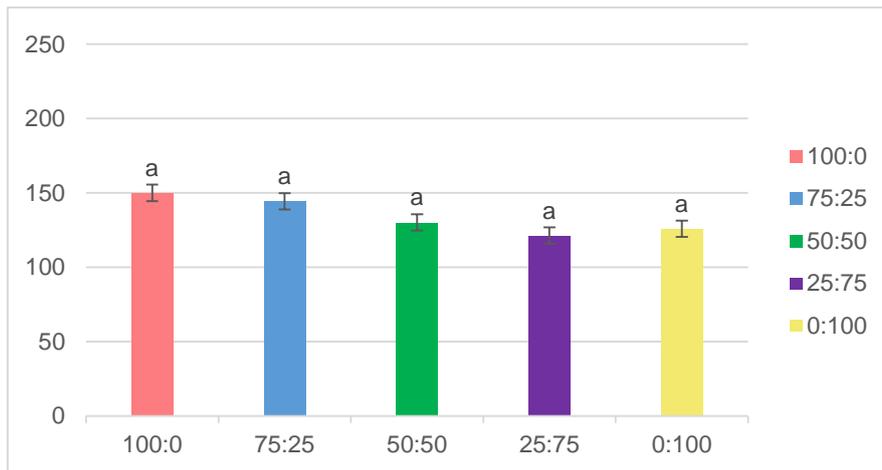


Figura 10. Fuerza máxima de corte de los bastones del ensayo de sustitución parcial de harina trigo-harina de arroz. Primer número del ratio equivale a porcentaje de sustitución de harina de trigo, segundo número del ratio, equivale a porcentaje de harina de arroz.

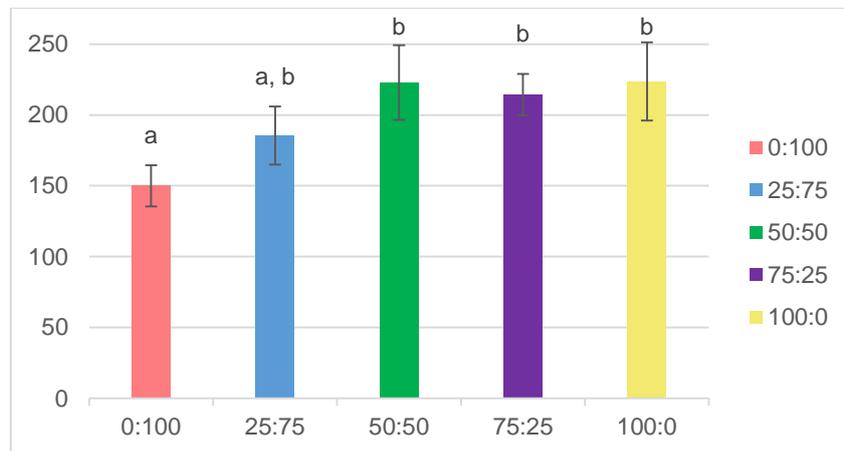


Figura 11. Fuerza máxima de corte de los bastones del ensayo de sustitución de harina trigo-harina de maíz. Primer número del ratio equivale a porcentaje de sustitución de harina de trigo, segundo número del ratio, equivale a porcentaje de harina de maíz. Diferente letra entre las muestras indica diferencia significativa para un nivel de significación del 95%.

Como se puede observar en la Figura 10, conforme aumenta la cantidad de arroz en el porcentaje de sustitución de harina de trigo disminuye la Fuerza máxima de corte. En el caso de la harina de maíz (Figura 11) es al revés, conforme aumenta el porcentaje de sustitución de esta harina respecto a la harina de trigo mayor es la Fuerza máxima de corte. Por lo tanto, los bastones de menor fuerza son los que se han realizado con un 100% de harina de arroz, 125.9 N y los de mayor fuerza los bastones elaborados con un 100% de harina de maíz 223.7 N.

A través del análisis estadístico se concluye que no hay diferencia significativa entre las formulaciones de harina de trigo y las formulaciones a base de arroz. En cambio, en las formulaciones a base de harina de maíz, la formulación de 100% de trigo se asemeja a la de 25% maíz y 75% trigo, pero a partir de ese porcentaje de sustitución de maíz si existe diferencia significativa.

El color varió en función de la harina utilizada, como se observa en la Tabla 13 y 14, la harina de arroz da un producto más blanco y el maíz un producto más amarillo. En el caso del ensayo de sustitución de harina de trigo por harina de arroz, cuando el porcentaje de arroz es del 100%, aumenta la luminosidad y disminuyen las coordenadas a* y b*. Mientras que, en el ensayo de sustitución con harina de maíz, conforme aumenta el porcentaje de maíz la luminosidad disminuye pero aumentan los valores de a* y b*.

Tabla 13. Coordenadas de color de las elaboraciones del ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz.

	SUPERFICIE		
	L*	a*	b*
100:0	66.9±1.2	12.6±0.2	33.1±0.4
75:25	67.5±0.6	13.1±0.3	32.0±0.9
50:50	66.8±2.0	14.1±0.6	33.7±0.7
25:75	62.0±1.9	15.8±0.8	33.9±0.1
0:100	74.3±1.0	8.7±1.1	31.0±1.7

* Primer número del ratio equivale a porcentaje de harina de trigo, segundo número del ratio, equivale a porcentaje de harina de arroz

Tabla 14. Coordenadas de color de las elaboraciones del ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz

	SUPERFICIE		
	L*	a*	b*
100:0	66.9±1.2	12.6±0.2	33.1±0.4
75:25	62.6±1.0	15.9±0.4	38.1±0.4
50:50	60.3±1.1	18.1±0.3	41.1±1.3
25:75	59.0±0.8	19.8±0.5	43.6±0.7
0:100	60.3±2.1	16.4±0.5	50.3±3.6

* Primer número del ratio equivale a porcentaje de harina de trigo, segundo número del ratio, equivale a porcentaje de harina de arroz

En las Figura 12 y 13 se pueden observar las variaciones de color de las muestras correspondientes a los ensayos de sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y harina de maíz, respectivamente.



Figura 12. Variación de color de las muestras correspondientes al ensayo de sustitución harina de trigo por harina de arroz.



Figura 13. Variación de color de las muestras correspondientes al ensayo de sustitución harina de trigo por harina de maíz.

En el anejo 4 se presentan las imágenes capturadas a través del sistema de análisis DigiEye (Verivide) de las diferentes elaboraciones realizadas en el ensayo de porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de arroz y maíz.

El sabor de las elaboraciones fue aceptable, la Fuerza máxima de corte era demasiado alta comparadas con los valores de Fuerza máxima de los bastones comerciales. Por tanto, se acepta la sustitución de harina de trigo por el 100% de harina de maíz y arroz, pero se estudiará la variación de la Fuerza máxima de corte y humedad en función de la adición de gasificante o semillas de dichas harinas.

4.3.4 COMPARACIÓN DE ELABORACIONES CON 100% HARINA DE TRIGO, HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE ARROZ.

Los resultados de Fuerza máxima de corte, Tabla 15, indican que la elaboración de trigo se endurece con la incorporación de harina 213.7N, mientras que con el gasificante su fuerza disminuye, 123.4N. En el caso del arroz, tanto con la adición de semilla como de gasificante la Fuerza máxima de corte disminuye respecto a la elaboración de solo harina de arroz.

En la elaboración con harina de maíz, el valor de fuerza aumenta tanto con la incorporación de semillas como de gasificante. Al comparar todas las elaboraciones, las de arroz son las que presentan menor Fuerza máxima mientras que las de maíz obtienen los valores más altos.

Tabla 15. Fuerza máxima de corte de las elaboraciones con 100% de harina de trigo, arroz y maíz

	Fuerza máxima de corte (N)		
	H	H + G	H + G + S
Harina de trigo	150.0±15.7 ^a	123.4±11.0 ^a	213.7±35.8 ^b
Harina de arroz	125.8±5.4 ^a	115.6±13.6 ^a	119.4±12.3 ^a
Harina de maíz	185.5±9.9 ^a	331.8±31.2 ^b	225.6±40.8 ^a

* H: harina, G: gasificante y S: semillas. **Diferente letra en la misma fila indica diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significación del 95%.

Según el análisis estadístico, en las elaboraciones de trigo existe diferencia significativa, entre la formulación de solo harina y harina con gasificante, y la formulación con gasificante y semillas. Las elaboraciones de arroz no poseen diferencia significativa. Por último, en las elaboraciones de maíz, hay diferencia significativa entre la elaboración de gasificante y semillas, y la elaboración de solo harina de maíz o harina con gasificante.

Los valores de humedad se observan en la Tabla 16, las elaboraciones con menor porcentaje de humedad del producto final son las de arroz y las que presentan mayores porcentajes las de harina de trigo. En el caso del trigo la elaboración solo con harina es la de menor humedad 6.8% y la de gasificante la de mayor, 13.3%. La humedad de la elaboración de arroz con gasificante, 3.6% es mayor que las elaboraciones solo con harina o con harina, gasificante y semillas, 0.9% y 2.2% respectivamente. En el caso de la harina de maíz, a mayor complejidad de la matriz mayor humedad presenta el producto, siendo 2.0 % la elaboración de solo harina, 5.3% la elaboración con gasificante y 7.6% la que incorpora tanto gasificante como semillas.

Tabla 16. Porcentaje de humedad de las muestras correspondientes al ensayo con 100% de harina de trigo, arroz y maíz.

	% HUMEDAD		
	H	H + G	H + G + S
Harina de trigo	6.8±1.0	13.3±1.4	9.0±2.1
Harina de arroz	0.9±0.5	3.6±1.2	2.2±1.2
Harina de maíz	2.0±0.5	5.3±0.5	7.6±2.0

* H: harina, G: gasificante y S: semillas

En la Figura 14 se puede observar la variación de color de las elaboraciones con harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz. Además de observar la variación en base a la adición de gasificante y semillas.

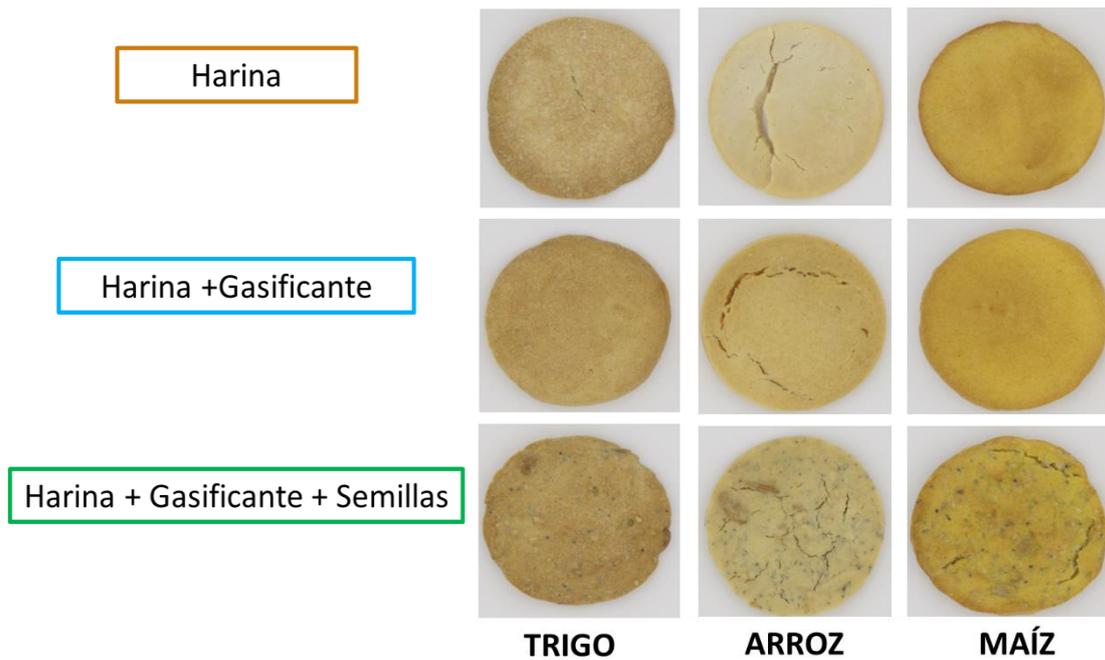


Figura 14. Comparación de color de las formulaciones con 100% harina de trigo, 100% harina de arroz y 100% harina de maíz

Como se observa en la Tabla 17 las superficies de las elaboraciones de maíz presentaban valores de a^* más altos siendo de 16.4 para el 100% de harina, 21.9 con gasificante y 17.2 para semillas, presentando tonalidad amarilla, frente a la de arroz con unos valores de a^* más bajos, 8.7 para el 100% de harina de arroz, 13.0 con gasificante y 8.8 con semillas. Presentan mayor luminosidad las elaboraciones realizadas con arroz.

Tabla 17. Coordenadas de color de las muestras correspondientes al ensayo con el 100% harina de trigo, arroz y maíz

	SUPERFICIE		
	a^*	b^*	L^*
100T	12.6±0.2	33.1±0.4	66.9±1.2
100A	8.7±1.1	31.0±1.7	74.3±1.0
100M	16.4±0.5	50.3±3.6	70.3±2.1
100TG	15.6±0.5	36.8±0.4	61.6±0.5
100AG	13.0±0.3	40.7±0.8	69.4±1.1
100MG	21.9±0.9	50.6±2.0	61.8±2.2
100TGS	14.6±0.9	34.8±0.5	58.4±0.8
100AGS	8.8±0.3	33.8±0.4	64.9±1.1
100MGS	17.2±0.2	47.0±0.5	60.0±0.9

* T: harina trigo, A: harina de arroz, M: harina de maíz, TG: harina de trigo con gasificante, AG: harina de arroz con gasificante, MG: harina de maíz con gasificante, TGS: harina de trigo con gasificante y semillas, AGS: harina de arroz con gasificante y semillas, MGS: harina de maíz con gasificante y semillas

En el Anejo 5 se muestran las imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) del ensayo de comparación de snacks elaborados con un 100% de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz.

El siguiente paso que se realizó, fue un ensayado de caracterización de bastones obtenidos de planchas de masa, para obtener unos valores de Fuerzas máximas semejantes a los bastones comerciales. Para ello se fijó un diagrama de flujo a partir de la harina control (harina de trigo) y se ajustó para cada tipo de harina.

4.4 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS NUEVOS SNACKS

A la hora de fijar la cantidad de masa utilizada para la plancha se utilizó en primer lugar el total de masa obtenido de los 500 g de harina. La plancha obtenida de la masa de 1240 g, quedó cruda por el centro y se podía separar fácilmente como se observa en la Figura 15. En la siguiente elaboración se realizaron planchas de 620 g de masa, estas se hornearon correctamente. En el caso de las harinas de maíz y arroz las planchas se realizaron con 800 g debido a que al utilizar la misma cantidad que en la de trigo, las planchas quedaban demasiado finas.



Figura 15. Plancha horneada a partir de 1240g de masa.

Una vez establecido el diagrama de flujo general se adaptaron a cada tipo de harina.

4.4.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMULACIÓN 100% TRIGO

Las harinas poseían una capacidad de hidratación diferente, por lo que aceptaban diferentes cantidades de agua. Las formulaciones elaboradas con harina de trigo se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Formulaciones de las planchas elaboradas a partir de harina de trigo de fuerza

	PT	PT+G	PT+G+S
Harina (g)	500	500	500
Agua (g)	700	700	700
Aceite (g)	75	75	75
Sal (g)	10	10	10
Gasificante (g)	-	10	10
Semillas (g)	-	-	100
Tiempo cocción (min)	27	27	28.5

* PT: harina trigo, PT+G: harina de trigo con gasificante, PT+G+S: harina de trigo con gasificante y semillas

Se mezclan en la Thermomix durante 4 minutos, con giro inverso y a velocidad 4. Se divide la masa en dos partes, colocando 620 g en cada bandeja. Se hornea 15 minutos a 180°C, se saca las bandejas y se colocan sobre papel de filtro, y con un bisturí se cortan tiras verticales a la plancha y después por la mitad. Se colocan sobre rejilla y se hornean otros 12 minutos. Se dejan enfriar sobre la rejilla 30 minutos. El tiempo de cocción de la plancha con gasificante es de 27 minutos. La plancha con semillas se hornea durante 28 minutos y medio. Se mide su textura con cuchilla roma, y además se pesan entre 5-6 gramos de muestra, por triplicado para meterlas a la estufa y después de 24 horas medir su humedad.

4.4.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMULACIÓN 100% ARROZ

Se realizó una prueba con harina de arroz, utilizando la misma formulación que el trigo. Al quedar una masa demasiado líquida, se redujo en un 15% la cantidad de agua, modificándose su formulación como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Formulaciones de las planchas elaboradas a partir de harina de arroz

	PA	PA+G	PA+G+S
Harina (g)	500	500	500
Agua (g)	600	600	600
Aceite (g)	75	75	75
Sal (g)	10	10	10
Gasificante (g)	-	10	10
Semillas (g)	-	-	100
Tiempo cocción (min)	27	27	28.3

* PA: harina de arroz, PA+G: harina de arroz con gasificante, PA+G+S: harina de arroz con gasificante y semillas

Se mezclan los ingredientes en la Thermomix durante 4 minutos, con giro inverso y a velocidad 4. Se hornean en bandejas recubiertas de teflón, utilizando para cada plancha 800 g de masa, ya que con 620 g las planchas quedaban demasiado finas.

Se hornea 15 minutos a 180°C, se sacan las bandejas y se colocan sobre papel de filtro, y con un bisturí se cortan tiras verticales a la plancha y después por la mitad. Se colocan sobre rejilla y se hornean otros 12 minutos. Al quedar crudas se dejan más tiempo horneándose. El tiempo total de cocción es de 27 minutos. El tiempo de cocción de la plancha con gasificante fue de 27 minutos y la de semillas de 28 minutos y medio.

Se dejan enfriar sobre la rejilla 30 minutos. Se mide su textura con cuchilla roma, porcentaje de humedad, color y evaluación sensorial.

4.4.3 DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMULACIÓN 100% MAÍZ

Se realiza una última prueba con harina de maíz. Se reduce un 15% la cantidad de agua como en la plancha de arroz para obtener una masa menos líquida. Su formulación se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Formulaciones de las planchas elaboradas a partir de harina de maíz

	PM	PM+G	PM+G+S
Harina (g)	500	500	500
Agua (g)	600	600	600
Aceite (g)	75	75	75
Sal (g)	10	10	10
Gasificante (g)	-	10	10
Semillas (g)	-	-	100
Tiempo cocción (min)	27	28.5	30.5

* PM: harina de maíz, PM+G: harina de maíz con gasificante, PM+G+S: harina de maíz con gasificante y semillas

Se mezclan en la Thermomix durante 4 minutos, con giro inverso y a velocidad 4. Se hornean en bandejas recubiertas de teflón, utilizando para cada plancha 800 g de masa. Se hornea 15 minutos a 180°C, se sacan las bandejas y se colocan sobre papel de filtro, y con un bisturí se cortan tiras verticales a la plancha y después por la mitad. Se colocan sobre rejilla y se hornean otros 12 minutos. El tiempo total de cocción es de 27 minutos para la plancha sin gasificante. La plancha de maíz con gasificante se hornea durante 28 minutos y medio. Y en el caso de la plancha con semillas 30 minutos y medio.

Las formulaciones variaron en cantidad de agua añadida, siendo de 700 g para harina de trigo, y 60 g para harina de arroz y maíz. Los tiempos de horneado se resumen en la Figura 16.

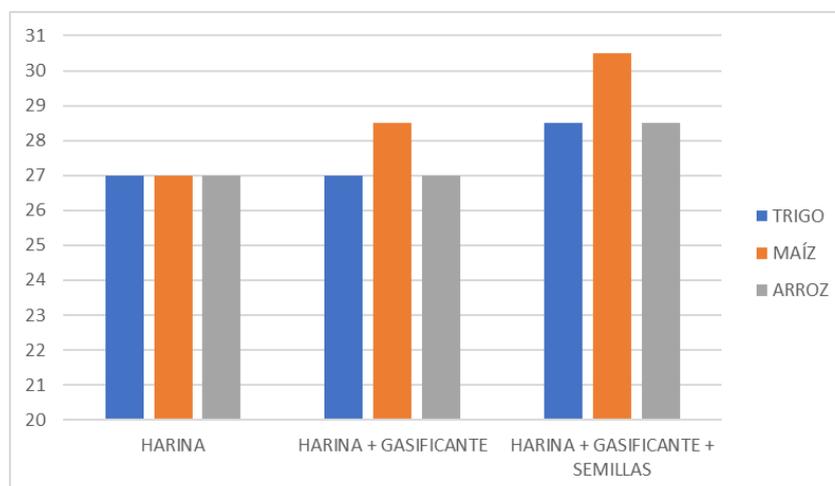


Figura 16. Tiempos de horneado en función de la harina e ingredientes utilizados

La harina de trigo necesitó menor tiempo de horneado, mientras que la de maíz fue la de mayor tiempo de cocción. También cabe destacar que en el caso de las planchas con semillas se necesitó mayor tiempo de horneado, esto puede ser debido a que las semillas aportaban humedad al producto y por ellos necesitan mayor tiempo de cocción.

Los resultados de Fuerza máxima de corte de los bastones se observan en las Figuras 17, 18 y 19.

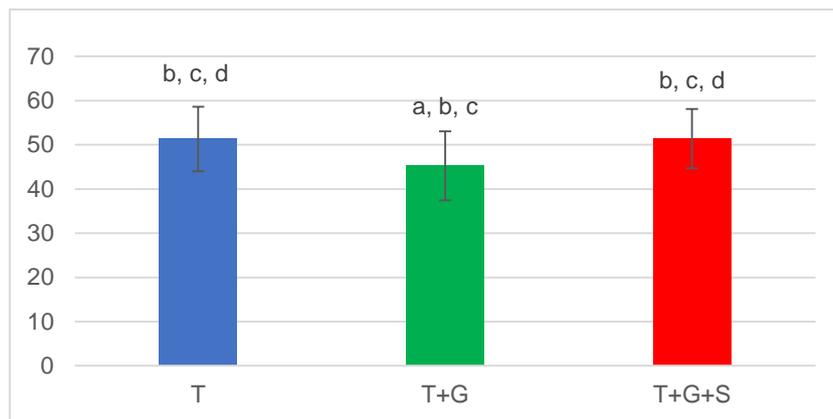


Figura 17. Fuerza máxima de corte de los bastones obtenidos de las planchas de trigo. T: harina trigo, T+G: harina de trigo con gasificante, T+G+S: harina de trigo con gasificante y semillas. Diferente letra entre las muestras indica diferencia significativa para un nivel de significación del 95%.

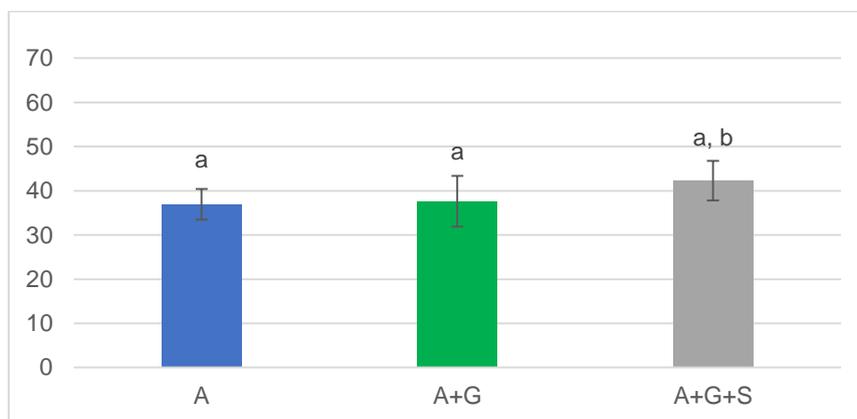


Figura 18. Fuerza máxima de corte de los bastones obtenidos de las planchas de arroz. A: harina de arroz, A+G: harina de arroz con gasificante, A+G+S: harina de arroz con gasificante y semillas. Diferente letra entre las muestras indica diferencia significativa para un nivel de significación del 95%.

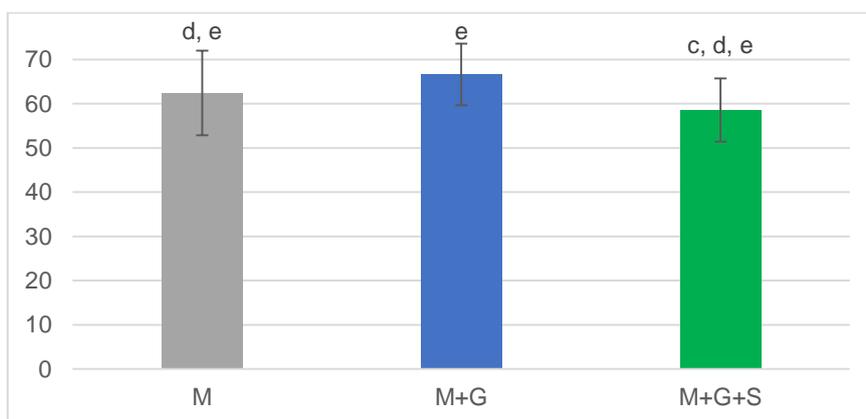


Figura 19. Fuerza máxima de corte de los bastones obtenidos de las planchas de maíz. M: harina de maíz, M+G: harina de maíz con gasificante, M+G+S: harina de maíz con gasificante y semillas. Diferente letra entre las muestras indica diferencia significativa para un nivel de significación del 95%.

Los bastones de arroz son los de menor fuerza, 37.0 N para arroz, 37,6 N arroz con gasificante y 42,3 N arroz con gasificante y semillas (Figura 18).

Los bastones obtenidos de la plancha de maíz son los que presentan mayor Fuerza máxima de corte 62,4 N maíz, 66,6 N maíz con gasificante y 58,6 N maíz con gasificante y semillas (Figura 19).

Al realizar el análisis estadístico se observa que existe diferencia significativa entre las harinas, la adición de gasificante y semillas en las formulaciones de arroz no causa diferencia en el producto. La formulación con arroz se diferencia de la de trigo, excepto en AGS que es igual que TGS. En el caso del trigo ocurre lo mismo, se diferencia de arroz y maíz, pero no en el caso de AGS y MGS. Dentro del trigo y maíz no existe diferencia al añadir gasificante ni semillas.

En cuanto a la humedad, a mayor complejidad de la matriz menor humedad, ya que al tener una matriz heterogénea la evaporación de agua era mayor. En cuanto a la humedad, mostrada en la Tabla 21, disminuye conforme se añade gasificante y semillas. Ya que al añadir dichos elementos aumenta la discontinuidad de la matriz y permite mayor evaporación de agua. Las elaboraciones cuyos valores de asemejan al valor de humedad de referencia, son aquellas que presentan gasificante y semillas en su formulación, siendo de 2.2% para trigo, 2.2% para arroz y 3.1% para maíz.

Tabla 21. Contenido de humedad de los bastones obtenidos de las planchas realizadas con harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz,

	% HUMEDAD		
	TRIGO	ARROZ	MAÍZ
HARINA	10,1±0.3	10,1±1.8	10,2±4.3
HARINA + GASIFICANTE	7,1±0.8	2,6±0.7	5,5±0.9
HARINA + GASIFICANTE + SEMILLAS	2,2±1.7	2,2±0.4	3,1±0.8

Como se observa en la Tabla 22, los bastones obtenidos de las planchas de trigo poseen tonalidades más pardas respecto al resto de muestras. En el caso de los bastones de maíz, poseen los valores más altos de b*, con una tonalidad amarilla y baja luminosidad comparada con el arroz. Estos últimos presentan los valores más bajos de a* y b*, además de una elevada luminosidad.

Tabla 22. Coordenadas de color de las superficies de los bastones obtenidos mediante planchas

	SUPERFICIE		
	L*	a*	b*
PT	77.0±2.5	8.6±0.5	35.2±0.6
PTG	79.9±0.5	5.7±0.2	33.1±0.2
PTGS	75.3±0.4	5.2±0.2	27.3±1.1
PA	82.9±1.5	4.1±0.2	32.3±0.7
PAG	83.2±1.1	2.6±0.1	26.6±0.4
PAGS	72.2±0.1	2.7±0.9	24.9±1.2
PM	73.4±0.3	18.5±0.4	64.8±1.4
PMG	72.8±0.6	18.3±0.7	57.8±0.7
PMGS	69.7±0.7	10.8±0.2	46.2±1.3

* PT: harina trigo, PA: harina de arroz, PM: harina de maíz, PTG: harina de trigo con gasificante, PAG: harina de arroz con gasificante, PMG: harina de maíz con gasificante, PTGS: harina de trigo con gasificante y semillas, PAGS: harina de arroz con gasificante y semillas, PMGS: harina de maíz con gasificante y semillas

En el Anejo 6 se presentan las imágenes capturadas a través del sistema DigiEye (Verivide) de los bastones obtenidos a partir de las planchas realizadas con harina de trigo, arroz y maíz.

Los valores de Fuerza máxima de corte y humedad de los bastones obtenidos de las planchas se acercan a los valores de los batones comerciales. Por ello, se realizará una evaluación sensorial para ver la aceptación por parte de los consumidores de las formulaciones de arroz y maíz con semillas.

4.5 APROBACIÓN CONSUMIDORES

Las elaboraciones evaluadas sensorialmente se realizaron en moldes de silicona, para obtener una forma homogénea. Los valores de Fuerza máxima se pueden observar en la Tabla 23, siendo los de maíz lo de mayor Fuerza máxima 78.7 N y los de arroz los de menor Fuerza máxima, 63.8 N.

Tabla 23. Fuerza máxima de corte de los bastones elaborados con moldes de silicona

Formulación	Fuerza máxima de corte (N)
Harina de arroz	63.8±4.9
Harina de maíz	78.7±7.8

Como se observa en la Tabla 24, los bastones realizados a partir de harina de arroz presentaron una luminosidad elevada y los valores más bajos de a* y b*, mientras que los elaborados a partir de harina de maíz mostraron menor luminosidad pero valores de a* y b* más altos.

Tabla 24. Coordenadas de color de los bastones realizados para la evaluación sensorial

	SUPERFICIE		
	a*	b*	L*
ARROZ	2.5±0.1	22.9±0.6	77.9±1.0
MAÍZ	15.7±0.9	43.6±0.4	64.7±0.8

En el Anejo 7 se presentan las imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) de los bastones elaborados para la evaluación sensorial.

La evaluación sensorial se realizó sobre una escala de 1 a 7, siendo 4 la puntuación que indica aprobación por parte del consumidor. Tanto los bastones de arroz como los de maíz obtuvieron una media de 5 puntos sobre 7 en todos los campos (Figura 20). Presentaron mejor sabor, aroma e impresión global los bastones de maíz.

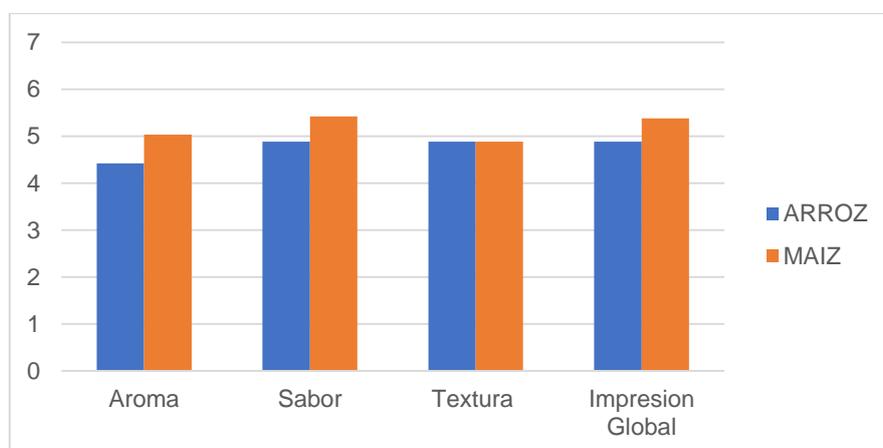


Figura 20. Puntuación de la evaluación sensorial sobre una escala de 1 a 7

Al realizar el análisis estadístico se observa que no hay diferencia significativa entre los bastones de harina de arroz y harina de maíz a la hora de evaluarlos. Se aceptan sensorialmente los bastones elaborados con harina de maíz y arroz, con semillas, aunque según los consumidores la textura de los bastones elaborados sigue siendo algo elevada comparada con los bastones comerciales.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La sustitución de harina de trigo por harina de arroz o maíz afectó significativamente a las principales propiedades físico-químicas y tecnológicas de los bastones horneados desarrollados afectando a la calidad final del producto horneado, afectada por la textura, dureza y fracturabilidad, criterios más importantes que influyen en la calidad final del horneado (Altindag, Certel, Erem, & Ilknur Konak, 2015).

Las fuerzas máximas de corte de los bastones con semillas presentaron una mayor dureza en la elaboración a base de harina de maíz comparada con la harina control de trigo. En el caso de la harina de arroz el resultado era el contrario, todas elaboraciones de arroz

presentaban menor Fuerza máxima de corte comparada con el trigo. Estos datos coinciden con los resultados obtenidos de Mancebo *et al.* (2015) donde se llevaba a cabo un estudio sobre el efecto de las propiedades de diferentes harinas sin gluten en la calidad de galletas. Las harinas seleccionadas fueron harina de maíz, maíz cocido, trigo sarraceno, teff y harina de arroz de grano corto y largo. En dicho estudio también analizaban la textura realizando un ensayo de Fuerza máxima, obteniendo valores de mayor dureza para las galletas elaboradas con trigo sarraceno, teff y maíz, mientras que la fuerza de las galletas elaboradas con harina de trigo se asemejaban a las de arroz, al igual que en los bastones desarrollados en este TFG. Picón Pineda & Gómez Pallarés (2014) determinaron la influencia que el tipo de harina ejercía en el desarrollo de galletas sin gluten, obteniendo diferencias significativas entre la Fuerza máxima de corte de la galleta control elaborada con trigo frente a las galletas elaboradas con maíz. De nuevo, los valores más altos de Fuerza máxima de corte se presentaron para las galletas de maíz y las galletas de arroz se encontraban en el extremo opuesto, presentando los valores más bajos.

Chung, Cho, & Lim, (2014) utilizaron harina de arroz integral germinado y tratado con humedad para desarrollar galletas azucaradas. En este caso, también la dureza se midió como Fuerza máxima de corte. Realizaron 5 ensayos de sustitución parcial de harina de trigo por diferentes tipos de harina de arroz, 0:100, 30:70, 50:50, 70:30 y 100:00 (la primera cifra correspondería a la harina de arroz y la segunda a la harina de trigo), obteniendo unos valores de dureza menores conforme aumentaba el nivel de sustitución de harina de arroz en las galletas. Todas las galletas que contenían harina de arroz requerían menor Fuerza máxima que las galletas control. Estos datos también coinciden con los obtenidos en este TFG, en los que los porcentajes de sustitución fueron diferentes (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0) pero próximos y los resultados de Fuerza máxima de corte obtenidos reflejaban el mismo comportamiento.

En este TFG se obtuvieron diferentes intervalos de Fuerza máxima de corte en función de la forma del *snack*, en los *snacks* comerciales las fuerzas máximas oscilaban entre 12.11 N y 28.90 N, los bastones de referencia desarrollados se presentaban valores de 142.7N a 222.7N para trigo, 68.46 a 186.5 para arroz y de 118.5 a 238.3 para maíz. Las elaboraciones en moldes cilíndricos empleados para los ensayos de sustitución parcial presentaron resultados en un rango de 125.86 N a 223.71 N y por último los bastones obtenidos de planchas con valores de 36.95N a 62.44. Esta variación en el valor de Fuerza máxima de corte pudo verse influenciada por la considerable variación en las dimensiones de cada tipo de muestra. En el caso de los bastones realizados a partir de planchas, los valores de Fuerza máxima de corte eran menores respecto a las elaboraciones de moldes cilíndricos probablemente debido a que estas últimas presentaban mayor grosor. Picón Pineda & Gómez Pallarés (2014) relaciona cómo las propiedades de textura de las galletas se ven afectadas concretamente por la altura/espesor de las mismas. Los valores registrados en dicho estudio se veían influenciados por la variación del grosor de la galleta, ya que las que presentaban mayor espesor ejercían mayor resistencia en el ensayo debido a la compresión sobre diferentes capas de la galleta.

Los datos de color obtenidos indican un color más blanco para las elaboraciones de arroz con valores de a^* y b^* más bajos y luminosidad alta, frente a las elaboraciones de harina de maíz que presentaban unos valores de a^* y b^* mayores y luminosidad más baja. Dichos resultados coinciden con los valores obtenidos a partir de galletas a base de harina de maíz y arroz, realizadas en los diferentes estudios de Altindag *et al.* (2015), Mancebo *et al.* (2015) y Chung, Cho, & Lim (2014). Según Mancebo *et al.*, 2015 las galletas elaboradas a partir de harina de maíz presentaron los mayores valores de b^* , mientras que en las galletas con harina de arroz de grano grueso se detectaron valores de brillo más bajos (más oscuros) y menores tonos amarillos. También Altindag *et al.* (2015) indicó que las galletas elaboradas a partir de harina de maíz obtuvieron el valor más alto de la coordenada cromática b^* . Del mismo modo, Chung, Cho, & Lim (2014) explicaron que la sustitución de la harina de trigo con harinas de arroz afectó significativamente al color de la superficie de las galletas, presentando valores ligeramente más altos de luminosidad (L^*) y a^* pero menores valores de amarillo (b^*) que la galleta de harina de trigo de control. Este aumento de la luminosidad podría atribuirse a la disminución del contenido total de proteínas. En el caso del ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz, coincide el aumento progresivo de L^* y la disminución de b^* al aumentarse el porcentaje de harina de arroz. Esta variación del color fue relacionada con la reacción de Maillard que se da durante el proceso de horneado. (Chung, Cho, & Lim, 2014)

Los bastones elaborados con harinas libres de gluten fueron evaluados sensorialmente y se calificaron sabor bueno pero textura excesivamente dura. En este sentido, Kaur, Sandhu, Arora, & Sharma (2015) y Picón & Gómez-Pallarés (2014) recurrieron al uso de hidrocoloides para mejorar la formulación de forma que informaron que el uso de gomas, mejoraba la manejabilidad de las masas, aumentaban las dimensiones, humedad y peso de las galletas mejorando así su valoración en el test de aceptación.

6. CONCLUSIÓN

En este estudio se utilizaron diferentes tipos de harinas libres de gluten (arroz y maíz) como alternativa a la utilización de harina de trigo en la elaboración de bastones horneados, dirigidos al sector de aperitivos. Se evaluaron los efectos que la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de arroz y maíz, la adición de gasificante y la adición de semillas ejercen sobre las características físico-químicas del *snack*. El contenido de harina de maíz endureció el producto, mientras que la harina de arroz lo hizo más frágil. La adición de gasificante y semillas generó una discontinuidad en la matriz que dio lugar a menores fuerzas máximas de corte. El *snack* de arroz presentó mayor luminosidad que el *snack* de maíz, que presentó un característico color amarillo. Los *snacks* desarrollados fueron aceptados tras una valoración sensorial realizada por un panel de 25 consumidores habituales de este tipo de productos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AINIA, Centro Tecnológico. (2015). Alimentos para celíacos: Tendencias y desafíos para la industria. Retrieved from <http://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/alimentos-para-celíacos-tendencias-y-desafíos-para-la-industria/>
- Altindag, G., Certel, M., Erem, F., & Ilknur Konak, U. (2015). Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase. *Food Science and Technology International = Ciencia Y Tecnología de Los Alimentos Internacional*, 21(3), 213–220. <https://doi.org/10.1177/1082013214525428>
- Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2009). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology*, 230(3), 437–445. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1184-z>
- Badiu, E., Aprodu, I., & Banu, I. (2014). Trends in the Development of Gluten-Free Bakery Products. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI – Food Technology* 38(1):21-36, 38(1), 21–36.
- Chung, H. J., Cho, A., & Lim, S. T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 57(1), 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.018>
- FACE, Federación de Asociaciones de Celíacos de España. (2016). El mercado mundial sin gluten sigue creciendo. Retrieved from <http://www.celíacos.org/blog/item/939-mercado-mundial-sin-gluten.html>
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15(3–4), 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.012>
- Gujral, H. S., & Rosell, C. M. (2004). Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. *Food Research International*, 37(1), 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.08.001>
- Jaramillo Burbano, M. E., & Reinoso Silva, E. A. (2009). Snack Nutritivo en Base de Arroz y Soya: Ramones María, 1–146. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1088/1/91184.pdf>
- Kaur, M., Sandhu, K. S., Arora, A., & Sharma, A. (2015). Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 628–632. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.039>
- Leatherhead, F. R. (2001). *Food Allergies and Intolerances: Consumer Perceptions and Market Opportunities for “Free-From” Foods*. Retrieved from www.leatherheadfood.com
- Mancebo, C. M., Picón, J., & Gómez, M. (2015). Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.057>

- Martínez, R. (2017, February). Alimentos sin gluten , crecimiento en alza. *Bioeco Actual*, (39), 1–3. Retrieved from <http://www.bioecoactual.com/2017/01/30/alimentos-sin-gluten-crecimiento-en-alza/>
- Matos Segura, M. E. (2013). *Formulación y desarrollo de productos horneados libres de gluten a base de harina de arroz enriquecidos con proteína*. Universidad Politecnica de Valencia, Valencia. .
- Mir, S. A., Bosco, S. J. D., & Shah, M. A. (2017). Technological and nutritional properties of gluten-free snacks based on brown rice and chestnut flour. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 0–5. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.02.002>
- Molina-Rosell, C., & Cristina. (2013). Alimentos sin gluten derivados de cereales. En Rodrigo L y Peña AS, editores. *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca*. Barcelona, España: OmniaScience; 2013 447–461. <https://doi.org/10.3926/oms.27>
- Moreira, R., Chenlo, F., Arufe, S., & Rubinos, S. N. (2015). Physicochemical characterization of white, yellow and purple maize flours and rheological characterization of their doughs. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7954–7963. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1953-6>
- REGLAMENTO (CE) N° 41/2009 de la Comisión, de 20 de enero de 2009 sobre la composición y etiquetado de los productos alimenticios apropiados para personas con intolerancia al gluten
- REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) N° 828/2014 de la Comisión de 30 de julio de 2014 relativo a los requisitos para la transmisión de información a los consumidores sobre la ausencia o la presencia reducida de gluten en los alimentos.
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>
- Van Hees, N. J. M., Van der Does, W., & Giltay, E. J. (2013). Coeliac disease, diet adherence and depressive symptoms. *Journal of Psychosomatic Research*, 74(2), 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2012.11.007>
- Wieser, H. (2008). *Detection of gluten. Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50005-8>

ANEJOS

ANEJO 1: Relación de ingredientes de las 5 variedades de *snacks* Velarte analizadas

Tabla 25. Ingredientes de los bastones comerciales

	SNACKTUM				SALAPIPAS
	Pipas	Algas	Quínoa	Integrales	Redondos
Harina de trigo	58.90%	68%	61%	64%	73%
Salvado de trigo	-	-	-	4.7%	-
Harina de trigo integral	-	-	-	1.7 %	-
Harina de quínoa	-	-	0.9%	-	-
Extracto de malta (trigo y cebada)	-	-	-	SI	-
Semillas de girasol	17.20%	6.80%	1.50%	-	8.50%
Semillas de sésamo	-	-	9.10%	-	-
Semillas de sésamo negro	-	-	3.40%	3.40%	-
Cacahuete	-	-	-	4.90%	-
Aceite de oliva virgen extra	9.31%	3%	3%	3%	-
Aceite de girasol alto oleico	SI	SI	SI	SI	SI
Sal	SI	SI	SI	SI	SI
Gasificante	SI	SI	SI	SI	SI
Aceite de oliva	SI	SI	SI	-	SI
Azúcar	SI	SI	SI	-	SI
Anises	-	-	SI	-	-
Lechuga de mar	-	0.70%	-	-	-
Peso total envase	67 g	67 g	67 g	80g	65g
Aditivos	-	-	-	-	E-471 E-322

ANEJO 2: Información nutricional de las harinas sin gluten utilizadas como alternativa a la harina de trigo

Tabla 26. Información nutricional de las harinas sin gluten

	TIPO DE HARINA					
	H. maíz fina (Maizena)	H. maíz precocida (P.A.N.)	H. maíz (Ecocesta)	H. arroz (Ecocesta)	H. garbanzo (Ecocesta)	H. trigo sarraceno (Ecocesta)
Energía (kJ)	1487	1466	1457	1453	1498	1482
Energía (kcal)	355	350	344	342	355	350
Grasas (g)	0.5	1	1.6	0.1	5.4	3.2
Ácidos grasos saturados (g)	0.1	0	0.34	0.0001	0.55	0.66
Hidratos de carbono (g)	86	72	76.4	78.3	48.6	65.9
Azúcares (g)	0	0	0.88	0.75	4.48	1.16
Fibra alimentaria (g)	0.5	2	2.6	0.9	12.5	3
Proteínas (g)	0.01	8	4.6	6.77	21.87	12.9
Sal (g)	1	0.028	0.194	0.01	0.01	0.0006

ANEJO 3: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) de las muestras de bastones comerciales



Figura 21. Superficie y extremos Snakium Pipas



Figura 22. Sección Snakium Pipas



Figura 23. Superficie y extremos Snakium Algas



Figura 24. Sección Snakium Algas



Figura 25. Superficie y base Snakium Quinoa



Figura 26. Sección Snakium Quinoa



Figura 27. Superficie y base Snakium Algas



Figura 28. Sección Snakium Integrales



Figura 29. Superficie e interior snack de pipas redondo Salapipe



Figura 30. Sección snack de pipas redondo Salapipe

ANEJO 4: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) del ensayo de porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de arroz y maíz.

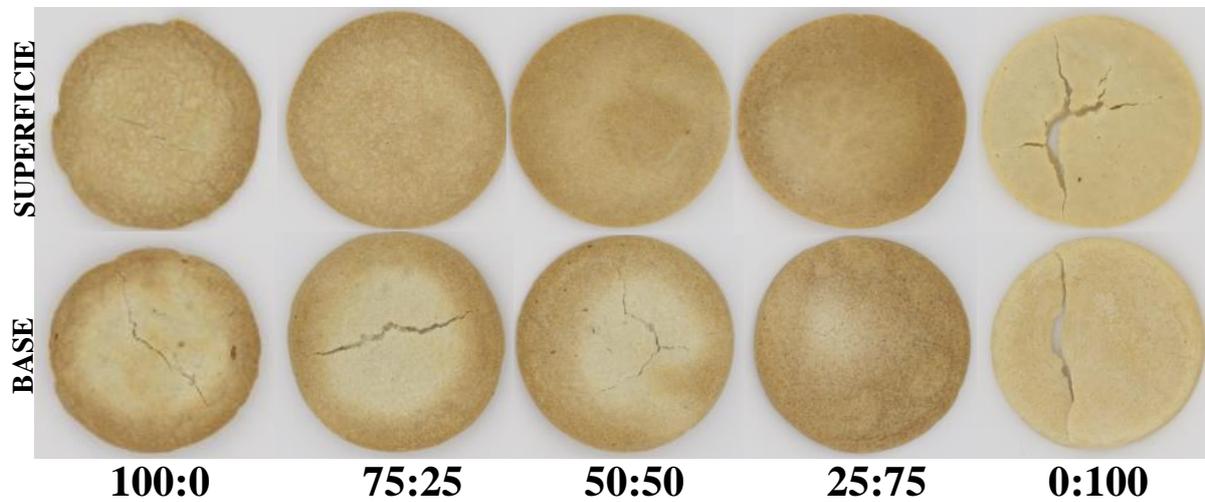


Figura 31. Ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz. Primer número del ratio equivale al porcentaje de harina de trigo, el segundo número al porcentaje de la harina de arroz

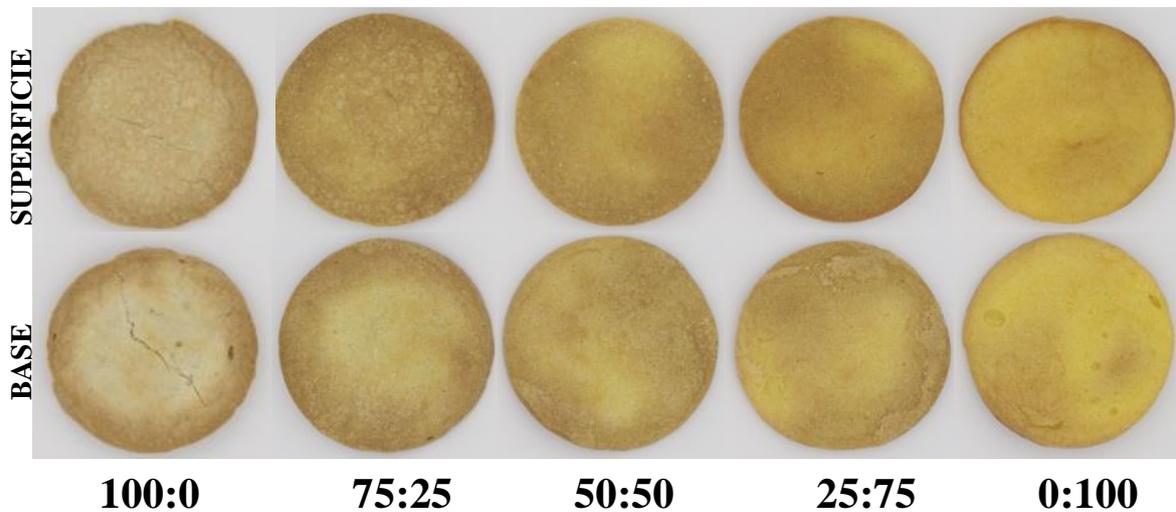


Figura 32. Ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz. Primer número del ratio equivale al porcentaje de harina de trigo, el segundo número al porcentaje de la harina de maíz

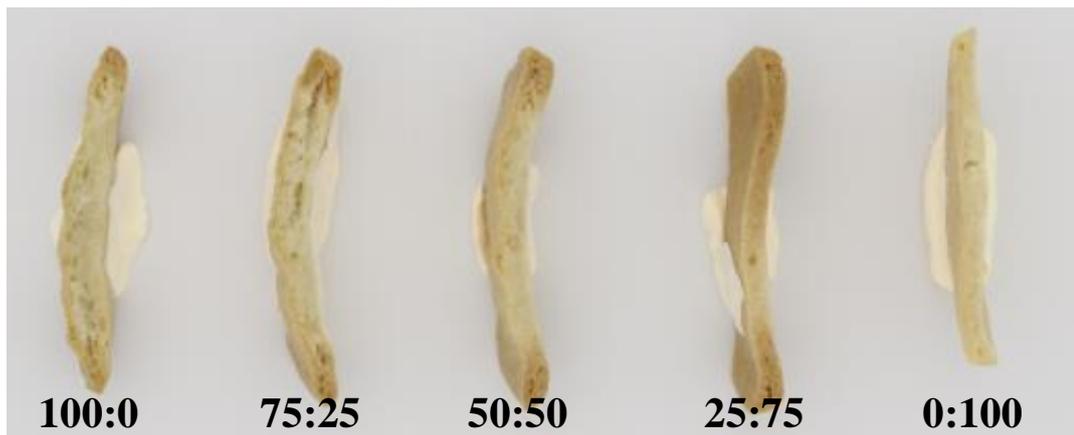


Figura 33. Sección de las elaboraciones obtenidas del ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz. Primer número del ratio equivale al porcentaje de harina de trigo, el segundo número al porcentaje de la harina de arroz.

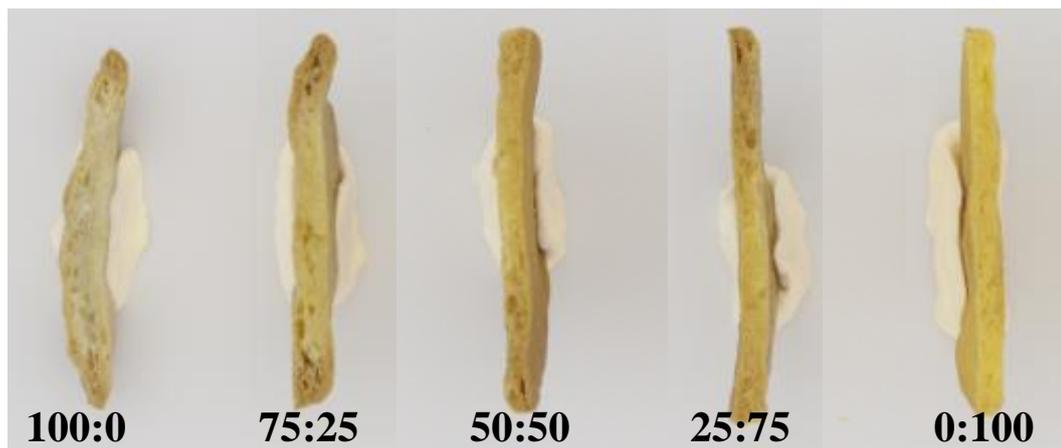
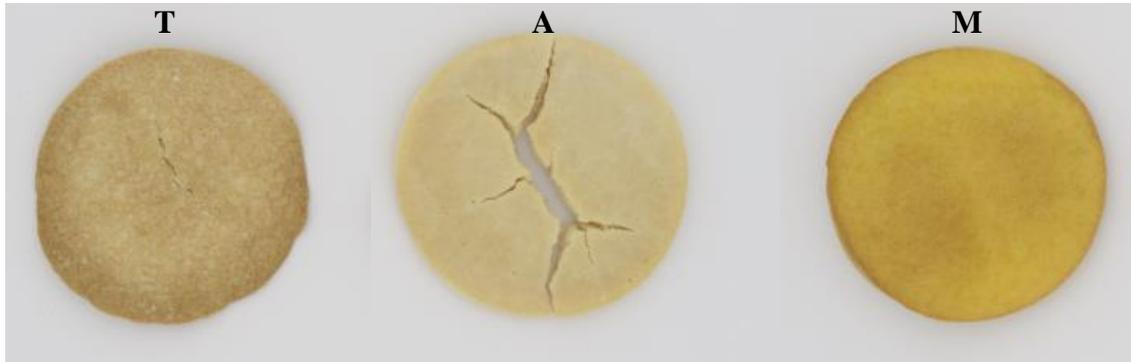


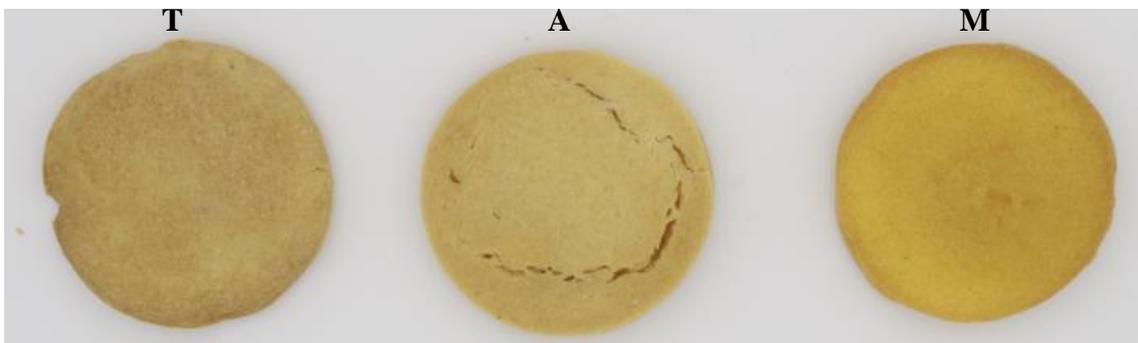
Figura 34. Sección de las elaboraciones obtenidas del ensayo de sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz. Primer número del ratio equivale al porcentaje de harina de trigo, el segundo número al porcentaje de la harina de maíz.

ANEJO 5: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) del ensayo de comparación de formulaciones con el 100% de harina de trigo, arroz y maíz.

100% HARINA



HARINA + GASIFICANTE



HARINA + GASIFICANTE+SEMILLAS

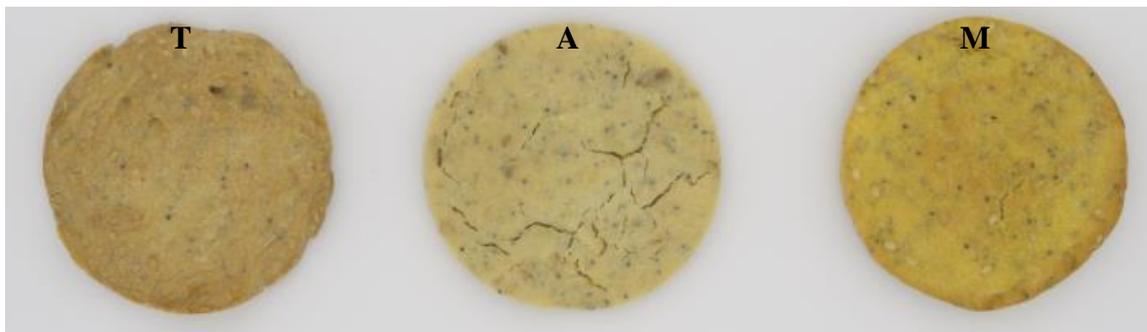
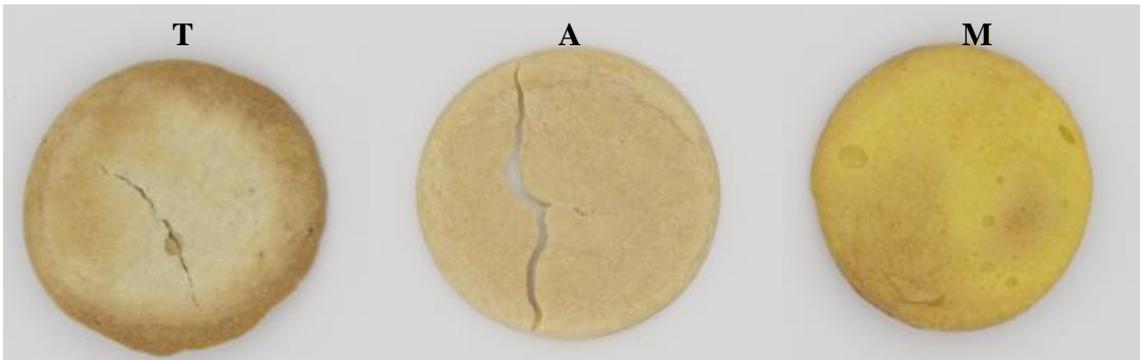
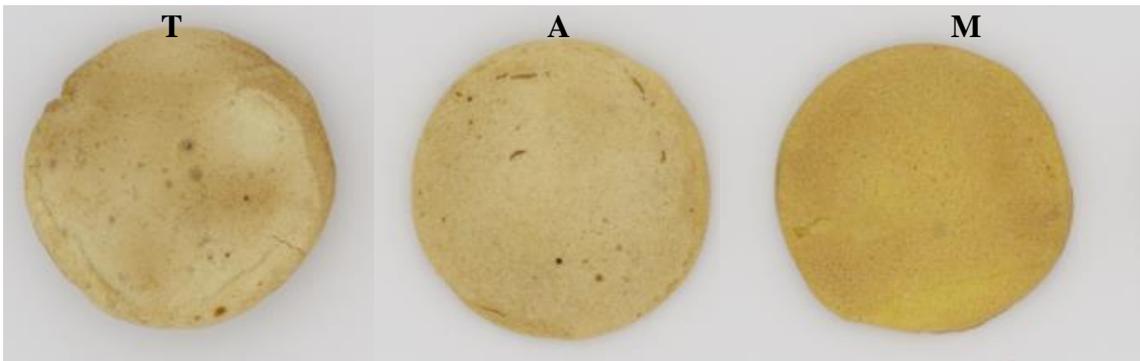


Figura 35. Superficie de los snacks de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz, con 100% harina, harina con gasificante y harina con gasificante y semillas. T: harina de trigo, A: harina de arroz y M: harina de maíz

100% HARINA



HARINA + GASIFICANTE



HARINA + GASIFICANTE+SEMILLAS

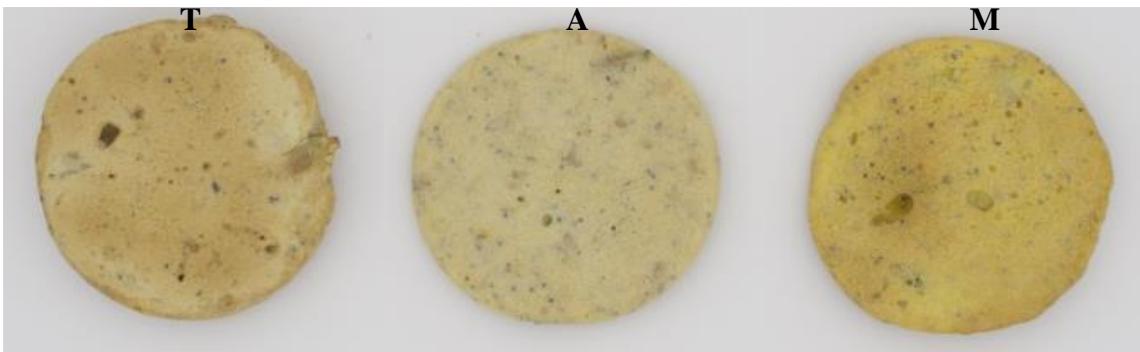
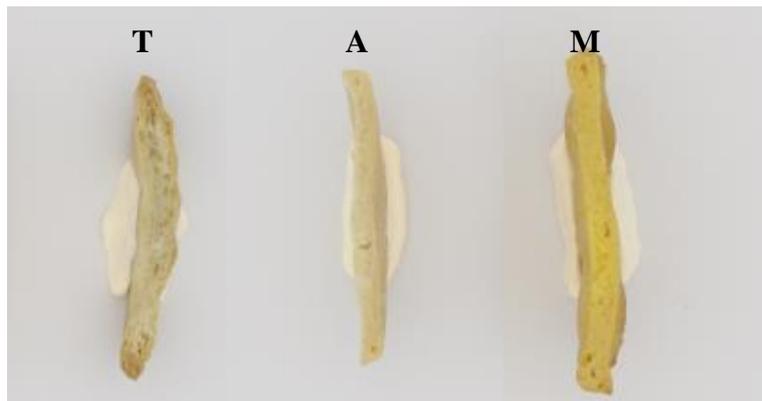
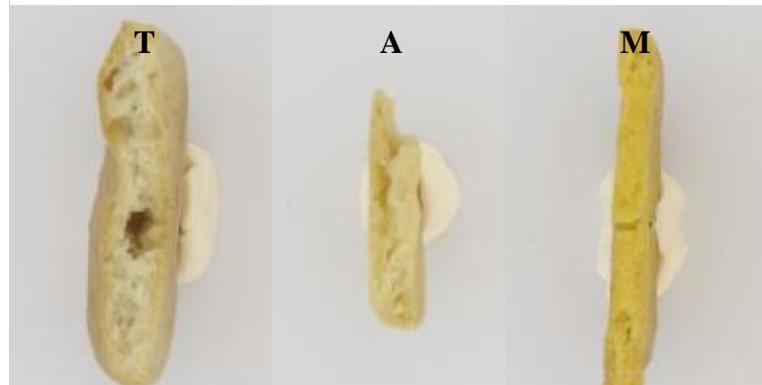


Figura 36. Base de los snacks de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz, con 100% harina, harina con gasificante y harina con gasificante y semillas. T: harina de trigo, A: harina de arroz y M: harina de maíz

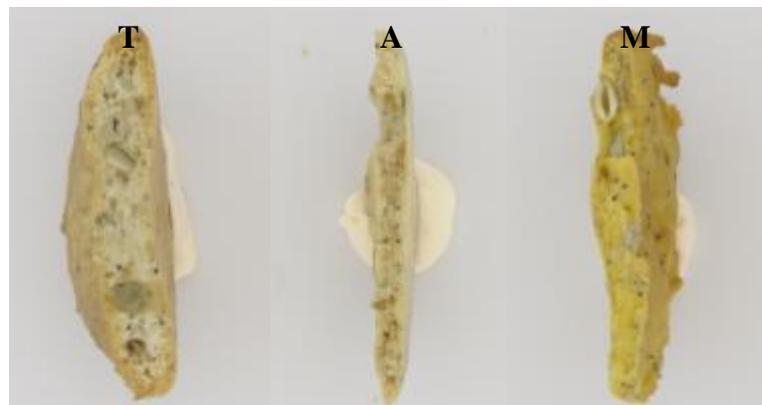
100% HARINA



HARINA + GASIFICANTE



HARINA + GASIFICANTE+SEMILLAS



TRIGO

ARROZ

MAÍZ

Figura 37. Sección de los snacks de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz, con 100% harina, harina con gasificante y harina con gasificante y semillas. T: harina de trigo, A: harina de arroz y M: harina de maíz

ANEJO 6: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) de los bastones obtenidos a partir de las planchas de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz.

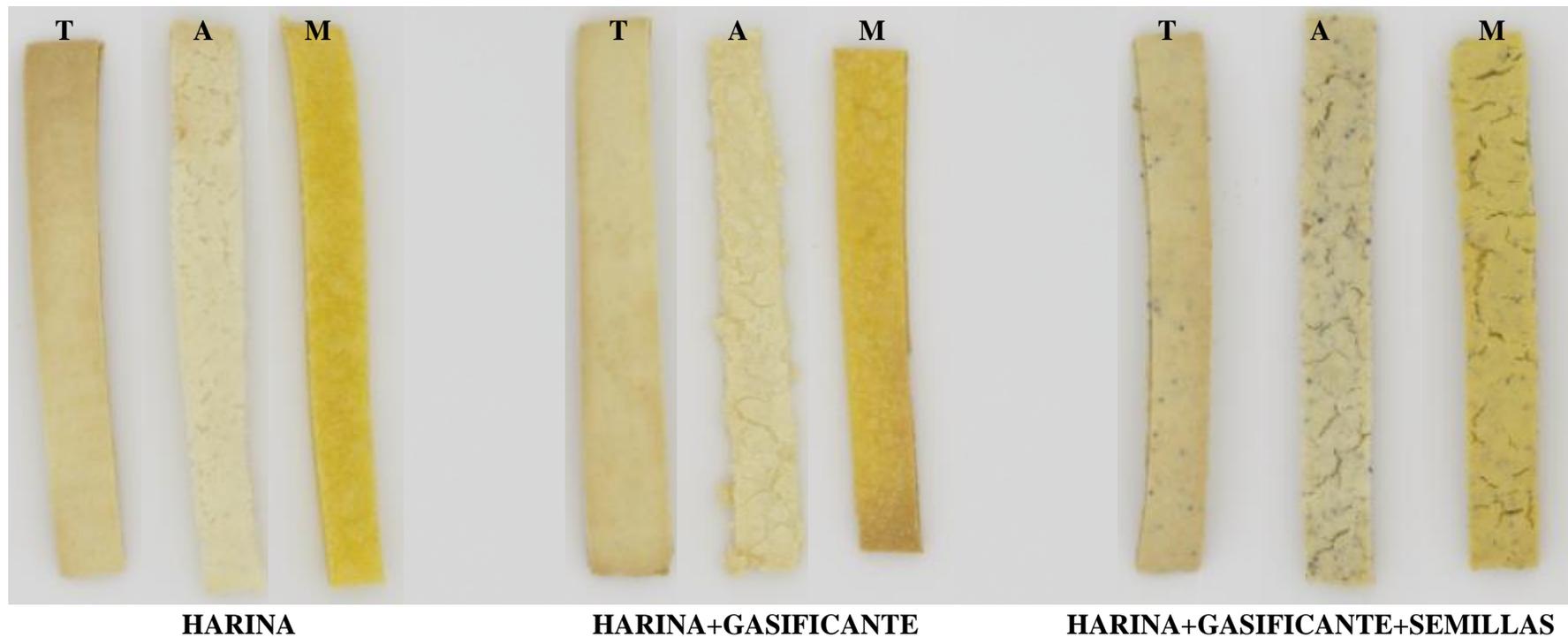
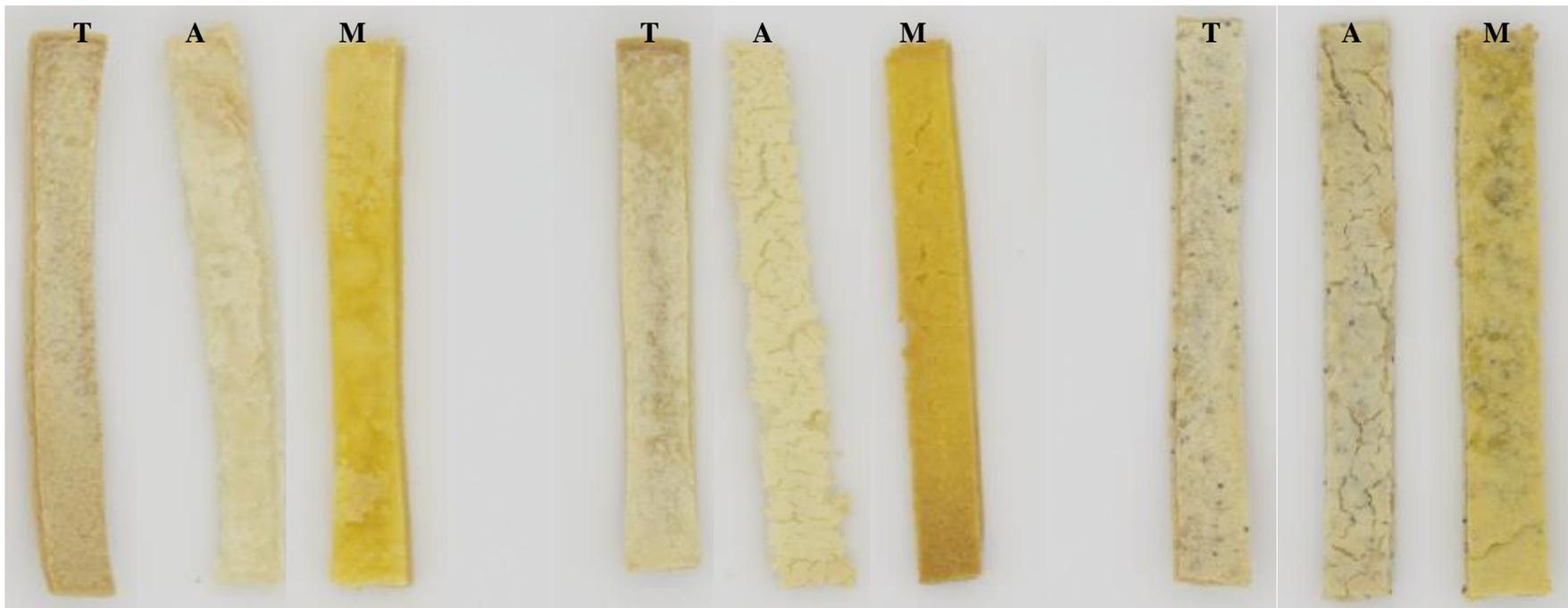


Figura 38. Superficie de los bastones obtenidos a partir de las planchas de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz. T: harina de trigo, A: harina de arroz y M: harina de maíz



HARINA

HARINA+GASIFICANTE

HARINA+GASIFICANTE+SEMILLAS

Figura 39. Base de los bastones obtenidos a partir de las planchas de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz. T: harina de trigo, A: harina de arroz y M: harina de maíz



HARINA

**HARINA +
GASIFICANTE**

**HARINA +
GASIFICANTE +
SEMILLAS**

Figura 40. Sección de los bastones obtenidos a partir de las planchas de harina de trigo, harina de arroz y harina de maíz. T: harina de trigo, A: harina de arroz y M: harina de maíz

ANEJO 7: Imágenes capturadas mediante el sistema DigiEye (Verivide) de os bastones realizados para la evaluación sensorial.

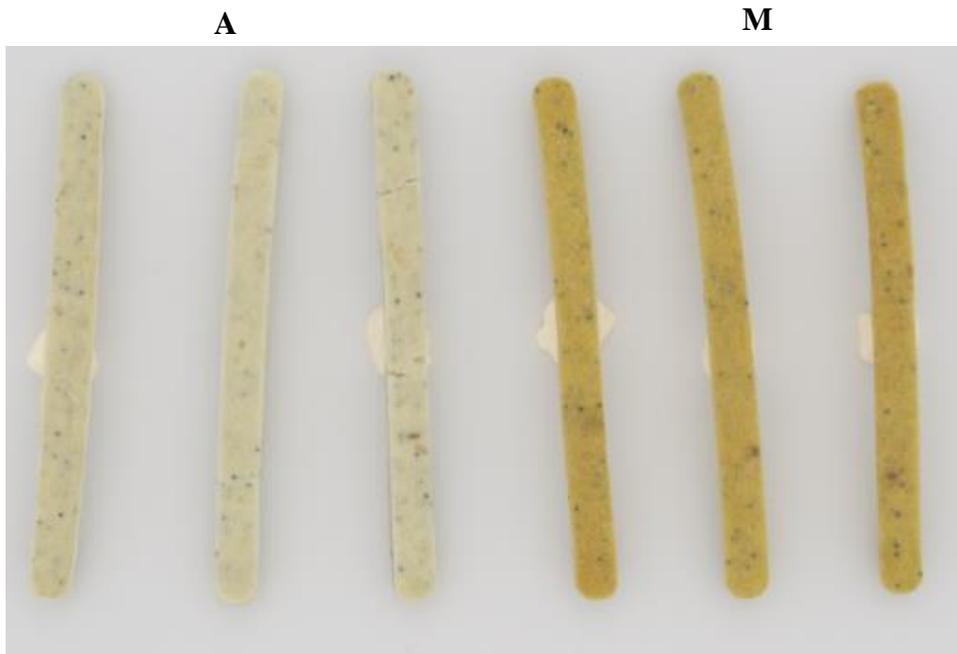


Figura 41. Superficie de los bastones elaborados mediante moldes de silicona, para la evaluación sensorial

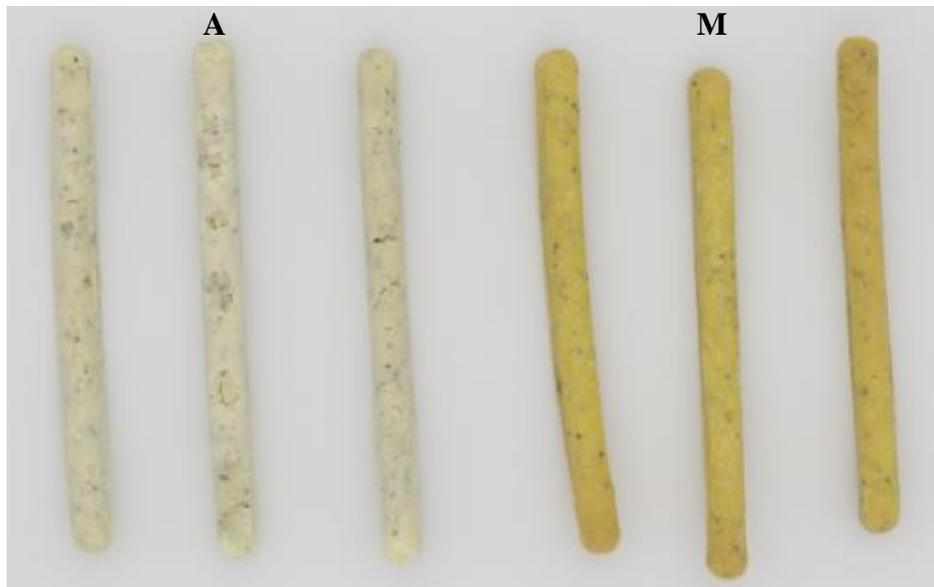


Figura 42. Base de los bastones elaborados mediante moldes de silicona, para la evaluación sensorial