

## New functional low-sugar and rich in bioactive compounds beverage. Optimisation of the process

## Nueva bebida funcional baja en azúcar y rica en compuestos bioactivos. Optimización del proceso

F.J. Salar<sup>1\*</sup>, P.S. Fernández<sup>2</sup>, C. García-Viguera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Fitoquímica y Alimentos Saludables, Grupo de calidad, seguridad y bioactividad de alimentos vegetales, Departamento Ciencia y Tecnología de Alimentos, CEBAS-CSIC, Campus Universitario de Espinardo, 25, 30100 Murcia. Spain.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Agronómica. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena. Spain.

\*fjsalar@cebas.csic.es

### **Abstract**

Nowadays, low-sugar plant-based beverages, such as those citrus and red fruit-based, are a promising way to consume health-promoting nutrients. The development of safe and organoleptic attractive beverages, enriched in bioactive and bioavailable compounds, is of high interest. This, together, with providing alternatives to fast-absorbing carbohydrates, with the purpose of reducing the consumption of sugars, implies the need for an evaluation of the safety of the new products and an optimization of their processing. In order to cover this, the study of different alternatives based on thermal and non-thermal treatments is of interest. Furthermore, a multi-criteria decision analysis is necessary to optimize the results obtained, together with the estimated costs of the different alternatives, which will be useful to improve its implementation on an industrial scale.

**Keywords:** Citrus; Maqui berry; sweeteners; phenolic compounds; emerging technologie.

### **Resumen**

Actualmente, las bebidas a base de frutas y hortalizas, como por ejemplo con cítricos y frutos rojos, con bajo contenido en azúcar, son una prometedora forma de consumo de nutrientes promotores de la salud. El desarrollo de bebidas organolépticamente atractivas y seguras, enriquecidas en compuestos bioactivos y biodisponibles, que aporten alternativas a los carbohidratos de rápida absorción, con la finalidad de reducir el consumo de azúcares en la población, conlleva la necesidad de una evaluación de la seguridad de los nuevos productos y una optimización de su procesado. Para ello se han de estudiar diferentes alternativas basadas en tratamientos térmicos y no térmicos. Además es necesario un análisis de decisión multi-criterio que optimice los resultados obtenidos, junto con las estimaciones de costes de las mismas, que será útil para optimizar su elaboración a escala industrial.

**Palabras clave:** Cítricos; Maqui berry; edulcorantes; compuestos fenólicos; tecnologías emergentes.

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumidor de hoy día presenta una gran preocupación por su salud, estableciendo una relación, cada vez más directa entre alimento y salud. De entre los principales problemas destaca la alta ingesta en bebidas con alto contenido en azúcar, lo cual está relacionado un mayor riesgo

de padecer enfermedades cardiovasculares, una mayor ganancia de peso corporal y patologías como la hiperuricemia o la hipertensión (1,2). Este tipo de bebidas, elaboradas generalmente con sacarosa y/o jarabe de fructosa, son fuentes de azúcares rápidamente absorbibles que producen un aumento rápido de glucosa e insulina en plasma, lo que conlleva a una resistencia a la insulina e intolerancia a la glucosa. Para paliar este problema, parte de la investigación se focaliza en nuevas formulaciones, que aumenten la vida útil de las frutas frescas, preserven los nutrientes y reduzcan el contenido glucémico de las bebidas comerciales azucaradas.

Una estrategia para reducir el contenido en azúcares es mediante edulcorantes artificiales. No obstante, existe cierta polémica en relación a su uso, ya que pueden contribuir a una mayor ingesta calórica y obesidad, por mecanismos que pueden estar mediados por la microbiota colónica (3). Además, aunque hay una amplia variedad de edulcorantes autorizados, los consumidores muestran un interés creciente por los naturales como la stevia. Por todo ello, existe una gran demanda de bebidas saludables, sin edulcorantes artificiales añadidos, que proporcionen una ingesta elevada de compuestos bioactivos naturales.

En relación con todo ello la elaboración de bebidas naturales tienen una gran demanda. Así, los cítricos son una apuesta importante, ya que incluyen altas concentraciones de vitamina C, ácido cítrico, minerales y flavonoides, especialmente flavanonas, como la hesperidina (4), cuya ingesta va asociada a la prevención de enfermedades neurodegenerativas y relacionadas con la inflamación (5,6).

Por otro lado, el maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) es fuente de antocianos (derivados de cianidina y delphinidina) y ácidos hidroxicinámicos (7), los cuales se ha descrito que mejoran la hiperglicemia y la sensibilidad a la insulina (8). Además, sus extractos han demostrado tener actividad antioxidante y capacidad de inhibición de la adipogénesis y la inflamación (9), así como inhibición de enzimas implicados en la absorción de azúcares (10).

Para garantizar la conservación y seguridad de un nuevo producto es necesario evaluar y validar tecnologías que permitan su conservación y optimicen la retención de compuestos de interés nutricional, garantizando su inocuidad para el consumidor. En este sentido, la sustitución del azúcar por edulcorantes supone una modificación importante de parámetros relacionados con la estabilidad y seguridad microbiológica, al variar, por ejemplo, la aw. Si bien la tecnología más utilizada de conservación de alimentos sigue siendo el tratamiento térmico, existen equipos que permiten optimizar su intensidad, basándose en la modelización matemática de su efecto sobre los microorganismos (11). Además, hay otras tecnologías emergentes y novedosas que permiten una aplicación eficiente de calor (calentamiento por microondas) (12) o no térmicas (altas presiones hidrostáticas) (13). Para su correcto uso hay que evaluar su impacto sobre la inactivación microbiana/enzimática, con el fin de garantizar su inocuidad (ausencia de enfermedad por su consumo) y su estabilidad durante la vida útil, así como su efecto sobre los fitoquímicos bioactivos.

El objetivo fue optimizar las condiciones que permitan maximizar el contenido de estos compuestos funcionales promotores de la salud, garantizando la seguridad y estabilidad microbiológica de las bebidas, además teniendo en cuenta la evaluación de costes del producto. Para ello es de gran utilidad la optimización multiobjetivo: La dinámica y no linealidad de los modelos en este campo hacen necesaria la utilización de métodos de optimización global para el cálculo del conjunto de soluciones óptimas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Desarrollo de diferentes formulaciones de la bebida y su optimización organoléptica

Se realizará el diseño de las bebidas que proporcionen un valor añadido en base a su contenido en compuestos (poli)fenólicos, aportados por los cítricos y maqui, estudiando diferentes edulcorantes naturales (sacarosa-control, sucralosa y stevia) basándose en experiencias previas de estudios de dosificación de ingredientes (14), y optimizando su perfil organoléptico a través de la realización de paneles de cata y pruebas sensoriales con escalas de referencia y de puntuación estándar, de acuerdo a la legislación europea y española y reglamentos técnico-sanitarios que recogen los máximos niveles permitidos para su uso como ingredientes (14).

#### 2.2 Procesamiento de las bebidas mediante tratamientos térmicos y no térmicos

Se elaborarán las bebidas mediante diferentes tratamientos tanto térmicos (calor convencional en termorresistómetro Mastia, o calentamiento por microondas) como no térmicos (alta presión hidrostática), con envasado en atmosfera de nitrógeno tras eliminar el aire y almacenamiento durante 60 d, a diferentes temperaturas.

#### 2.3 Análisis fisicoquímico de las bebidas y evaluación de su seguridad y estabilidad microbiológica

Se realizará la caracterización fitoquímica/nutricional de la bebida de frutas con los distintos edulcorantes, mediante el análisis de compuestos fenólicos por HPLC-DAD y HPLC-MS-MS (7), vitamina C por HPLC- QQQ (15). Además de analizar otros parámetros físico-químicos (16), color (CIEL\*a\*b\*) (4), análisis mineral por EAA-ICP, o capacidad antioxidante. Adicionalmente se llevarán a cabo tanto un análisis microbiológico de las bebidas, con el fin de determinar los microorganismos patógenos y alteradores alimentarios presentes en las bebidas, controlando en todas ellas las condiciones de tiempo y temperatura.

#### 2.4 Evaluación de la vida útil de las bebidas y optimización de parámetros y costes

Todos los parámetros comentados en el apartado anterior se analizarán justo después del procesado de las muestras y durante 60 d de almacenamiento, mediante una simulación de distintos escenarios de condiciones de conservación doméstica y comercial, para estudiar la influencia de la conservación en los perfiles organoléptico y fitoquímico y su estabilidad microbiológica, en función de los diferentes endulzantes y su concentración, y de esta manera establecer y optimizar el periodo de vida útil del producto y los costes a escala semi-industrial, a través de la optimización multiobjetivo mediante métodos de optimización global para el cálculo del conjunto de soluciones óptimas, tipo frente de Pareto.

### **3. RESULTADOS ESPERADOS**

De los resultados se espera obtener una bebida saludable, organolépticamente atractiva y segura, enriquecida en compuestos bioactivos y biodisponibles, que aporte alternativas a los carbohidratos de rápida absorción, con la finalidad prioritaria de reducir el consumo de azúcares en la población. Además, todos los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos tecnológicos, junto con estimaciones de los costes de las distintas alternativas, se optimizarán mediante un análisis de decisión multi-criterio para su aprovechamiento a escala industrial.

### **4. CONCLUSIONES**

Se hace indispensable el estudio de formulaciones ricas en compuestos bioactivos fenólicos y diferentes endulzantes, ya que éstos pueden tener una gran influencia sobre el perfil fitoquímico de la bebida final, así como en la seguridad alimentaria, vida útil y aspectos organolépticos. Además, este estudio servirá para aumentar la ingesta de compuestos presentes en frutas y hortalizas, con la consabida prevención de ciertas enfermedades asociadas a estrés oxidativo.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo será financiado por el MINECO español a través del Proyecto de Investigación AGL2016-75332-C2-1-R (AEI / FEDER, UE). F.J. Salar tiene el apoyo de la subvención FPU (FPU18/00332) del Programa de Becas del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

## 6. REFERENCIAS

1. Bray GA. Energy and Fructose From Beverages Sweetened With Sugar or High-Fructose Corn Syrup Pose a Health Risk for Some People. *Adv Nutr.* 2013;4(2):220–5.
2. Lakhan SE, Kirchgessner A. The emerging role of dietary fructose in obesity and cognitive decline. *Nutr J.* 2013;12(1):1–12.
3. Suez J, Korem T, Zeevi D, Zilberman-Schapira G, Thaiss CA, Maza O, et al. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature.* 2014;514(7521):181–6. <http://dx.doi.org/10.1038/nature13793>
4. González-Molina E, Domínguez-Perles R, Moreno DA, García-Viguera C. Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. *J Pharm Biomed Anal.* 2010;51(2):327–45.
5. Hajjalyani M, Farzaei MH, Echeverría J, Nabavi SM, Uriarte E, Eduardo SS. Hesperidin as a neuroprotective agent: A review of animal and clinical evidence. *Molecules.* 2019;24(3).
6. Hägele FA, Büsing F, Nas A, Aschoff J, Gnädinger L, Schweiggert R, et al. High orange juice consumption with or in-between three meals a day differently affects energy balance in healthy subjects. *Nutr Diabetes.* 2018;8(1). <http://dx.doi.org/10.1038/s41387-018-0031-3>
7. Gironés-Vilaplana A, Baenas N, Villaño D, Speisky H, García-Viguera C, Moreno DA. Evaluation of Latin-American fruits rich in phytochemicals with biological effects. *J Funct Foods.* 2014;7(1):599–608.
8. Hanhineva K, Törrönen R, Bondia-Pons I, Pekkinen J, Kolehmainen M, Mykkänen H, et al. Impact of dietary polyphenols on carbohydrate metabolism. *Int J Mol Sci.* 2010;11(4):1365–402.
9. Schreckinger ME, Wang J, Yousef G, Lila MA, De Mejia EG. Antioxidant capacity and in Vitro inhibition of adipogenesis and inflammation by phenolic extracts of *Vaccinium floribundum* and *Aristotelia chilensis*. *J Agric Food Chem.* 2010;58(16):8966–76.
10. Rubilar M, Jara C, Poo Y, Acevedo F, Gutierrez C, Sineiro J, et al. Extracts of maqui (*Aristotelia chilensis*) and murta (*Ugni molinae* Turcz.): Sources of antioxidant compounds and  $\alpha$ -glucosidase/ $\alpha$ -amylase inhibitors. *J Agric Food Chem.* 2011;59(5):1630–7.
11. Garre A, Fernández PS, Lindqvist R, Egea JA. Bioinactivation: Software for modelling dynamic microbial inactivation. *Food Res Int.* 2017;93:66–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.01.012>
12. Reverte-Ors JD, Pedreño-Molina JL, Fernández PS, Lozano-Guerrero AJ, Periago PM, Díaz-Morcillo A. A novel technique for sterilization using a power self-regulated single-mode microwave cavity. *Sensors.* 2017;17(6):1309.
13. Toepfl S, Mathys A, Heinz V, Knorr D. Review: Potential of high hydrostatic pressure and pulsed electric fields for energy efficient and environmentally friendly food processing. *Food Rev Int.* 2006;22(4):405–23.
14. Gironés-Vilaplana A, Calín-Sánchez Á, Moreno DA, Carbonell-Barrachina ÁA, García-Viguera C. Novel maqui liquor using traditional pacharán processing. *Food Chem.* 2015;173:1228–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.062>
15. Baenas N, Salar FJ, Domínguez-Perles R, García-Viguera C. New UHPLC-QQQ-MS/MS method for the rapid and sensitive analysis of ascorbic and dehydroascorbic acids in plant foods. *Molecules.* 2019;24(8):1632
16. González-Trujano ME, Pellicer F, Mena P, Moreno DA, García-Viguera C. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of a pomegranate (*Punica granatum* L.) extract rich in ellagitannins. *Int J Food Sci Nutr.* 2015;66(4):395–9.