



Tecnología de extrusión para el desarrollo de harinas y productos sin gluten

Daniel Rico*, Ana Belén Cano, María Jesús García-Casas, Miguel Ángel Sanz-Calvo y Ana Belén Martín-Diana, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Subdirección de Investigación y Tecnología. Consejería de Agricultura y Ganadería

La innovación en nuevos productos es uno de los grandes retos de la industria agroalimentaria y fundamental dentro del campo de los alimentos sin gluten y de los productos panificables. La utilización de tecnología de extrusión se ha convertido en una herramienta de gran interés para el desarrollo de nuevas harinas sin gluten con alta capacidad antioxidante y con propiedades tecnofuncionales adecuadas que permitan desarrollar alimentos libres de gluten, pero con un alto valor nutricional y sensorial

La extrusión es una tecnología que comenzó con su aplicación dentro del campo de los plásticos hace más de 50 años y que ha ido incorporándose al ámbito de los alimentos de manera muy paulatina y satisfactoria por la ventaja a la hora de producir un cocinado en línea rápido y seguro, además de contribuir en el desarrollo de alimentos organolépticamente diferenciados. Por tanto, la extrusión es una tecnología en crecimiento que permite el desarrollo de un amplio número de productos a medida, desde pasta hasta formulaciones para bebés.

La cocción por extrusión permite trabajar con una gran variedad de materias primas y mezclas en un amplio rango de condiciones de humedad y temperatura, siendo el tratamiento de harinas el campo donde ha experimentado un mayor interés durante los últimos años, quizás asociado a la alta demanda de harinas de mayor valor nutricional y harinas especiales como son las sin gluten.

La dieta sin gluten es el único tratamiento eficaz, a día de hoy, para las personas con celiaquía. Esta supone la eliminación permanente de este elemento de la dieta, lo que supone un gran reto para mantener una dieta equilibrada y variada, debido a la presencia del gluten de manera generalizada en alimentos industriales. La sustitución del gluten por propiedades tecnológicas únicas y su bajo coste es un gran reto, principalmente en productos panifica-

bles, donde los productos sin gluten tienen generalmente unas pobres propiedades sensoriales y organolépticas.

La utilización de nuevos cereales, pseudocereales y leguminosas ha adquirido una gran relevancia en este sentido como excelentes candidatos para ser incorporados en formulaciones libres de gluten. Muchos de ellos permiten aportar fibra, así como un perfil proteico mejorado, ayudando a balancear las deficiencias nutritivas de gran parte de los alimentos sin gluten.

La extrusión de harina de cereales tales como el arroz y el maíz en productos de aperitivo expandido están bien estudiada y documentada¹⁻²; sin embargo, son muchos menos los estudios y aplicaciones industriales sobre leguminosas, pseudocereales y, por supuesto, muy escasos los desarrollos con subproductos de origen frutícola.

Las harinas, durante el proceso de extrusión, se someten a alta temperatura y alto

cizallamiento a niveles relativamente bajos de humedad, lo que puede modificar la funcionalidad de las mezclas de harina, como es la gelatinización y degradación del almidón, la solubilización de la fibra dietética y la agregación de proteínas. Además, también puede ayudar a reducir los niveles de algunos antinutrientes presentes en las legumbres, tales como los taninos, el ácido fítico y los inhibidores de la tripsina³. La extrusión mejora la digestibilidad del almidón y las proteínas, al aumentar la biodisponibilidad de compuestos bioactivos y nutraceuticos y reducir el índice glucémico (IG)⁴.

Aunque un IG bajo no es un requisito para la población celíaca, cada vez hay más pruebas de que una dieta de índice glucémico bajo puede ser beneficiosa, mejorando el control metabólico de la hiperglucemia y la hiperlipidemia en pacientes diabéticos, así como en la población sana⁵. Esto es de especial importancia en el caso de los celíacos,



Ilustración 1. Extrusor y harina extrusionada

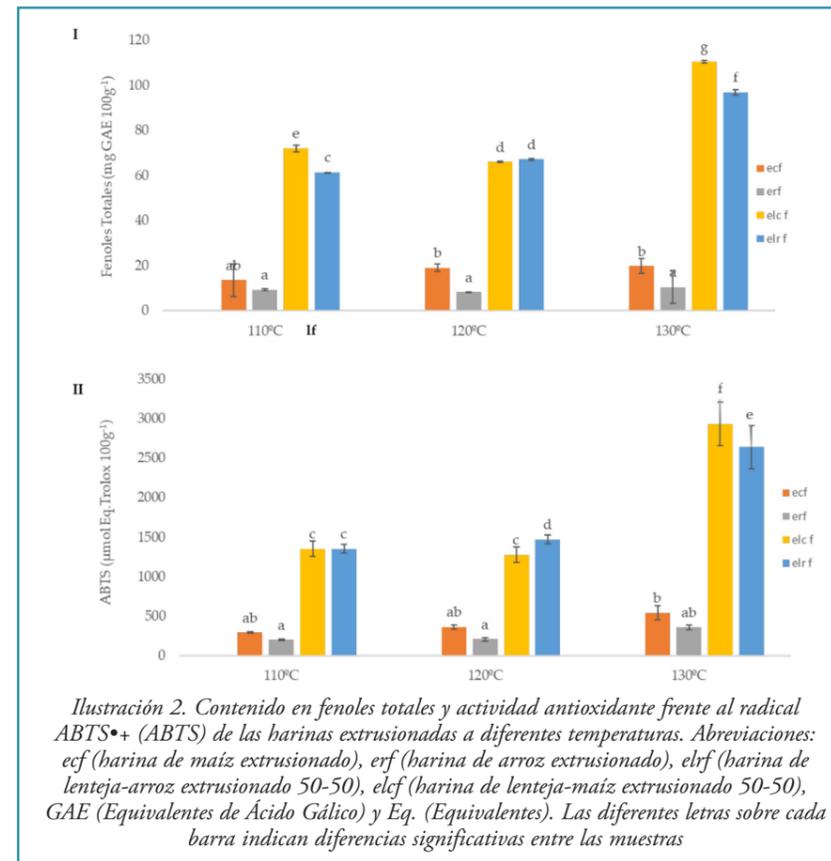


Ilustración 2. Contenido en fenoles totales y actividad antioxidante frente al radical ABTS•+ (ABTS) de las harinas extrusionadas a diferentes temperaturas. Abreviaciones: ecf (harina de maíz extrusionado), erf (harina de arroz extrusionado), elcf (harina de lenteja-arroz extrusionado 50-50), elrf (harina de lenteja-maíz extrusionado 50-50), GAE (Equivalentes de Ácido Gálico) y Eq. (Equivalentes). Las diferentes letras sobre cada barra indican diferencias significativas entre las muestras

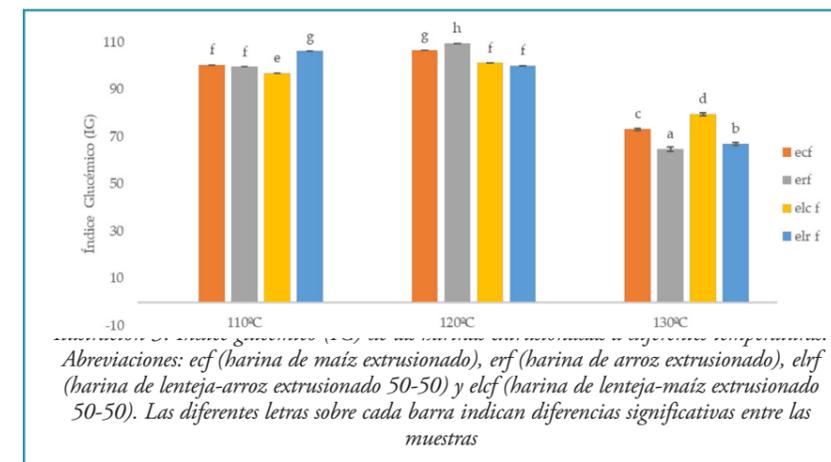
ya que muchos productos sin gluten están formulados con matrices de almidón refinado con alto IG.

La introducción de harinas de legumbres en los productos finales requiere una optimización previa del proceso, como la proporción adecuada de mezcla, el contenido de humedad, la velocidad del tornillo, la temperatura del barril y la relación de compresión para obtener ciertas propiedades funcionales y bioactivas. Legumbres como garbanzos, judías o guisantes han sido más estudiadas en extrusión; sin embargo, son minoritarios los estudios realizados con lenteja, quizás por la variabilidad del cultivo y baja comercialización, pese al alto valor nutricional que presenta.

En el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), a través de la Planta de Procesos y Productos Innovadores y en colaboración con el Laboratorio de Análisis Sensorial, se trabaja en esta temática a través de proyectos de I+D+i muy dirigidos a la obtención de soluciones prácticas a nivel industrial; entre ellos cabe citar el recientemente finalizado proyecto Biodough (Desarrollo de harinas tecnofuncionales mejoradas para la elaboración de productos saludables), cofinanciado por fondos Feader. En este proyecto se ha trabajado en la optimización de la extrusión en leguminosas con

especial énfasis en lenteja por el interés que presenta esta leguminosa con el objetivo de desarrollar harinas de alta capacidad antioxidante y reducido índice glucémico.

En este trabajo se prepararon harinas nativas (no extruidas), mezcla de lentejas-maíz y lentejas-arroz a diferentes concentraciones con un control de humedad de la mezcla final a 200 g kg⁻¹. Las harinas de maíz, arroz y mezcla se extrusaron usando un extrusor monohusillo a escala de laboratorio (Brabender modelo KE19 20 DN, Alemania) (Ilustración 1). La velocidad de tornillo se fijó a 150 rpm y se monitorizó la presión resultante. La temperatura en la sección 4 de matriz / salida se fijó en 110 °C, 120 °C y 130 °C. Estudios de



Abreviaciones: ecf (harina de maíz extrusionado), erf (harina de arroz extrusionado), elcf (harina de lenteja-arroz extrusionado 50-50) y elrf (harina de lenteja-maíz extrusionado 50-50). Las diferentes letras sobre cada barra indican diferencias significativas entre las muestras

propiedades antioxidantes e índice glucémico fueron analizados para optimizar las condiciones de extrusión.

Los resultados mostraron la importancia de la harina con la cual se coextrusiona la leguminosa, en nuestro caso la lenteja, así como la humedad en la mezcla, el tiempo de hidratación de la misma y la temperatura aplicada en el proceso. Siendo parámetros fundamentales para la mejora de la bioaccesibilidad de compuestos fenólicos libres y ligados, y, por tanto, para la mejora en las propiedades antioxidantes finales. La mezcla maíz junto con lenteja mostró una formulación con unas propiedades antioxidantes mejoradas frente a la harina de lenteja con arroz (Ilustración 2I).

Además, se observó que la aplicación de temperatura era decisiva en el control de fenoles libres como propiedades antioxidantes, el contenido en fenoles aumentaba de manera lineal con la temperatura de extrusión, alcanzándose los valores más altos a 130 °C, lo cual se encontraba asociado a una mejora extractiva de los mismos tras el proceso facilitando la liberación de parte de compuestos fenólicos que se encuentran ligados de manera covalente a la fibra.

Por otro lado, se observó un aumento de las propiedades antioxidantes en todos los marcadores estudiados, con especial relevancia en los análisis realizados mediante la evaluación del parámetro actividad antioxidante frente al radical ABTS•+ (ABTS) donde se apreció que el aumento de la capacidad antioxidante fue lineal con la temperatura (Ilustración 2II) y se observó una correlación con el contenido fenólico. Además, hay que tener en cuenta que a altas temperaturas se producen reacciones de Maillard las cuales pueden generar compuestos que contribuyen de manera notable al incremento observado en la capacidad antioxidante global.

El efecto de la extrusión mostró una importante reducción del IG a mayor tem-



Ilustración 4. Nachos mezcla de maíz y harina de pulpa melocotón extrusionada

peratura frente a bajas temperaturas. Lo cual podría responder a un proceso de plastificación que evitaría la gelificación de parte del almidón y, por tanto, una menor reducción en el índice glucémico. El trabajo permitió optimizar las condiciones para producir una harina con propiedades saludables mejoradas frente a las harinas mezcla nativas de partida pudiéndose formularse en producto panificables tipo magdalena con unas propiedades sensoriales muy aceptables.

Por otra parte, se está trabajando en extrusión de nuevas harinas hortofrutícolas dentro del proyecto Allfruit4all (Desarrollo de productos de fruta innovadores para incrementar su consumo, promover la

salud y reducir residuos agroalimentarios), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Uno de los objetivos del mismo es la valorización mediante extrusión de subproductos de fruta. Para ello, se incorporó a una matriz de harina de maíz distintos porcentajes de pulpa de melocotón obtenida de la industria de producción de zumo.

Tras la extrusión en condiciones de velocidad de tornillo a 150 rpm y temperatura de salida del producto de 140 °C, se obtuvo una harina precocinada con la cual se elaboraron aperitivos tipo nachos y se compararon estos productos frente a uno preparado con una harina comercial precocinada de

maíz. Además, se utilizó un tipo de fritura a baja temperatura empelando tecnología de vacío, con el objetivo de desarrollar un alimento más saludable.

Los estudios mostraron (Ilustración 5) que el incremento de subproductos de pulpa en la mezcla de maíz mejoraba hasta un 40% el contenido fenólico (FT) a altas concentraciones de inclusión de pulpa, y las propiedades antioxidantes frente a radicales de oxígeno (ORAC), frente al radical DPPH (DPPH), frente al radical ABTS•+ (ABTS) y poder reductor frente al hierro (FRAP) del producto final hasta un 45% respecto al control de maíz sin pulpa, lo cual explicaba que parte de la contribución a las propiedades antioxidantes procedían no solo de fenoles, sino además de la liberación de pectinas durante el proceso de extrusión que mejoran las propiedades antioxidantes⁶.

Además, se observó que aquellos que habían sido formulados con una concentración mayor de pulpa, presentaban una mejor textura (más crujientes) que los de menor concentración o incluso superiores a los controles (Ilustración 6).

Por tanto, los estudios muestran que la extrusión es una herramienta de gran interés y recorrido dentro del ámbito de los productos sin gluten por su efectividad a la hora de combinar mezclas de harinas, así como mejorar las bioaccesibilidad de compuestos activos. □

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida para la realización de este trabajo a Fondos Feader por la financiación del proyecto Biodough (PEP 2017-807) y al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades por la financiación de proyecto Allfruit4all (PID2019-104269RR-C32).

Notas

1: Hegazy et al. Effect of extrusion process on nutritional, functional properties and antioxidant activity of germinated chickpea incorporated corn extrudates. *Am. J. Food Sci. Nutr. Res.* 2017, 4, 59–66. 13.

2: Pasqualone et al. Use of Legumes in Extrusion Cooking: A Review. *Foods*. 2020, 9, 958, doi: 10.3390/foods9070958.

3: Patil et al. The effects of fortification of legumes and extrusion on the protein digestibility of wheat based snack. *Foods*. 2016, 5, 26, doi: 10.3390/foods5020026.

4: Jenkins et al. Low glycemic index-lente carbohydrates and physiological effects of altered food frequency. *American Journal Clinical Nutrition*. 1994, 54, S706-S709, doi: 10.1093/ajcn/59.3.706S.

5: Goñi et al. Chickpea flour ingredient slows glycemic response to pasta in healthy volunteers. *Food Chemistry*. 2003, 81, 511–515, doi: 10.1016/S0308-8146(02)00480-6.

6: Eça et al. Development of Active Films From Pectin and Fruit Extracts: Light Protection, Antioxidant Capacity, and Compounds Stability. *J Food Sci.* 2015, 80(11) 2389-96, doi: 10.1111/1750-3841.13074.

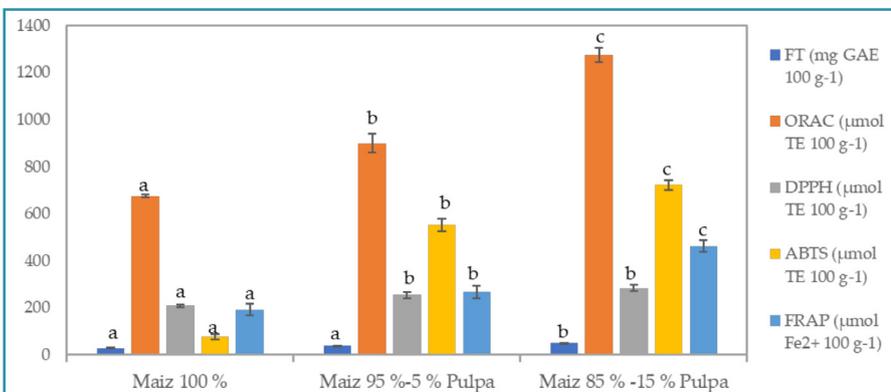


Ilustración 5. Contenido fenoles totales (FT), capacidad antioxidante frente a radicales de oxígeno (ORAC), frente al radical DPPH (DPPH), frente al radical ABTS•+ (ABTS) y poder reductor frente al hierro (FRAP). Abreviaturas: GAE (Equivalentes de Ácido Gálico) y TE (Trolox Equivalentes). Las diferentes letras sobre cada barra del mismo color indica diferencias significativas entre parámetros analizados

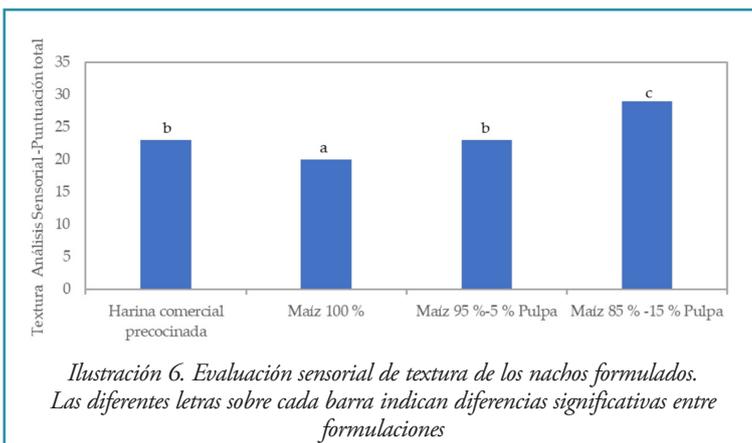


Ilustración 6. Evaluación sensorial de textura de los nachos formulados. Las diferentes letras sobre cada barra indican diferencias significativas entre formulaciones