

ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN CHUFA DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA Y CONVENCIONAL COMO UN POTENCIAL INDICADOR DE CALIDAD

MD. Raigón^{1,3*}, V. Castell Zeising², P. Noguera³, MD. García-Martínez¹

¹Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana

²Departamento de Producción Vegetal,

³Departamento de Química. Universitat Politècnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. 46022. Valencia. España.

Teléfono: +34963877347

Corresponding author*: mdraigon@upv.edu.es

<https://doi.org/10.59187/revistaagroecologia.v17.87>

Resumen

La chufa (*Cyperus esculentus* L.) es una planta herbácea perenne de la familia de las Ciperáceas. Se cultiva tradicionalmente en la comarca de L'Horta de València. Se aprovecha un pequeño tubérculo (denominado, asimismo, chufa) que se destina para el consumo humano, bien en crudo (seca o hidratada) o para la elaboración de horchata (bebida refrescante obtenida mediante la mezcla de extracto de chufas trituradas con agua y azucarada según el gusto). A nivel local es evidente la preocupación creciente en relación a la calidad de la chufa para la elaboración de horchata y los riesgos tanto ambientales como para la salud humana por la posible exposición durante el cultivo y el consecuente riesgo de ser absorbidos por la planta. El conflicto ambiental se magnifica por la permanencia en el ecosistema de L'Horta de suelos con concentraciones apreciables en metales pesados, afectando estos desde procesos metabólicos de organismos hasta procesos ambientales que afectan la salud pública. El principal objetivo de este trabajo es analizar la composición de la chufa fresca y evaluar el riesgo a la exposición y acumulación de metales pesados, diferenciando entre chufas producidas mediante técnicas ecológicas y convencionales. Los resultados muestran la presencia de cadmio, plomo y mercurio en los tubérculos de chufa, sin diferenciar entre los dos sistemas productivos, aunque las concentraciones son muy bajas para constituir factor de riesgo para la salud.

Palabras clave: cadmio, contenido mineral, mercurio, plomo, suelo

Abstract

The tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) is a perennial herbaceous plant from the Cyperaceae family. It is traditionally cultivated in the region of L'Horta de València. A small tuber (also called tiger nut) is harvested for human consumption, either raw (dried or hydrated) or for making horchata (a refreshing beverage obtained by mixing the extract of crushed tiger nuts with water and sweetened to taste). Locally, there is growing concern about the quality of tiger nuts for making horchata and the risks, both environmental and to human health, due to possible exposure during cultivation and the consequent risk of absorption by the plant. The environmental conflict is magnified by the persistence in the L'Horta ecosystem of soils with appreciable concentrations of heavy metals, affecting everything from the metabolic processes of organisms to environmental processes that impact public health. The main objective of this study is to analyze the composition of fresh tiger nuts and assess the risk of exposure and accumulation of heavy metals, distinguishing between tiger nuts produced using ecological and conventional techniques. The results show the presence of cadmium, lead and mercury in tiger nut tubers, with no distinction between the two production systems, although the concentrations are very low to constitute a health risk.

Keywords: cadmium, lead, mercury, mineral value, soil

Introducción

La chufa pertenece, según la última revisión taxonómica de las angiospermas (APG III, 2009), al orden Poales, familia Cyperaceae, subfamilia Scirpoideae, tribu Scirpeae, subtribu Cyperinae, género *Cyperus*. La especie es *C. esculentus* (L.), y la población cultivada en la zona valenciana pertenece a la variedad botánica *sativus* (Boeck.) (Ramos Herrero, 2012). *Cyperus esculentus* L. es una planta herbácea perenne. Posee un rizoma cilíndrico de 1 mm de diámetro, con escasas escamas pequeñas y estrechas, que emite abundantes raíces fibrosas y desarrolla tubérculos terminales de entre 8 hasta 16 mm de diámetro, elipsoides, subglobulosos u ovoides, de color pardo grisáceo en la madurez y que, en seco, resultan inodoros e insípidos. Durante la floración emite tallos solitarios, rectos y trígonos. Las hojas suelen ser de menor longitud que el tallo, la mayoría basales, que dejan desnudo el tallo en su mitad superior, planas o a veces un poco aquilladas, ligeramente carenadas por el dorso. La inflorescencia de las especies del género *Cyperus* es compleja y los diferentes autores se han referido a ella de modos muy diversos: la consideraron como antela, umbela, cima, etc. En general, se trata de una antela umbeliforme, a veces fuertemente compacta, cuyos radios nacen a diferentes alturas, cada uno con una bráctea axilante y rematado por cimas, glomérulos o espigas de espiguillas que tienen el eje más o menos contraído. Las flores producen aquenios obovoides, trígonos, de color pardo oscuro o negruzco en la madurez (Castroviejo, 2008).

Fue en el siglo VIII cuando los comerciantes árabes introdujeron el cultivo de la chufa en la región mediterránea de Valencia (España), para su consumo como tubérculo, y como base para la elaboración de horchata que es la bebida refrescante obtenida de la maceración de la chufa (Osaloni *et al.* 2019). En el siglo XIII, bajo la cultura islámica, se expande su cultivo en el área mediterránea de la actual Comunidad Valenciana. Desde entonces, el cultivo de la chufa en Valencia se ha convertido en una seña de identidad.

El cultivo de la chufa es tradicional de la comarca de L'Horta Nord (València) y tiene una gran importancia socio-económica, suponiendo el medio de vida principal de un elevado número de agricultores que poseen amplios conocimientos técnicos del manejo del cultivo, siendo determinante su buen hacer en materia de preparación del terreno, plantación, manejo del cultivo, recolección y secado, para la obtención de un producto final de máxima calidad (MAPA, 2021).

La chufa es un tubérculo comestible, que en un espacio como es L'Horta de València, se convierte en un cultivo de alto valor, siendo uno de los cultivos que contribuyen a la especial belleza del paisaje de L'Horta Nord. El cultivo de chufa mediante métodos respetuosos es estratégico para garantizar el mantenimiento de este paisaje y para garantizar el relevo generacional en la huerta, a la par de contribuir a sustentar una red de productores/as y elaboradores/as locales en torno a un

cultivo tradicional y esencial, porque cada avance hacia una agricultura viva y sostenible es primordial.

El sistema de cultivo se establece en rotación con otros cultivos típicos de la huerta mediterránea como calabaza, patata, cebolla, lechuga, etc. El cultivo es de ciclo largo, realizando la plantación al aire libre en primavera (abril, preferentemente) y la recolección en otoño-invierno (noviembre-febrero). A las dos semanas después de la plantación comienza a brotar el tubérculo y el cultivo permanece en crecimiento durante todo el verano. Requiere de riego continuado, preferentemente cada dos semanas en los meses estivales. El riego se realiza por inundación a través de los sistemas de acequias tradicionales de la huerta de Valencia.

En la zona de Valencia, los suelos tradicionales de cultivo de chufa se han ido mejorando estructuralmente con la incorporación de materia orgánica y adicionadas, si fuera necesario, de arena de playa. Las técnicas de manejo dependen del sistema de producción. Cuando las prácticas se ajustan a cultivo ecológico, la fertilización, control de plagas y enfermedades y manejo de plantas silvestres debe seguir las limitaciones de la normativa europea (Reglamento UE 2018/848).

A nivel local es evidente la preocupación del sector productivo en relación a la calidad de la chufa para la elaboración de horchata y los riesgos tanto ambientales como para la salud humana por la exposición a metales pesados y su eventual consumo. El conflicto ambiental se magnifica por el desconocimiento de la salud de los suelos de L'Horta en cuanto a concentraciones en metales pesados o al origen de los mismos. Los metales pesados tóxicos se encuentran disponibles de forma natural en el medio ambiente. Sin embargo, el aumento de actividades humanas agrícolas y las emisiones industriales provocan la exposición de alimentos a los metales pesados más frecuentes.

El principal objetivo de este trabajo es incidir sobre la calidad de un alimento de referencia de L'Horta Nord como es la chufa, y evaluar el riesgo a la exposición y acumulación de metales pesados, diferenciando entre tubérculos de producción ecológica y de producción convencional. De forma colateral, los resultados permitirán proporcionar más conocimiento de un alimento emblemático de L'Horta Nord, apoyando al sector y facilitando información a las personas consumidoras.

Material y métodos

Los tubérculos de chufa de la variedad poblacional característica de la denominación de origen Chufa de Valencia/Xufa de València han mostrado diversidad de formas, colores y tamaños (Figura 1). Las muestras de chufa se recolectaron en parcelas seleccionadas que se encuentran situadas en el municipio de Alboraya. Las parcelas de la zona 1 son de cultivo convencional y las parcelas de la zona 2 de cultivo ecológico certificadas desde 2015 (Figura 2). La distancia aproximada entre ambas zonas es de 5 km, quedando físicamente

separadas por el barranco del Carraixet. De cada zona se han tomado tres muestras individuales de chufas.

Los métodos analíticos aplicados en el estudio de la composición proximal de la chufa han sido los oficiales de la AOAC (2005).



Figura 1. Muestra de tubérculos de chufa fresca.



Figura 2. Localización de las parcelas de cultivo de la chufa en L'Horta Nord (València).

La caracterización del contenido mineral se ha realizado mediante calcinación de las muestras, para ello 2 g de la muestra seca, molida y homogénea se deposita en el crisol de porcelana previamente tarado y se introduce en la mufla fría y se eleva la temperatura a 450 oC, manteniendo esta temperatura durante 4 horas. Con las cenizas se realiza una disolución ácida al 2%, empleando HCl del 37%, de pureza farmacéutica (Scharlab, Barcelona). La determinación de los elementos minerales individuales se ha realizado por espectroscopía de emisión con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-EOS). El equipo empleado es de Agilent ICP-EOS 710 (700 series ICP-OES, Australia). Las longitudes de onda seleccionadas para cada elemento se muestran en la Tabla 1.

Las determinaciones se realizaron por triplicado. Se realizó un análisis de la varianza simple para cada parámetro, comparando el sistema productivo como factor. La discriminación entre las medias se basó en

la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher (a un nivel de significación del 95%).

Tabla 1. Relación de longitudes y elemento.

Longitud de onda (µm)	Elemento	Longitud de onda (µm)	Elemento
317,933	Calcio	196,026	Selenio
324,754	Cobre	213,857	Zinc
238,204	Hierro	249,678	Boro
769,897	Potasio	228,802	Cadmio
285,213	Magnesio	267,716	Cromo
257,610	Manganeso	184,887	Mercurio
589,592	Sodio	238,892	Cobalto
177,434	Fósforo	281,615	Molibdeno
		405,781	Plomo

Resultados y discusión

Resultados del contenido proximal de la chufa

En la Tabla 2 se muestran los valores promedio (g/100 g) de la humedad, materia seca, contenido en minerales totales o cenizas, contenido en grasa, proteína bruta, fibra bruta, carbohidratos y el valor calórico, expresado en kcal/100 g, de las chufas de los dos sistemas de producción. Además, se muestra el error estándar y el valor del estadístico (p-value).

Las chufas de producción ecológica presentan un 2,96% más de materia seca que las chufas de producción convencional, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas. El contenido en materia seca de los alimentos es muy variable y se encuentra sesgado por la fertilización nitrogenada, empleada en los sistemas de producción convencionales, donde sus sales nítricas ocasionan mayor contenido en humedad en los tejidos de las plantas y en consecuencia menor contenido de materia seca (Reinink et al. 1987).

La Tabla 3 recopila los valores porcentuales de la composición nutricional de la chufa encontrados en bibliografía y empleados en el contraste con los resultados del estudio.

El sistema tradicional de recolección de la chufa incluye el lavado con agua. El lavado de las muestras de chufa se realiza de forma manual con agua potables y fricción de los tubérculos, en diferentes fases hasta que el agua de limpieza sale sin color. Este proceso se realizó en laboratorio y el análisis se realizó previo al desecado natural que sufren los tubérculos, antes de su conservación. Posiblemente, los valores altos de humedad de las chufas del presente estudio frente a lo que se indica en la bibliografía, sea debido a los posibles restos de humedad procedentes del lavado y enjuagado de los tubérculos. En cualquier caso, las muestras de producción ecológica presentan mayor fracción de materia seca frente a las chufas de producción convencional.

Tabla 2. Composición proximal y valor energético total de las chufas.

Nutriente ¹ (%)	Chufa ecológica	Chufa convencional	p-value
Humedad	19,56±2,68	21,81±0,05	0,2188
Materia seca	80,44±1,09	78,19±1,09	0,2188
Cenizas	1,995±0,25	1,964±0,23	0,8813
Grasa	18,50±1,70	23,35±1,32	0,0176
Proteína bruta	3,408±0,46	5,982±0,18	0,0008
Fibra bruta	24,74±0,42	14,38±0,31	0,0000
Carbohidratos	32,80±1,81	35,22±3,21	0,3190
Valor energético (kcal/100 g)	360,81	403,72	

¹valores expresados en base húmeda o peso fresco.

Tabla 3. Valores porcentuales de los nutrientes de chufa referenciados por diferentes autores y procedencias.

Nutriente (%)	Origen de la chufa	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
Adel et al. (2015)	Fayoum (Egipto)	7,30	2,64	22,14	4,33	15,47	48,12
Adjei-Duodu (2014)	Ghana/Camerún	7,7-32,2	1,6 y 2,1	20,9-36,6	3,3-6,7	19,2	50,5-82,1
Alegría-Torán y Farré-Rovira (2003)	España	7,1	1,7	26,1	7,6	11,9	45,3
Ogunlade et al. (2015)	Nigeria	12,2	5,6				62,8
Bado et al. (2015)	Burkina Faso	4,99-5,19	1,69-2,21	24,9-28,9	3,3-4,33		64,73-69,21
Morell y Barber (1983)	España	7,1-9,7					
Frega et al. (1984)	España	8,0					
Umerie et al. (1997)	Nigeria	3,6					
Coşkuner et al. (2002)	Turquía	6,6-6,9					
Bosch et al. (2020)	España	7,1	1,7-1,9	24,5 y 31,4	5,1-8,9	6,9-9,0	38,7-44,1
Bosch et al. (2020)	España/ecológica	9,5		29,7	8,5	8,8	
Kizzie-Hayford et al. (2015)	Ghana Central		1,8	21,1%	4,7	24,6	
Umerie et al. (1997)						12,9	
Coskuner et al. 2002						8,7	

Las chufas ecológicas presentan un 1,55% más de cenizas que las chufas de producción convencional, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas. Los valores de cenizas de las chufas obtenidos en este trabajo están dentro de los valores encontrados en la bibliografía. La evaluación del contenido en cenizas responde a la fracción mineral total, referida al análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición completa de la materia orgánica de las chufas, y

responde a la fracción de minerales absorbida durante el cultivo, por lo que el tipo de suelo y la fertilización son fundamentales en la variabilidad observada.

Las chufas de producción ecológica presentan un 20,77% menos de grasa que las chufas de producción convencional, siendo las diferencias encontradas estadísticamente significativas. Aunque en la regulación de la síntesis de ácidos grasos y de los triglicéridos es un campo con mucho trabajo por hacer, se conoce que esta

síntesis es una vía metabólica primaria esencial para la función de las células vegetales, y se produce a partir de un único conjunto de enzimas, donde los factores genéticos no son del todo determinantes (Ohlrogge y Jaworski, 1997).

Los valores de grasa de las chufas obtenidos en este trabajo son ligeramente más bajos a los encontrados en la bibliografía, posiblemente debido al alto contenido en humedad de los tubérculos. El menor contenido en grasa en las chufas de origen ecológico podría ser un problema en la elaboración de la horchata, pues las grasas hacen que la emulsión sea más estable, aunque este efecto es menos apreciable cuando la horchata es natural y se mantiene en constante agitación.

Las chufas ecológicas presentan un 42,89% menos de proteína que las chufas de producción convencional, siendo las diferencias estadísticamente significativas. Los valores de proteínas de las chufas obtenidos en este trabajo son ligeramente más bajos a los encontrados en la bibliografía, principalmente los de las chufas de producción ecológica. Algunos autores indican que los altos contenidos en proteínas de los alimentos vegetales obtenidos por las técnicas convencionales pueden ser debidos a los elevados aportes de fertilizantes nitrogenados muy lixiviables en el suelo, aunque la fertilización orgánica genera mayor capacidad de translocación del nitrógeno y, en consecuencia, mayor calidad de los aminoácidos (Vilches *et al.* 2018).

Las chufas ecológicas presentan un 41,87% más de fibra que las chufas de producción convencional, siendo las diferencias estadísticamente significativas. Los valores de fibra de las chufas encontrados en bibliografía son altamente variables, posiblemente relacionado con el diámetro de los tubérculos y el propio calibre. Los niveles de fibra de las chufas estudiadas en este trabajo son ligeramente altos y se encuentran entre las concentraciones citadas en la bibliografía.

Las chufas ecológicas presentan un 6,87% menos de hidratos de carbono que las chufas de producción convencional, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas. Los valores de hidratos de carbono de las chufas estudiadas en el presente trabajo están dentro de los valores encontrados en la bibliografía, aunque las concentraciones son ligeramente bajas, lo que

puede ser debido al mayor contenido en humedad de los tubérculos ya que éstos son frescos y no han pasado un proceso de almacenamiento, ya que el contenido de almidón de los tubérculos de chufa disminuye y el contenido de azúcares reductores aumenta durante el almacenamiento (Coşkuner *et al.* 2002). Los carbohidratos del tubérculo de chufa están compuestos, principalmente, por almidón y fibra dietética (Temple *et al.* 1990).

Para calcular el valor calórico o energético de los tubérculos de chufa estudiados se multiplica los gramos de proteínas, carbohidratos y grasas que proporcionan cada porción de 100 g de chufa por su respectivo valor calórico, es decir, teniendo en cuenta que 1 g de grasa aporta 9 kcal, mientras que 1 g de proteínas y de carbohidratos aporta 4 kcal y 1 g de fibra aporta 2 kcal. El valor promedio del valor energético de las chufas de producción ecológica es de 360,81 kcal y, para el caso de las chufas de producción convencional, el valor energético promedio es de 403,72 kcal. Esto significa que las chufas ecológicas presentan un 10,62% menos de valor energético que las chufas de producción convencional, principalmente debido a la menor fracción en grasas.

Resultados del valor mineral de la chufa

En general, los tubérculos de chufa son una óptima fuente de elementos minerales. Para el presente estudio, los 17 elementos minerales analizados se han dividido en macroelementos (Ca, K, Mg, P y Na), microelementos (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Se y Mo) y metales pesados (Cd, Cr, Co, Hg y Pb). Además de la función individual de cada elemento mineral, estos minerales juegan un papel crucial en la formación de metabolitos secundarios que son responsables de los efectos farmacológicos de la planta (Nwosu *et al.* 2022). Cuando los tubérculos se consumen directamente, al no existir transformación por cocción u otras elaboraciones, se puede garantizar que las concentraciones minerales se mantienen en el alimento, sin sufrir pérdidas. Cuando el tubérculo se utiliza para la extracción de la horchata, algún elemento se puede perder por efecto de la extracción acuosa y el prensado.

En la Tabla 4 se muestran los contenidos promedio de los macroelementos de las chufas de los dos sistemas de producción (ecológico y convencional) y el error estándar, junto con el valor del estadístico (p-value).

Tabla 4. Contenidos de los macronutrientes minerales (Ca, K, Mg, P y Na) de las chufas.

Elemento ¹ (mg/kg de chufa)	Chufa ecológica	Chufa convencional	p-value
Calcio	659,45±138,06	842,25±77,24	0,1159
Potasio	3851,56±629,57	3613,95±315,84	0,5904
Magnesio	1323,84±253,97	1353,62±120,22	0,8633
Fósforo	6056,42±1143,40	5698,65±456,06	0,6411
Sodio	1188,03±176,25	1036,31±76,49	0,2432

¹valores expresados en base húmeda o peso fresco.

Se observa que el elemento mineral mayoritario es el fósforo seguido del potasio, magnesio y sodio. El calcio es el macroelemento que se encuentra en menor concentración en los tubérculos de chufa. Los resultados de Suleiman *et al.* (2018) difieren de los contenidos de este estudio, ya que su análisis mineral mostró el valor más alto para el potasio, seguido del fósforo, magnesio, calcio y sodio.

El valor promedio del contenido en fósforo de las chufas de producción ecológica es de 6056,42 mg/kg de chufa y para el caso de las chufas de producción convencional, el valor de fósforo promedio es de 5698,65 mg/kg. Esto significa que las chufas ecológicas presentan un 6,28% más de fósforo que las chufas de producción convencional. Para el potasio la chufa de producción ecológica presenta un 6,57% más que su homóloga convencional. Para el magnesio los valores en la chufa ecológica presentan un 2,25% menos de este elemento. Para el sodio los valores promedio son de 1188,03 y 1036,31 mg/kg, para la chufa ecológica y convencional, respectivamente. Lo que significa que la chufa ecológica presenta un 14,64% más de sodio. Para el calcio los valores promedio son de 659,45 y 842,25 mg/kg, para la chufa ecológica y convencional, respectivamente. Lo que significa que la chufa ecológica presenta un 27,72% menos de calcio. Las diferencias encontradas en cada uno de estos macronutrientes minerales no son estadísticamente significativas (p-value superior a 0,05).

En la Tabla 5 se muestran los contenidos de los microelementos de las chufas de los dos sistemas de producción (ecológico y convencional) y el error estándar, junto con el valor del estadístico (p-value).

El zinc es el microelemento mineral más abundante en las chufas, seguido del hierro y del cobre. El molibdeno y el manganeso son los microelementos minerales de menor concentración. Las diferencias encontradas en las concentraciones de microelementos en las chufas en función del sistema de producción sólo son significativas para el caso del cobre.

En la Tabla 6 se muestran los contenidos de los elementos clasificados como metales pesados de las chufas de los dos sistemas de producción (ecológico y convencional) y el error estándar, junto con el valor del estadístico (p-value).

El contenido mineral está muy relacionado con los elementos minerales presentes en el suelo (datos no publicados), su mayor o menor absorción por la planta y su posterior acumulación en algunos órganos, como en los tubérculos de la chufa. Para el caso de las chufas ecológicas el de mayor presencia es el mercurio, mientras que en las chufas convencionales el de mayor concentración es el plomo. En cualquier caso, las concentraciones encontradas en todos los casos son más bajas de los niveles de riesgo de estos elementos. Las diferencias existentes en las distintas concentraciones de metales pesados en función del sistema productivo no son significativas.

El fósforo supone el 46% del total de los elementos minerales de las chufas de producción ecológica, el potasio un 29%, el magnesio un 10%, el sodio un 9% y

el calcio un 5%, mientras que el resto de los elementos están por debajo del 1%.

Para las chufas de producción convencional, el fósforo supone el 45% sobre el total de los elementos minerales de las chufas, el potasio se mantiene en un 29%, el magnesio se incrementa hasta el 11%, el sodio supone un 8% y el calcio un 7%. Al igual que para las chufas de producción ecológica, el resto de los elementos minerales en las chufas convencionales están por debajo del 1%. Se observa que la distribución individual de los macroelementos es muy similar en las chufas procedentes de ambos sistemas productivos.

La principal mirada analítica se centra en el análisis de metales realizado a los tubérculos de chufas, ya que el reglamento (CE) número 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. El citado reglamento establece limitaciones de concentraciones para el plomo, cadmio, mercurio y estaño. El estaño es un elemento relacionado con las conservas metálicas y no afecta al caso de la chufa. El reglamento incluye a la chufa en el grupo de los tubérculos como la patata e indica que los niveles máximos de plomo son de 0,1 mg/kg de peso fresco, para el caso del cadmio las concentraciones máximas son de 0,05 mg/kg de peso fresco y, para el caso del mercurio, no fija concentraciones máximas límite.

Al reglamento de 2006 hay que sumar el Reglamento (CE) número 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo, y sus modificaciones en el Reglamento (UE) número 212/2013 de la Comisión de 11 de marzo de 2013 por el que se sustituye el anexo I del Reglamento (CE) número 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a las adiciones y las modificaciones con respecto a los productos regulados por dicho anexo. En esta modificación se incluyó la chufa en el mismo grupo de los rábanos. Ante esta grave falta, en el año 2023 se publicó el Reglamento (UE) 2023/915 de la Comisión de 25 de abril de 2023 relativo a los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos y por el que se normalizan las irregularidades del Reglamento (CE) nº 1881/2006. En este reciente reglamento no se indica específicamente a la chufa o a *Cyperus esculentus*, pero sí se hace referencia a raíces y tubérculos. Para el plomo el límite máximo que pueden presentar los tubérculos debe ser de 0,1 mg/kg de peso fresco. Para el caso del cadmio las concentraciones máximas que se pueden presentar en el tubérculo son de 0,1 mg/kg de peso fresco. Para el mercurio no se fijan límites máximos en chufa. La nueva situación reglamentaria incorpora la sal y algunos complementos alimenticios, sin especificar límites. Además, se incluye el arsénico, centrado para el caso del arroz y los cereales, y se mantiene el estaño para los alimentos enlatados.

Traduciendo estas limitaciones a las chufas estudiadas se concluye que las chufas de producción convencional

Tabla 5. Contenidos de los micronutrientes minerales (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Se y Mo) de las chufas.

Elemento ¹ (mg/kg de chufa)	Chufa ecológica	Chufa convencional	p-value
Hierro	26,78±5,83	22,35±1,81	0,2771
Manganeso	0,02±0,01	0,019±0,001	0,8477
Zinc	37,57±7,23	41,39±4,46	0,4787
Cobre	5,38±1,24	10,67±0,96	0,0043
Boro	0,18±0,03	0,173±0,01	0,6164
Selenio	0,15±0,03	0,19±0,05	0,2809
Molibdeno	0,015±0,001	0,019±0,005	0,3171

¹valores expresados en base húmeda o peso fresco.

Tabla 6. Contenidos de los metales pesados (Cd, Cr, Co, Hg y Pb) de las chufas.

Elemento ¹ (mg/kg de chufa)	Chufa ecológica	Chufa convencional	p-value
Hierro	26,78±5,83	22,35±1,81	0,2771
Manganeso	0,02±0,01	0,019±0,001	0,8477
Zinc	37,57±7,23	41,39±4,46	0,4787
Cobre	5,38±1,24	10,67±0,96	0,0043
Boro	0,18±0,03	0,173±0,01	0,6164
Selenio	0,15±0,03	0,19±0,05	0,2809
Molibdeno	0,015±0,001	0,019±0,005	0,3171

¹valores expresados en base húmeda o peso fresco.

están al límite en la concentración de plomo. Y el cadmio y mercurio no presentan problemas de concentración en ninguno de los lotes de chufas analizados.

Según la normativa vigente (Reglamento UE 1510 de 2023), el contenido de cadmio máximo que se puede consumir para no sufrir problemas de salud es de 2,5 µg/kg de peso corporal. En el caso del mercurio es de 4 µg/kg de peso corporal y para el caso del plomo de 0,5 µg/kg de peso corporal.

Para el caso de la chufa ecológica, la concentración promedio en cadmio que ha presentado es de 0,0096 mg/kg de chufa fresca, lo que equivale a 1 µg/100 g de chufa fresca. Suponiendo una persona con un peso corporal de 50 kg y la limitación del consumo semanal del cadmio, la cantidad que esta persona puede consumir de cadmio a la semana es de 125 µg. Suponiendo que la única entrada de cadmio fuese por el consumo de chufa, esta persona podría consumir hasta 12,5 kg de chufa ecológica a la semana, cantidad de consumo muy poco probable, por lo que no hay riesgo de contaminación por cadmio al consumir estos tubérculos frescos. Los niveles de riesgo son muy similares para las chufas de producción convencional.

Para el caso de la chufa ecológica, la concentración promedio en mercurio que ha presentado es de 0,0546 mg/kg de chufa fresca, lo que equivale a 5 µg/100 g de chufa fresca. Suponiendo una persona con un peso corporal de 50 kg y la limitación del consumo semanal del mercurio, la cantidad que esta persona puede consumir de mercurio a la semana es de 200 µg. Suponiendo que la única entrada de mercurio fuese por el consumo de chufa, esta persona podría consumir hasta 4 kg de chufa ecológica a la semana. Cantidad de consumo muy poco probable, por lo que no hay riesgo de contaminación por mercurio al consumir estos tubérculos frescos. Los niveles de riesgo son muy similares para las chufas de producción convencional.

Para el caso de la chufa convencional, la concentración promedio en plomo que ha presentado es de 0,10 mg/kg de chufa fresca, lo que equivale a 10 µg/100 g de chufa fresca. Suponiendo una persona con un peso corporal de 50 kg y la limitación del consumo semanal del plomo, la cantidad que esta persona puede consumir de plomo al día es de 25 µg. Suponiendo que la única entrada de plomo fuese por el consumo de chufa, esta persona podría consumir hasta 250 g de chufa convencional al día, lo

que significa 1,75 kg a la semana. Cantidad de consumo muy poco probable, por lo que no hay riesgo de contaminación por plomo al consumir estos tubérculos frescos. Los niveles de riesgo son más bajos para las chufas de producción ecológica.

Conclusiones

La concentración nutricional de la chufa es altamente variable. Los resultados de este estudio permiten concluir que tanto con la producción ecológica como convencional se alcanzan unas concentraciones de nutrientes adecuados con niveles de proteína, fibra y grasa significativos para la dieta. Según el sistema productivo, existen ligeras diferencias en algunos parámetros, como el mayor contenido en materia seca, de minerales totales expresados en cenizas y de fibra, para las chufas de producción ecológica.

Aunque las cantidades de consumo de chufa deben ser muy altas para llegar al riesgo sobre la salud de metales pesados, hay que tener en cuenta que la ingesta es diversa y existen otras entradas de elementos químicos y metales pesados por otros alimentos. Por otro lado, hay que seguir trabajando para localizar las causas de acumulación de los metales pesados en las chufas y lo que pueda ocurrir en el suelo. Es posible que el agua de riego sea una de las causas de entrada de estos elementos químicos y se acumulen en el suelo y la planta los concentre debido al largo plazo de contacto del tubérculo con el suelo. Otras de las vías de estudio futuro es evaluar la cantidad de metales pesados que pueden pasar a la horchata, la principal fuente de consumo de la chufa.

Información de financiamiento

Este trabajo recoge resultados de la investigación "Influencia de Metales Pesados en la Calidad de la Chufa en L'Horta de Valencia" Ref. AGRVAL/2023/01 financiada por la Generalitat Valenciana.

Este trabajo se presentó al XV Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica realizado en Cáceres en abril de 2024.

Bibliografía

- Adel A.A., Awad A.M., Mohamed H.H., Iryna S. (2015). Chemical composition, physicochemical properties and fatty acid profile of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) seed oil as affected by different preparation methods. *Int. Food Res. J.* 22, 1931–1938.
- Adjei-Duodu T. (2014). Physical, chemical and functional properties of Tiger Nuts (*Cyperus esculentus*). PhD Thesis, University of Plymouth, United Kingdom. Disponible en: <https://www.pearl.plymouth.ac.uk/bitstream/handle/10026.1/3313/2014Adjei-duodu10013856phd.pdf?sequence=1&isallowed=y>.
- Alegria-Torán A., Farré-Rovira R. (2003). Horchata y salud: aspectos nutricionales y dietéticos. In: Fundación Valenciana de Estudios Avanzados. Jornada Chufa y Horchata: Tradición y Salud. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Valencia, Spain, pp. 55–70.
- AOAC (2005). Official methods of analysis of AOAC International, 18th ed. AOAC internacional, Gaithersburg, Maryland, USA.
- APG III. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161, 105–121.
- Bado S., Bazongo P., Son G., Kyaw M.T., Forster B.P., Nielsen S., Lykke A.M., Ouédraogo A., Bassolé I.H. (2015). Physicochemical characteristics and composition of three morphotypes of *Cyperus esculentus* tubers and tuber oils. *J. Anal. Methods Chem.* 673547. <https://doi.org/10.1155/2015/673547>.
- Bosch L., Alegria A., Farré R. (2005). RP-HPLC determination of tiger nut and orgeat amino acids contents. *Food Sci. Technol. Int.* 11, 33–44. <https://doi.org/10.1177/1082013205051266>.
- Castroviejo S. (2008). *Cyperus* L. In: Castroviejo S., S. Luceño M., Galán A., Cabezas F.J., Jiménez Mejías P. (eds.), *Flora ibérica XVIII*, 8–27.
- Coşkun Y., Ercan R., Karababa E., Nazlıcan A.N. (2002). Physical and chemical properties of chufa (*Cyperus esculentus* L.) tubers grown in the Çukurova region of Turkey. *J. Sci. Food Agric.* 82, 625–631. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1091>.
- Frega N., Conte L.S., Lercker G., Carnacini A. (1984). Composizione dei tubercoli di *Cyperus esculentus*. *Riv. Sci. Aliment.* 13, 211–214.
- Kizzie-Hayford N., Jaros D., Schneider Y., Rohm H. (2015). Physico-chemical properties of globular tiger nut proteins. *Eur. Food Res. Technol.* 241, 835–841. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2508-9>.
- MAPA (2021). Pliego de condiciones de la denominación de origen "Chufa de Valencia/Xufa de València". Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. https://www.mapa.gob.es/images/es/chufa_valencia_2021_08_2021_tcm30-211196.pdf.
- Morell J., Barber S. (1983). Chufa y horchata: características físicas, químicas y nutritivas. Caja de Ahorros de Valencia, Departamento de Investigación y desarrollo Agroindustrial. IATA. CSIC. Valencia.
- Nwosu L.C., Edo G.I., Özgör E. (2022). The phytochemical, proximate, pharmacological, GC-MS analysis of *Cyperus esculentus* (tiger nut): A fully validated approach in health, food and nutrition. *Food Biosci.* 46, 101551. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101551>.
- Ogunlade I., Bilikis A.A., Olanrewaju G.A. (2015).

- Chemical compositions, antioxidant capacity of tiger nut (*Cyperus esculentus*) and potential health benefits. Disponible en: <http://www.eujournal.org/index.php/esj/article/view/6532/6257>.
- Ohlrogge J.B., Jaworski J. G. (1997). Regulation of fatty acid synthesis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 48, 109–136.
- Osaloni A.R., Arijeniwa C.O., Bada, S.O., Seyifunmi E.O. (2019). Quality assessment of tiger nut milk fortified with seed powder. *Ovidius Univ. Ann. Chem.* 30, 108–112. <https://doi.org/10.2478/auoc-2019-0019>.
- Ramos Herrero J. (2012). Establecimiento del cultivo in vitro de la chufa de Valencia (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck). Desarrollo de un protocolo de micropropagación. TFM, COMAV, Universitat Politècnica de València. Disponible en: <http://www.chufadevalencia.org/bd/archivos/archivo427.pdf>.
- Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por el que se establecen las normas de producción ecológica y de etiquetado de los productos ecológicos y se deroga y sustituye el Reglamento (CE) 834/2007 del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 150, 14.6.2018, 1–92.
- Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 364, 20.12.2006, 1–20.
- Reglamento (CE) 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005, relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 70, 16.3.2005, 1–16.
- Reglamento (UE) 212/2013 de la Comisión de 11 de marzo de 2013 por el que se sustituye el anexo I del Reglamento (CE) 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a las adiciones y las modificaciones con respecto a los productos regulados por dicho anexo. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 68, 12.3.2013, 1–23.
- Reglamento (UE) 2023/915 de la Comisión de 25 de abril de 2023 relativo a los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos y por el que se deroga el Reglamento (CE) 1881/2006. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 119, 5.5.2023, 1–55.
- Reglamento (UE) 2023/1510 de la Comisión de 20 de julio de 2023 por el que se modifica el Reglamento (UE) 2023/915 en lo que respecta a los límites máximos de cadmio en las chufas y en determinadas setas cultivadas. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 184, 21.7.2023, 1–4.
- Reinink K., Groenwold R., Bootsma A. (1987). Genotypical differences in nitrate content in *Lactuca sativa* L. and related species and correlation with dry matter content. *Euphytica* 36, 11–18. <https://doi.org/10.1007/BF00730642>.
- Temple V.J., Ojobe T.O., Kapu M.M. (1990). Chemical analysis of tiger nut (*Cyperus esculentus*). *J. Sci. Food Agric.* 50, 261–263. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740500214>
- Umerie S.C., Obi N.A.N., Okafor E.O. (1997). Isolation and characterization of starch obtained from *Cyperus esculentus* tubers. *Bioresource Technol.* 62, 63–65. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)00040-0).
- Vilches M., García-Martínez M.D., Raigón Jiménez M.D. (2018). Determinación de lisina y triptófano en muestras de chufa (*C. esculentus* L.) de cultivo ecológico y convencional. In: *Actas del XIII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE)*, Logroño, España, pp. 539–547.