



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Departamento de Química Analítica

Bioaccesibilidad y biodisponibilidad de
minerales en aceitunas de mesa bajas en
sodio y fortificadas en potasio, calcio y
magnesio

TESIS DOCTORAL

José María Moreno Baquero

Sevilla, 2016

Bioaccesibilidad y biodisponibilidad de minerales en aceitunas de mesa bajas en sodio y fortificadas en potasio, calcio y magnesio

Autor: José María Moreno Baquero

Directores: Antonio López López y Antonio Garrido Fernández

Tutor: Agustín García Asuero

El cultivo del olivo a lo largo de la historia se ha relacionado principalmente con la producción de aceite de oliva. Pero, el aderezo de aceitunas con diversos aliños, para su consumo directo, ha sido también una tradición que se pierde en la antigüedad. Actualmente, las aceitunas de mesa constituyen el producto vegetal fermentado más importante del mundo occidental. Su elaboración se concentra en los países del área mediterránea, siendo España el primer productor mundial.

El tratamiento de las aceitunas de mesa tiene como principal objetivo la eliminación, total o parcial, del amargor natural que éstas contienen, que no permite el consumo directo del fruto fresco. Los tres principales estilos de elaboración de aceitunas de mesa son: aceitunas aderezadas estilo sevillano o español (los frutos se someten a un tratamiento alcalino, se lavan para eliminar el exceso de álcali y, finalmente, se colocan en salmuera donde sufren una fermentación láctica), negras oxidadas (los frutos se almacenan en soluciones acuosas diversas hasta su ennegrecimiento y, después, se envasan y esterilizan) y aceitunas al natural (los frutos se sumergen directamente en salmuera, en la que experimentan una fermentación espontánea).

Independientemente del proceso seguido, el cloruro sódico (NaCl) se emplea de forma abundante, con la doble finalidad de conservar el producto y como enmascarador del sabor amargo. Sin embargo, el elevado contenido de sodio en las aceitunas de mesa ha creado una imagen desfavorable de las mismas para algunos sectores de consumidores, debido a la repercusión negativa de este mineral sobre las enfermedades cardiovasculares, especialmente hipertensión. Esta presión social implica la necesidad de investigar las posibilidades de reducir los contenidos de cloruro sódico en las aceitunas de mesa, sin que ello afecte a sus características organolépticas y a su seguridad alimentaria. El uso de un bajo contenido de NaCl podría combinarse con una mezcla de sales de elementos minerales nutrientes, lo que resultaría ventajoso para mantener el efecto conservante del conjunto de ellas, al tiempo que se reduce la ingesta de sodio de los consumidores.

El presente trabajo tiene la finalidad de disminuir el contenido de NaCl en los envasados de aceitunas de mesa, sustituyéndolo parcialmente por otros minerales nutrientes, en proporciones compatibles con las tradicionales características organolépticas. Las formas de elaboración objeto del estudio han sido las aceitunas estilo sevillano o español (enteras y rellenas) y las colocadas directamente en salmuera. Las sales que se han empleado para ello son KCl, CaCl₂ y MgCl₂. Como es lógico, la sustitución de NaCl en el envasado de aceitunas de mesa por otras sales no sólo reduce la cantidad de sodio sino que enriquece la pulpa de las aceitunas en otros minerales. Sin embargo, la mayor presencia de dichos elementos no implica

que el organismo los absorba en mayor cantidad. Así pues, otro de los objetivos del trabajo ha sido la investigación de la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de los minerales presentes en los frutos envasados, con el fin de estimar las cantidades que realmente pueden ser asimiladas, una vez ingeridos los mismos.

El plan de trabajo ha consistido en un proceso previo de desalado de las aceitunas, con el fin de eliminar el exceso de sodio de los frutos fermentados, hasta que el contenido del mismo en la pulpa fue el deseado en el producto final. A continuación, las aceitunas se envasan en salmueras con distintas mezclas de sales, empleando para ello un diseño de experiencia D-óptimo basado en una estructura tipo "simplex lattice". Una vez equilibrados los frutos, se determina el contenido de sodio, potasio, calcio y magnesio en la pulpa de las aceitunas de todos los tratamientos y en todas y cada una de las etapas del proceso. Asimismo, se ha analizado también, simultáneamente, color, textura, pH, acidez libre, acidez combinada y contenido en ácido láctico en frutos o salmueras, según los casos. El estudio se ha completado con un análisis sensorial de las aceitunas de todas las experiencias a escala de consumidores.

Los datos obtenidos de todos estos análisis se han considerado respuestas a las diferentes condiciones previstas en el diseño experimental. A continuación, los valores de cada uno de los parámetros (color, textura, composición mineral, puntuaciones sensoriales, etc.) se han relacionado con las condiciones de envasado. Mediante análisis de varianza de los correspondientes modelos secuenciales se han seleccionado las ecuaciones que mejor representaban dicha dependencia y se han construido las superficies de respuesta (RS) o los diagramas triangulares en los que se han reflejado las líneas de contorno (combinaciones de variables que dan una misma respuesta). Tanto unas como otras permiten obtener los valores de los atributos analizados en función de las concentraciones iniciales de sales en las salmueras de envasado. Además, dado el elevado número de casos (tratamientos) y variables estudiadas en el trabajo, se han podido aplicar técnicas multivariantes para identificar tratamientos que conducen a respuestas similares (análisis clúster) o de predicción de las puntuaciones sensoriales a partir de las concentraciones de los minerales nutrientes en la pulpa (regresión mediante PLS). En general, los diversos productos se diferencian por las distintas concentraciones de elementos minerales en la pulpa, así como, por las características físico-químicas que la presencia de los mismos les confiere. En ambos casos, las respuestas esperadas pueden estimarse a partir de las concentraciones de sales en los envasados. Por otra parte, en el caso de las puntuaciones de los atributos sensoriales otorgadas por los consumidores, se ha comprobado que las mismas están relacionadas con los contenidos de los minerales nutrientes en pulpa. Asimismo, a su vez, la valoración global y la predisposición de compra se ha encontrado que, aparte de estar fuertemente correlacionadas entre sí, dependen de las puntuaciones dadas a los atributos sensoriales analizados (tanto sensaciones gustativas como cinestésicas).

Por último, se ha investigado la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de los minerales empleados en estos envasados, con el fin de estimar las cantidades que realmente pueden ser asimiladas, una vez ingeridos. Para realizar dichas determinaciones en aceitunas de mesa se han puesto a punto métodos, basados en un sistema *in vitro*, que incluyen una digestión gastrointestinal simulada y técnicas de cultivos celulares. El estudio se ha llevado a cabo con aceitunas verdes estilo sevillano y aceitunas colocadas directamente en salmuera con un nivel reducido de sodio y, con aceitunas tipo negras, las cuales poseen un elevado contenido en hierro, dado que dicha presentación cuenta actualmente con una gran importancia comercial.

Las conclusiones obtenidas en este trabajo han puesto de manifiesto que la elaboración de aceitunas de mesa con bajo contenido en sodio y fortificadas en otros elementos minerales (es decir envasadas con mezclas de sales nutrientes), da lugar a productos de características físico-químicas similares a las de los tradicionales y, por tanto, no modifica la calidad ni la seguridad de los mismos. A partir de las relaciones encontradas entre las concentraciones de los minerales nutrientes en la pulpa y las de las sales correspondientes en los envasados, es posible diseñar productos que tengan una composición mineral predeterminada, de manera que los porcentajes de ingesta de referencia (IR) de los mismos sean superiores al 15%, mínimo establecido en la legislación para permitir en la etiqueta la alegación de que la presentación es fuente de ellos (Commission of the European Communities, 2011 y 2012).

Además, el estudio realizado con técnicas multivariantes ha permitido relacionar las puntuaciones otorgadas por los consumidores a los atributos sensoriales de las aceitunas con las concentraciones de los minerales en pulpa. Las ecuaciones correspondientes permitirán el desarrollo de productos más acordes con los gustos y preferencias sociales, lo que, sin duda, favorecerá la expansión del mercado de la aceituna de mesa. Es necesario resaltar que el análisis clúster, aplicado a las puntuaciones de las variables sometidas a la evaluación de los consumidores, ha permitido reunir a determinados tratamientos en grupos de características (contenido en minerales) similares, diferenciando, sin embargo, las nuevas presentaciones del producto tradicional. Este hecho indica que debe procederse con suma precaución cuando se pretendan introducir en el mercado los productos fortificados, con objeto de evitar su identificación y, posible, rechazo inducido (resistencia a cambios en los hábitos alimenticios).

Por otra parte, del estudio realizado se desprende que los distintos tipos de aceitunas de mesa, envasadas en mezcla de sales, presentan valores parecidos de bioaccesibilidad y biodisponibilidad y que los mismos son similares a los que recoge la bibliografía, para los mismos elementos, en otros alimentos. Así, el sodio y el potasio han presentado bioaccesibilidades cercanas al 100%, el magnesio, a pesar de su naturaleza divalente, entre el 80 y el 90% y el calcio un valor en torno al 20%. En cuanto a la biodisponibilidad mineral, los porcentajes de la misma para el sodio y el potasio se sitúan alrededor del 75%. El calcio y el magnesio se absorben con dificultad, habiéndose obtenido para ellos porcentajes de biodisponibilidades del 4-5% y 8-15%, respectivamente. En aceitunas tipo negras, el hierro, a pesar de presentar un porcentaje de bioaccesibilidad del 45%, mostró dificultades de absorción, ya que solo alcanzó un porcentaje biodisponible cercano al 14%.

Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser muy útiles para el desarrollo de nuevas presentaciones que den lugar a productos más atractivos para el consumidor y que ayuden a una percepción más saludable de este alimento. Sin duda, el menor contenido en sodio y, especialmente, el aumento de su valor nutricional, como consecuencia, de la aportación de otros minerales nutrientes tales como potasio, calcio y magnesio (considerados favorables desde el punto de vista de la salud), junto con los correspondientes porcentajes de bioaccesibilidad y biodisponibilidad, pueden contribuir de manera muy significativa a ello.