

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN DE MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES EN DIFERENTES TIPOS DE LECHUGAS PROCEDENTES DE CULTIVO ECOLÓGICO Y CONVENCIONAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESCUELA
TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL
MEDIO NATURAL

ALUMNO/A:
Laura Antón Marcos
TUTOR/A ACADEMICO:
M^a Dolores Raigón
COTUTOR/A :
M^a Dolores Ortolá

Curso Académico: 2017-2018

VALENCIA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN DE MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES EN DIFERENTES TIPOS DE LECHUGAS PROCEDENTES DE CULTIVO ECOLÓGICO Y CONVENCIONAL

Laura Antón, M.D. Raigón¹, M.D. Ortolá².

RESUMEN

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es una de las hortalizas de mayor consumo mundial, siendo muy consumida en fresco para ensaladas. En el momento actual el mercado ofrece una amplia gama de variedades de lechuga, pero faltan datos sobre su composición nutricional y como ésta se ve afectada por el sistema de producción. El principal objetivo del presente trabajo es evaluar la composición nutricional, en concreto de los componentes mayoritarios, así como de compuestos de naturaleza antioxidante (clorofilas, polifenoles, capacidad antioxidante total) y de sustancias antinutritivas como los nitratos, en tres variedades de lechuga de hoja verde (Iceberg, Hoja de roble verde y cogollo de Romana), procedentes de dos sistemas productivos, ecológico y convencional. Tanto las muestras de producción ecológica como las convencionales son lechugas comerciales, por lo que se pretende obtener información, sobre la composición nutricional que llega directamente al consumidor.

Los sistemas de agricultura ecológica generan lechugas de menor contenido en humedad y mayor nivel en minerales totales. Estas diferencias vienen marcadas principalmente por la fuente de fertilización nitrogenada aplicada en el modelo ecológico, que también influyen en la menor concentración de nitratos en las hojas de lechuga. Esta menor acumulación de nitratos y la mayor concentración clorofílica en las muestras de producción ecológica generan mayor contenido en hidratos de carbono y fibra.

La lechuga de producción ecológica tipo Hoja de Roble verde es la que presenta el valor nutricional más balanceado, junto a una baja concentración en nitratos.

PALABRAS CLAVE: lechuga, cogollo, agricultura convencional, agricultura ecológica, macronutrientes.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa L.*) is one of the most consumed vegetables in the world, being consumed fresh in salads. At present, the market offers a wide range of lettuce varieties, but there is a lack of data on their nutritional composition and how it is affected by the production system. The main objective of this work is to evaluate the nutritional composition, in particular of the major components, as well as compounds of antioxidant (chlorophyll, polyphenols, total antioxidant capacity) and antinutritive substances such as

¹ Departamento de Química. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. Valencia.

² Departamento de Tecnología de Alimentos. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. Valencia.

nitrates, in three varieties of green leaf lettuce (Iceberg, green Hoja de Roble and Romana bud), from two production systems, organic and conventional. Both organic and conventional production samples are commercial lettuces, so it is intended to obtain information on the nutritional composition that reaches the consumer directly.

Organic farming systems generate lettuces with a lower moisture content and higher levels of total minerals. These differences are mainly marked by the source of nitrogen fertilization applied in the ecological model, which also influence the lower nitrate concentration in the lettuce leaves. This lower accumulation of nitrates and the higher chlorophyll concentration in the samples of organic production generate higher content in carbohydrates and fiber.

The green Hoja de Roble lettuce of organic production is the one that presents the most balanced nutritional value, together with a low concentration of nitrates.

KEYS WORDS: lettuce, head lettuce, conventional agriculture, organic farming, macronutrients.

RESUM

L'encisam (*Lactuca sativa* L.) és una de les hortalisses de major consum mundial, sent molt consumida en fresc per a amanides. En el moment actual el mercat ofereix una àmplia gamma de varietats d'encisam, però manquen dades sobre la seva composició nutricional i com aquesta es veu afectada pel sistema de producció. El principal objectiu del present treball és avaluar la composició nutricional, en concret dels components majoritaris, així com de compostos de naturalesa antioxidant (clorofil·les, polifenols, capacitat antioxidant total) i de substàncies antinutritives com els nitrats, en tres varietats d'enciam de fulla verd (Iceberg, Fulla de Roure verd i cor de encisam d'Romana), procedents de dos sistemes productius, ecològic i convencional. Tant les mostres de producció ecològica com les convencionals són encisams comercials, de manera que es pretén obtenir informació, sobre la composició nutricional que arriba directament al consumidor.

Els sistemes d'agricultura ecològica generen encisams de menor contingut en humitat i major nivell en minerals totals. Aquestes diferències vénen marcades principalment per la font de fertilització nitrogenada aplicada en el model ecològic, que també influeixen en la menor concentració de nitrats en les fulles d'encisam. Aquesta menor acumulació de nitrats i la major concentració clorofil·lica en les mostres de producció ecològica generen major contingut en hidrats de carboni i fibra.

L'encisam de producció ecològica tipus Fulla de Roure verd és la que presenta el valor nutricional més balancejat, al costat d'una baixa concentració en nitrats.

PARAULES CLAU: encisam, cor de encisam, agricultura convencional, agricultura ecològica, macronutrients.

INTRODUCCIÓN

A pesar de las políticas de intervención en el control de la natalidad, se estima que para el 2050, la población mundial alcanzará los 9200 millones de habitantes, lo que representa un aumento del 35% respecto a la población actual y la mayor parte de este aumento de población ocurrirá en los países en desarrollo, centrándose la población en las zonas urbanas. Para satisfacer el aumento de la demanda de alimentos de una población cada vez más numerosa, más urbana y con más renta, se estima que la producción mundial de alimentos debe aumentar de aquí a 2050 un 30%, y duplicarse en los países en desarrollo, pero manteniendo criterios de respeto medioambiental, bajo una situación de cambio climático desafiante, y este es el gran reto al que se enfrenta la humanidad en el futuro. La cuestión no sólo es producir mayores cantidades, sino también lograr el desarrollo hacia una agricultura sostenible, donde la producción sea al mismo tiempo favorable al medio ambiente, socialmente justa y económicamente beneficiosa (Naciones Unidas, 2009).

Existe un potente debate muy contrastado en torno a las prácticas de producción agrícola más apropiadas para alcanzar la meta de una producción de alimentos más alta y sostenible (Médiène *et al.*, 2011; Perfecto y Vandermeer, 2010). Pero desde diferentes sectores se apunta a que la agricultura ecológica puede ser la alternativa a los sistemas productivos globales (Seufert *et al.*, 2012). En cualquier caso, parece necesario desarrollar modelos de producción agrícola basados en los recursos locales, para garantizar la seguridad alimentaria (Bruinsma *et al.*, 2015).

La agricultura ecológica es un sistema holístico de manejo de la producción que aumenta la salud del agroecosistema haciendo uso, tanto de conocimiento tradicional como de conocimiento científico y cuyo objetivo es obtener alimentos de calidad (Stolz *et al.*, 2010; Matt *et al.*, 2011; Mditshwa *et al.*, 2017). Los sistemas de agricultura ecológica se basan más en el manejo de los ecosistemas que en el uso de insumos agrícolas externos.

En muchos países, la agricultura ecológica cuenta con una clara base legislativa y sistemas de certificación para la producción y la transformación. Muchas de las prácticas agroecológicas están reguladas por políticas nacionales y controladas por organizaciones supranacionales que promueven la agricultura ecológica. Los reglamentos que especifican la producción ecológica y de la transformación de alimentos ecológicos son muy estrictos, y adherirse a ellos debe generar garantía de una alta calidad del producto. Los métodos de producción ecológica están regulados en Europa por el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de productos ecológicos, y por el Reglamento (CE) nº 889/2008, de 5 de septiembre de 2008, que establece los principios de aplicación. El reglamento 334/2007, define la producción ecológica como "un sistema global de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas ambientales, un alto nivel de biodiversidad, la preservación de los recursos naturales y los métodos de producción acordes con la preferencia de determinados consumidores por los productos elaborados con sustancias y procesos naturales". Desde el punto de vista técnico, la

agricultura ecológica debe basarse principalmente en recursos renovables dentro de los sistemas agrícolas organizados localmente, minimizando el uso de recursos no renovables, de forma que los residuos y subproductos de plantas y animales deben ser reciclados para devolver los nutrientes al suelo.

La demanda de alimentos ecológicos se incrementa de forma exponencial. Desde 2015, las tierras de cultivo orgánico se han visto incrementadas en un 15%. Y España es el primer país productor de la Unión Europea y está situado entre los 10 primeros países a nivel mundial en términos de volumen de mercado interior y crecimiento interanual, generándose un importante aumento del número de consumidores y del consumo per cápita nacional (IFOAM, 2017).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es uno de los cultivos más extendidos, ya que se encuentra distribuido en casi todos los países del mundo. La producción mundial de lechuga pese a haber sufrido en España un descenso de producción con la crisis; a partir del 2010 ha tenido una recuperación; pasando de 809000 t en 2010 (pico más bajo de producción) a 930081 t en 2016 (FAOSTAT, 2016).

Aunque la lechuga es uno de los alimentos más consumidos, no se considera un alimento nutritivo, debido a su alto contenido en agua ($\pm 95\%$) (Kim *et al.*, 2016a). Este vegetal junto con la escarola (*Cichorium intybus*), es uno de los vegetales más populares para consumirse en ensaladas de manera cruda, aportando texturas y colores (Edziri *et al.*, 2011).

Las propiedades saludables de la lechuga son atribuidas a una gran cantidad de componentes antioxidantes (Vitamina C y E, carotenoides, polifenoles...) y su contenido en fibra (Baslam *et al.*, 2011). Se ha visto que una dieta alta en fibra influye en la pérdida de peso, reduciendo el colesterol LDL, la presión sanguínea, el riesgo de aparición de diabetes tipo 2 y el riesgo de cáncer de colón (Kim *et al.*, 2016a).

Los antioxidantes tienen una función protectora del organismo al retirar los radicales libres intermedios, inhibiendo otras reacciones oxidativas, que producen daño celular (Narsha *et al.*, 2013). Se ha observado un mayor contenido en antioxidantes en los alimentos orgánicos, posiblemente debido a que el uso de fertilizantes sintéticos puede ofrecer una mayor biodisponibilidad de nitrógeno, acelerando el desarrollo de la planta y limitando la síntesis de estos compuestos. Pero también, el no uso de pesticidas sintéticos puede hacer que la planta desarrolle mecanismos de protección naturales como los compuestos fenólicos (Faller y Flalho, 2010).

El valor nutricional y la capacidad antioxidante de la lechuga están estrechamente relacionados con las técnicas empleadas en el cultivo (sistema productivo, riego, fertilización, aplicación fitosanitaria, etc.) y con la variedad (Mulabaga *et al.*, 2008). Por ello, el principal objetivo del presente trabajo es evaluar la composición nutricional, en concreto de los componentes mayoritarios, así como de compuestos de naturaleza antioxidante (clorofilas, polifenoles, capacidad antioxidante total) y de sustancias antinutritivas como los nitratos, en tres variedades de lechuga de hoja verde (Iceberg, Hoja de roble verde y cogollo de Romana), procedentes de dos sistemas productivos,

ecológico y convencional. Tanto las muestras de producción ecológica como las convencionales son lechugas comerciales, es decir, se consiguieron en canales de distribución. Con ello se pretende obtener información, sobre la composición nutricional que llega directamente al consumidor.

MATERIAL Y MÉTODOS

Procedencia y tratamiento previo de las muestras. Las lechugas ecológicas proceden de una tienda especializada de la ciudad de Valencia, que se abastece directamente de productores ecológicos certificados (figura 1). En este caso las lechugas proceden de zona de cultivo de la Marjal del Moro (Sagunto). En el caso de las lechugas de cultivo convencional (figura 2), se tomaron muestras de tres mercados diferentes (mercado de Algirós, mercado del Cabanyal y mercado central de Valencia), de los tres mercados se consiguieron los tres tipos de lechugas, incorporando mayor variabilidad en la procedencia convencional. De cada procedencia y tipo de lechuga se analizaron tres muestras diferentes.



FIGURA 1. Lechuga Iceberg (superior izquierda), Hoja de Roble verde (superior derecha) y cogollo de Romana (inferior) de producción ecológica



FIGURA 2. Lechuga Iceberg (superior izquierda), Hoja de Roble verde (superior derecha) y cogollo de Romana (inferior) de producción convencional

Todas las muestras fueron tratadas de idéntica manera. Por un lado, una porción del material vegetal se sometió a un desecado en estufa a 65 °C, hasta peso constante de la muestra. Con esta fracción desecada se determina el contenido en materia seca y por diferencia el de humedad. La muestra seca se tritura en un molinillo eléctrico, de uso doméstico, hasta un tamaño de partícula similar al polvo fino. Este material triturado y homogeneizado se conserva a temperatura ambiente en un frasco de cierre hermético y se emplea para la cuantificación del contenido en minerales totales, proteínas, fibra, grasa y por diferencia el contenido en hidratos de carbono.

Con otra porción se realiza un jugo en una licuadora de uso doméstico (Braun Type: 4191, 220-230V~50/60 Hz, 500W). El licuado se conserva congelado a -20 °C, hasta su uso. Este extracto se emplea para la determinación de nitratos, polifenoles totales y capacidad antioxidante. Para la determinación del contenido en clorofila a, clorofila b, clorofilas totales, se emplea la muestra de lechuga sin procesar.

Determinación de la materia seca y humedad. El contenido en materia seca de las lechugas se realiza mediante una desecación directa, con estufa de aire forzado, a una temperatura de 65 °C ± 2 °C, para evitar la caramelización, hasta alcanzar un peso constante, aproximadamente en 24 horas, calculando el residuo por diferencia de peso (Matissek *et al.*, 1998). Este procedimiento es aplicable al material vegetal de hoja ancha ya que no sufre ninguna transformación durante el secado térmico.

El procedimiento consiste en introducir entre 20 o 70 g, pesados exactamente, en una cápsula de porcelana previamente pesada y tarada. A continuación, se coloca en la estufa a 65 °C±2 °C durante 24 h. Se deja enfriar

en el desecador y a continuación se determina el peso de la muestra seca. La cantidad de materia seca (MS) expresado como porcentaje se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$MS (\%) = \frac{P (\text{seco} + \text{crisol}) - P (\text{crisol})}{P (\text{muestra})} \times 100$$

Donde:

P (seco + crisol) es el peso (g) de la cápsula de porcelana más la muestra desecada.

P (crisol) es el peso (g) de la cápsula de porcelana.

P (muestra) es el peso (g) de la muestra fresca.

La diferencia porcentual entre el contenido en materia seca es el contenido en humedad de la muestra (H).

Determinación del contenido mineral total. Esta determinación consiste en la destrucción de la materia orgánica mediante la incineración en horno de mufla a 450 °C (MAPA, 1994), hasta la obtención de las cenizas o minerales totales.

El procedimiento consiste en pesar, con exactitud, 2 g de muestra de lechuga molida, en un crisol de porcelana previamente tarado. Se introduce en la mufla fría y se eleva la temperatura a 450 °C, manteniéndose durante cuatro horas. Tras sacarlo de la mufla se deja enfriar en un desecador, observando que las cenizas obtenidas son claras. Se vuelve a pesar la muestra y por diferencia se obtiene la cantidad de minerales totales. El contenido mineral total (porcentaje de cenizas) sobre material vegetal seco se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Cenizas } (\%) = \frac{P1 - P2}{P} \times 100$$

Donde:

P: peso de la muestra, en gramos.

P1: peso del crisol con las cenizas, en gramos.

P2: peso del crisol vacío, en gramos.

Determinación del contenido en proteína. El fundamento de la determinación de proteína se basa en calcular el valor del contenido en nitrógeno total por el método Kjeldahl, en el cual los compuestos orgánicos se digieren en medio ácido sulfúrico concentrado dando como resultado sulfato amónico, dióxido de carbono y agua principalmente. La digestión se hace en medio ácido, en una batería de digestión a 420 °C con el fin de eliminar la materia orgánica. El porcentaje de proteína se calcula multiplicando el contenido en nitrógeno total por el factor de 6.25 (MAPA, 1994).

Determinación del contenido en grasa. El contenido en grasa de la lechuga se ha determinado con un extractor semiautomático Soxtec (modelo ST 243, Soxtec, Suecia) siguiendo el protocolo de extracción de grasa en alimentos en general. Las muestras, finamente trituradas, se introducen en los dedales de extracción. En los pocillos de recogida de grasa se añaden 40 ml de éter de petróleo a 40-60 °C y se realiza un ciclo durante 85 -135 minutos. Una vez finalizada la extracción, los pocillos se secan a 80 °C durante 10 minutos, para

eliminar un posible resto de disolvente, después se enfrían en un desecador y se pesan a temperatura ambiente (FOSS, 2007). La determinación de la grasa, expresada en porcentaje, se calcula mediante:

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{\text{peso final pocillo (g)} - \text{peso inicial pocillo (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Donde:

peso final pocillo=peso (g) del pocillo+peso (g) la grasa extraída

Determinación del contenido en fibra bruta. La fibra representa la porción no digerible de los alimentos. La naturaleza química de la fibra está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina. Su determinación se basa en la simulación de la digestión en el organismo por tratamientos ácidos y alcalinos. En el procedimiento para la determinación de fibra se parte de una muestra de lechuga seca y triturada. Primero se pesan las cápsulas con la tapa (W1), dónde se introducen 2 g de muestra (W2), posteriormente se cierran las cápsulas y se colocan en el carrusel debidamente identificadas. Seguidamente, se realiza una digestión ácida con H₂SO₄, llenando la jarra hasta la marca con la disolución de 0.13 M y se lleva a ebullición, constante y homogénea, tapando con el condensador y refrigeración. Se mantiene en ebullición durante 30 minutos y transcurrido este tiempo se realiza el lavado, por triplicado, de las cápsulas con agua caliente. El siguiente paso consisten en una digestión básica con KOH que se realiza de forma análoga a la extracción ácida, excepto el lavado, que se hace una vez con agua caliente, otra con HCl 0.5 M y por último, dos veces con agua caliente. Por último, se realiza un secado y calcinado de las muestras, para ello se introducen las cápsulas a 130 °C durante 2 h y posteriormente se deja enfriar durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo se pesan los crisoles de porcelana (W3) y las cápsulas secas (W4). A continuación, se introducen en la mufla a 600 °C durante 4 h y pasado este tiempo se deja enfriar hasta los 200 °C y en este momento se introducen en el desecador hasta que estén fríos y se pesan (W5). El contenido en fibra se determina por la siguiente fórmula, expresando el resultado en porcentaje de fibra bruta sobre materia seca:

$$\text{Fibra bruta (\%)} = \frac{[W3 - (W1 * C) - (W5 - W4 - D)]}{W2} * 100$$

Donde:

C=peso blanco después de extracciones (W3)/peso blanco inicial (W1).

D=peso cenizas cápsulas blanco (W5-W4).

Determinación del contenido en hidratos de carbono. La determinación del contenido total de hidratos de carbono (HC) se realiza por diferencia porcentual, del contenido en proteína total, minerales totales o cenizas, grasa total y fibra bruta, según la siguiente fórmula:

$$\text{HC (\%)} = 100 - (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{minerales totales} + \text{grasa total} + \text{fibra bruta})$$

Determinación del contenido en nitratos. La determinación de nitratos se basa en un análisis potenciométrico empleando un electrodo selectivo de ión nitrato (Greenberg *et al.*, 1992). El método experimental para la determinación de la concentración de nitratos consiste, en medir 10 ml de jugo de lechuga y

adicionar 40 ml de agua destilada y 1 ml de disolución reguladora de fuerza iónica. Las lecturas se realizan sumergiendo los dos electrodos (electrodo de referencia y electrodo selectivo) en la disolución problema, y esperando que la lectura se estabilice.

Para realizar los cálculos existe una relación lineal entre el potencial proporcionado por el equipo y el logaritmo de la concentración de ión nitrato en la disolución. La determinación automática de nitratos en las muestras se efectúa por tanto por interpolación del potencial resultante en la recta de calibrado obtenida a partir de los patrones. Posteriormente se tienen en cuenta los factores de dilución adecuados para expresar el resultado como mg NO₃⁻/1000 g de lechuga fresca.

Determinación del contenido en clorofilas. El fundamento de la determinación de clorofilas se basa en la extracción con acetona al 90% (v/v) de las clorofilas del material vegetal y determinación espectrofotométrica, mediante la medición de la absorbancia de la disolución de la muestra a 645, 652 y 663 nm. En la extracción se pesa 1 g de hojas frescas de las muestras de lechuga (apuntando exactamente el peso), sin las venas grandes, cortadas en trozos de aproximadamente 0.5 cm². Se agregan 4 ml de acetona al 90% y se procede a la molienda del tejido con ayuda del mortero hasta la obtención de una pasta fina. A continuación, se añaden unos 10 ml de acetona y se transfiere el extracto al equipo de filtración. Una vez filtrado, se afora a 25 ml con acetona a 90%. A continuación, se realizan las mediciones en el espectrofotómetro a longitudes de onda de 645, 652 y 663 nm. Como blanco se emplea acetona al 90%.

La cantidad de clorofila presente en el extracto, se expresan como mg de clorofila por 1000 g de material vegetal fresco, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$\text{Clorofila a} = 12.7 (D_{663}) - 2.69 (D_{645}) \times V / (1000 \times \text{pf})$$

$$\text{Clorofila b} = 22.9 (D_{645}) - 4.68 (D_{663}) \times V / (1000 \times \text{pf})$$

$$\text{Clorofila total} = 20.2 (D_{645}) + 8.02 (D_{663}) \times V / (1000 \times \text{pf})$$

$$\text{Clorofila total} = (D_{652}) \times (1000 / 34.5) \times V / (1000 \times \text{pf})$$

donde,

Donde D es la absorbancia leída a la longitud de onda indicada y corregida por la lectura a 750 nm.

V es el volumen (ml) final del extracto clorofila – acetona 90%.

pf es el peso fresco, en gramos, de lechuga.

Determinación del contenido en polifenoles. El conjunto de los compuestos fenólicos presentes en la lechuga se oxida por el reactivo de Folin-Ciocalteu. Este último está constituido por una mezcla de ácido fosfotúngstico (H₃PW₁₂O₄₀) y ácido fosfomolibdico (H₃PMo₁₂O₄₀) que se reduce por la acción de los fenoles, en medio básico. El producto resultante se mide espectrofotométricamente a una λ=725 nm.

El procedimiento consiste en introducir en un matraz de 25 ml, 10 ml de agua destilada y a continuación 1 ml de jugo de lechuga y 1.25 ml del reactivo Folin – Ciocalteu; se homogeniza y se deja reposar durante tres minutos. A continuación, se añaden 2.5 ml de NaOH al 6%, se enrasa con agua destilada

y se homogeniza. Se deja reposar durante 1 hora. A continuación, se mide la absorbancia a 725 nm, frente a un blanco. En paralelo se realiza la curva de calibrado con los patrones, que se preparan a partir de una disolución madre de 1000 mg/L de ácido cafeico, siguiendo la disolución 1:3 (0 ppm, 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm y 10 ppm). Los resultados se expresan en mg de ácido cafeico por 100 g de material vegetal fresco al interpolar los valores dados por las muestras en la curva obtenida por los patrones.

Determinación de la capacidad antioxidante total. Este método, desarrollado por Brand-Williams *et al.* (1995) se basa en la reducción de la absorbancia medida a 517 nm del radical DPPH•, por antioxidantes. Para ello se añade 0.1 ml de la muestra o en su caso del patrón, la mezcla se homogeniza cuidadosamente, y se mantiene en la oscuridad durante 30 minutos. Las medidas de absorbancia a 517 nm se realizan antes de añadir la muestra y pasados los 30 y 60 minutos. La concentración de DPPH• en el medio de reacción se calcula a partir de una curva de calibrado obtenida por regresión lineal. Los resultados se expresan en TEAC, o sea, actividad equivalente a Trolox ($\mu\text{M/g}$ de muestra peso fresco). El antioxidante sintético de referencia Trolox, a una concentración de 0.08-1.28 mM en disolución de metanol al 80%, se ensaya en las mismas condiciones, expresándose los resultados en TEAC.

Análisis estadístico. Para el cálculo y tratamiento de datos se empleó el programa Microsoft Excel 2010. Para el tratamiento comparativo de los resultados, mediante el programa Statgraphics Centurion versión XVII.II. Los datos experimentales fueron evaluados mediante ANOVA de dos factores, error estándar de estimación y la menor diferencia significativa del test de Fisher (F-test) y el p-valor derivado como describe Ott (1977). Los resultados se consideran significativos cuando $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor bromatológico de los alimentos o su concentración en nutrientes es variable y depende de múltiples factores, entre ellos las técnicas de producción donde se incluye el potencial genético, así como del resto de factores que intervienen en el sistema de producción (fertilización, productos fitosanitarios, agua de riego, exposición a luz, etc.) (Gomiero, 2018). Por ello, es difícil establecer generalidades respecto a la composición nutricional. En general, los valores obtenidos para los caracteres de composición analizados, presentan variabilidad, pero los valores presentan concordancia con los señalados en la bibliografía (Mou, 2008; Kelly y Bateman, 2010; Gent, 2011).

Valoración del contenido en agua, materia seca y minerales totales. El agua es el mayor componente de la lechuga, formando parte de entre el 90-95% de su composición. La humedad está relacionada inversamente con el contenido en materia seca, por lo que, el nivel de significación del contenido en agua de la lechuga es trasladable al contenido en materia seca. La tabla 1 muestra el resultado del análisis ANOVA para los parámetros de humedad y minerales totales o cenizas. Se han observado diferencias significativas en el contenido de humedad en función del sistema de producción y en función del

tipo de lechuga, pero no entre la interacción. De forma que las lechugas de producción convencional presentan mayor contenido en agua que las de producción ecológica. El mayor contenido en agua está acompañado de una menor densidad nutricional. Algunos autores han encontrado resultados similares, indicando que el sistema de fertilización química puede ser el responsable de estas diferencias (Baslam *et al.*, 2013; Yu *et al.*, 2018). Por otro lado, las lechugas tipo Iceberg contienen concentraciones significativamente superiores ($p < 0.05$) de agua frente a los cogollos de lechuga Romana y la Hoja de Roble verde (figura 3). El alto contenido en agua de la lechuga tipo Iceberg, la convierte en un alimento altamente saciante, aunque este alto contenido en agua provoca en esta lechuga un bajo nivel nutritivo, acompañado de escaso sabor, aunque más crujiente, parámetros que influyen de la voluntad de compra del consumidor. Algunos autores (Kim *et al.*, 2016b) concluyen que a medida que la lechuga es más crujiente, ésta presenta mejor contenido nutricional, posiblemente debido al mayor contenido en agua.

El contenido mineral total expresado en el porcentaje de cenizas de las muestras de lechugas presenta diferencias estadísticamente significativas para el sistema de producción y para la variedad de lechugas, pero no existen diferencias significativas en la interacción de los dos factores. Muchos factores influyen en la concentración de los elementos minerales en la planta como la composición y características del suelo, las condiciones medioambientales, las técnicas agronómicas, así como la variedad de lechuga o la fase de maduración. En este trabajo, el sistema de producción ecológico produce mayor concentración en minerales totales en el material vegetal, siendo los cogollos de lechuga Romana y la Hoja de Roble, las lechugas que mayor contenido mineral presentan (figura 3).

Tabla 1. ANOVA para los parámetros de humedad y contenido mineral

EFECTO	HUMEDAD		CONTENIDO MINERAL TOTAL	
	Suma de cuadrados	GL	Suma de cuadrados	GL
Efecto principal				
Sistema de producción (P)	7.056 *	1	0.078*	1
Tipo de lechuga (T)	3.673*	2	0.319*	2
Interacción				
PxT	0.902 ^{NS}	2	0.004 ^{NS}	2
Error	4.967		0.146	

* Efecto significativo $p < 0.05$ y ^{NS} No Significativo para $p < 0.05$

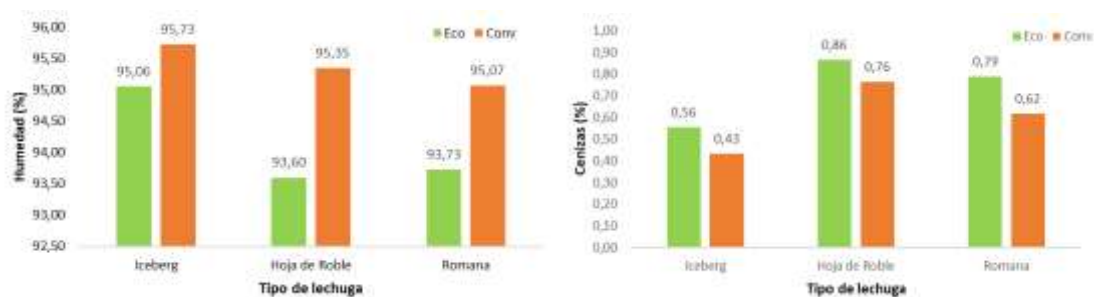


FIGURA 3. Contenidos promedio de humedad (%) y cenizas (%) en la lechuga Iceberg, Hoja de Roble verde y cogollo de Romana de producción ecológica y convencional

Valoración del contenido en proteína y nitratos. El nitrógeno es un elemento imprescindible para todos los seres vivos, y es absorbido por las plantas, en forma de nitrato en disolución acuosa o del ion amonio presente en las proximidades de las raíces como fuente de nitrógeno. El contenido en proteínas viene determinado por el contenido en nitrógeno total. Las proteínas son los materiales que desempeñan un mayor número de funciones en las células de todos los seres vivos. La forma en la cual el nitrógeno es transportado en el interior de la planta depende de la fuente de nitrógeno absorbida y del metabolismo de la raíz, por donde se realiza la absorción. Además, la forma y cantidad de nitrógeno suministrado a la planta puede influenciar la acumulación de carbohidratos en diferentes partes de la misma, debido a diferencias en las necesidades energéticas de la absorción y asimilación del ion amonio y del nitrato (Gallegos *et al.*, 2000).

La tabla 2 muestra el resultado del análisis ANOVA para los parámetros de proteínas y nitratos. A excepción del contenido en nitratos del cogollo de Romana de producción ecológica, las concentraciones de ambos parámetros son superiores en el material vegetal procedente de agricultura convencional, posiblemente debido a las prácticas de fertilización, aunque, estas diferencias no son significativas. Sí existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en función del tipo de lechuga. La interacción de los dos factores tampoco es significativa para la concentración proteica y de nitratos en las lechugas estudiadas. Las lechugas Hoja de Roble y los cogollos de Romana son los que presentan mayor contenido en proteína y nitratos frente a las lechugas Iceberg (figura 4). La función específica del ion nitrato es suministrar nitrógeno para las diferentes funciones en la planta, pero fundamentalmente para la síntesis de proteínas. La lechuga acumula nitratos en las vacuolas de las hojas cuando la absorción radicular excede a la reducción y transformación a proteínas en la planta (Hill, 1990). La acumulación de nitratos conlleva otras repercusiones como el desplazamiento en la síntesis y acumulación de ácidos orgánicos e hidratos de carbono, por su relación con la fotosíntesis (Behr y Wiebe, 1992). El contenido de nitratos es una cuestión que influye en la calidad de la lechuga y está relacionada con la salud del consumidor. El contenido de nitratos aceptable en la ingesta diaria corresponde a 3.65 mg/kg de peso vivo (Sanchez, 2010). Es decir, la ingesta de nitratos diaria de una persona con un peso corporal de 70 kg no debería superar los 259 mg. Por el

bajo contenido en nitratos, las lechugas Iceberg y Hoja de Roble verde, de producción ecológica, podrían ser las más recomendadas para el consumo.

Tabla 2. ANOVA para los parámetros de proteína y nitratos

EFECTO	PROTEÍNA		NITRATOS	
	Suma de cuadrados	GL	Suma de cuadrados	GL
Efecto principal				
Sistema de producción (P)	0.0004 ^{NS}	1	83166.7 ^{NS}	1
Tipo de lechuga (T)	0.005*	2	412828*	2
Interacción				
PxT	0.0005 ^{NS}	2	93366.5 ^{NS}	2
Error	0.002		383075	

* Efecto significativo $p < 0.05$ y ^{NS} No Significativo para $p < 0.05$

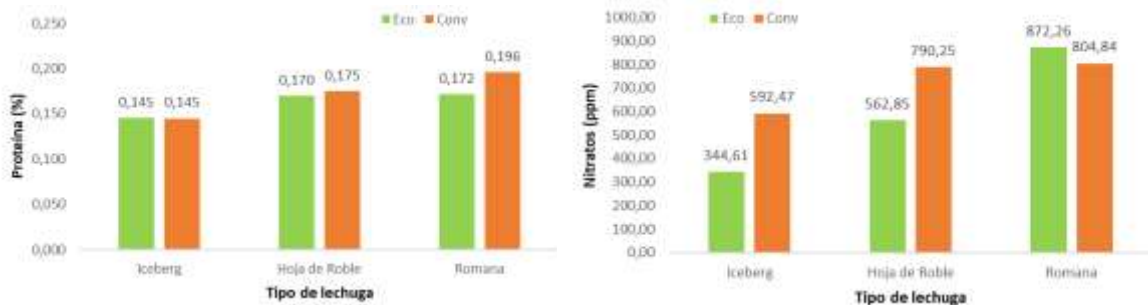


FIGURA 4. Contenidos promedio de proteína (%) y nitratos (ppm) en la lechuga Iceberg, Hoja de Roble verde y cogollo de Romana de producción ecológica y convencional

Valoración del contenido en grasa, hidratos de carbono y fibra. Las lechugas son alimentos que presentan un bajo contenido energético, ya que las concentraciones de los nutrientes energéticos (hidratos de carbono, proteínas y grasas) son muy bajas, aunque el contenido en fibra es alto (Koudela y Petříková, 2007). Los hidratos de carbono y las grasas tienen funciones estructurales y de almacenamiento de energía y, por lo tanto, constituyen una gran fuente de energía alimentaria.

La tabla 3 muestra el resultado del análisis ANOVA para los parámetros del contenido en grasa, hidratos de carbono y fibra. No existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido en grasa, en función del sistema productivo. El contenido en hidratos de carbono y fibra sí que dependen del sistema de producción, siendo la agricultura ecológica donde se alcanzan las mayores concentraciones de estos nutrientes. La variedad de lechuga influye significativamente ($p < 0.05$) en el contenido en grasa, hidratos de carbono y fibra, siendo las lechugas de Hoja de Roble verde las que mayores concentraciones de estos nutrientes presentan, seguido de los cogollos de Romana y por último las lechugas tipo Iceberg (figura 5). Solamente la interacción de los dos factores es significativa, para el caso del contenido en grasa, ya que los niveles de grasa de la lechuga Iceberg de producción convencional es superior a los de la producción ecológica, mientras que, en el resto de lechugas estudiadas, los contenidos en grasa se

mantiene similares entre los dos sistemas productivos. Estas diferencias pueden estar debidas al sistema de fertilización y a la estrecha relación bioquímica entre la acumulación de nitratos y la menor síntesis de hidratos de carbono (Behr y Wiebe, 1992), ya que la lechuga produce los azúcares en el proceso de fotosíntesis, durante el cual absorben el dióxido de carbono del aire y, por acción de la energía solar, producen glucosa y otros compuestos químicos necesarios para que los organismos sobrevivan y crezcan.

Tabla 3. ANOVA para los parámetros de grasa, hidratos de carbono y fibra

EFECTO	GRASA		HIDRATOS DE CARBONO		FIBRA	
	Suma de cuadrados	GL	Suma de cuadrados	GL	Suma de cuadrados	GL
Efecto principal						
Sistema de producción (P)	0.203 ^{NS}	1	18.330*	1	0.845*	1
Tipo de lechuga (T)	10.593*	2	38.864*	2	0.900*	2
Interacción						
PxT	0.242 ^{NS}	2	1.103 ^{NS}	2	0.344*	2
Error	0.604		8.907		0.401	

* Efecto significativo $p < 0.05$ y ^{NS} No Significativo para $p < 0.05$

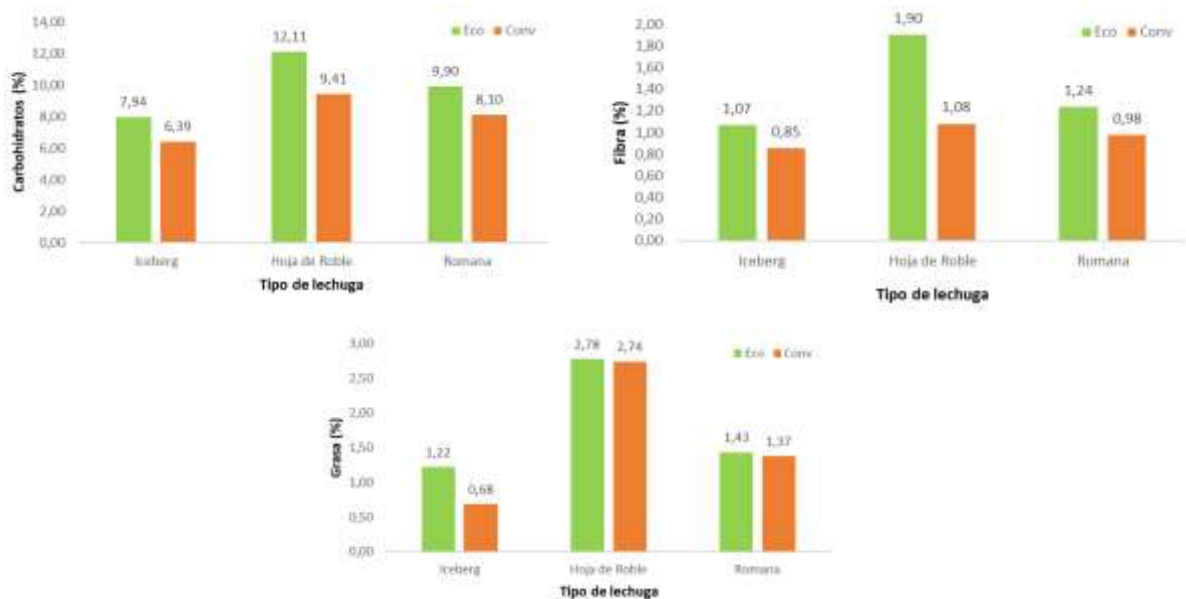


FIGURA 5. Contenidos promedio de hidratos de carbono (%), fibra (%), grasa (%) en la lechuga Iceberg, Hoja de Roble verde y cogollo de Romana de producción ecológica y convencional

Valoración del contenido en clorofilas. La luz solar es la fuente primaria de energía para las plantas, es hasta cierto punto de esperar que el ambiente de radiación determine las respuestas de las plantas, en muchos ámbitos de su crecimiento y desarrollo. La radiación controla los procesos de fotosíntesis, la morfogénesis y regula también en mayor o menor medida otros procesos como la respiración, movimientos estomáticos y metabolismo del carbono, entre otros. En la lechuga, cualquier señal ambiental es traducida a una señal bioquímica o fisicoquímica por la acción de diferentes transductores que, para

el caso de la radiación electromagnética, son pigmentos que absorben la radiación de diferente longitud de onda en cromóforos específicos (Serger y Schmidt, 1986) y sensores redox. En cualquier caso, en el rendimiento de la fotosíntesis influyen diversos factores como la temperatura, la concentración de dióxido de carbono, la concentración de oxígeno, la intensidad luminosa, la falta de agua, la fertilización, el tiempo de iluminación y el color de la luz Zhang *et al.* (2007).

La tabla 4 muestra el resultado del análisis ANOVA para los parámetros del contenido en clorofila “a”, clorofila “b” y clorofila total 1 y 2 (en función del tipo de cálculo). La clorofila es de color verde debido a que absorbe preferentemente la luz roja y azul y transmite la verde. Se distinguen dos tipos de clorofila, la clorofila tipo “a” y la de tipo “b”, que se diferencian por el grupo de sustitución lateral en la molécula. Esta diferencia es suficiente para causar un cambio notable en la coloración como también en el espectro de absorción de esta molécula, así la clorofila “a” tiene un color visual verde-hierba, mientras que la clorofila “b” es de color visual verde-azulado. Las concentraciones en clorofilas son estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para los dos factores (sistema de producción y tipo de lechuga) y para la interacción entre ambos. En todos los casos el sistema de producción ecológico produce lechugas con mayor concentración clorofílica, y la variabilidad entre tipos de lechuga indica que el cogollo de Romana, presenta las mayores cantidades en clorofilas, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) frente a los contenidos de clorofilas de las lechugas tipo Iceberg y Hoja de Roble verde (figura 6). Estas diferencias pueden ser debidas a las diferencias en los sistemas de fertilización y a la morfología de la planta. Ya que en la lechuga Iceberg, la parte acogollada impide la entrada directa de luz y con ello la síntesis de clorofilas, dando lugar a hojas más blancas.

Tabla 4. ANOVA para los parámetros de clorofilas “a”, “b” y totales

EFECTO	CLOROFILA a		CLOROFILA b		CLOROFILA TOTAL 1		CLOROFILA TOTAL 2	
	Suma de cuadrados	GL	Suma de cuadrados	GL	Suma de cuadrados	GL	Suma de cuadrados	GL
Efecto principal								
Sistema de producción (P)	0.025*	1	0.005*	1	0.052*	1	0.054*	1
Tipo de lechuga (T)	0.017*	2	0.002*	2	0.030*	2	0.031*	2
Interacción								
PxT	0.013*	2	0.002*	2	0.024*	2	0.027*	2
Error	0.003		0.0004		0.006		0.007	

* Efecto significativo $p < 0.05$ y ^{NS} No Significativo para $p < 0.05$

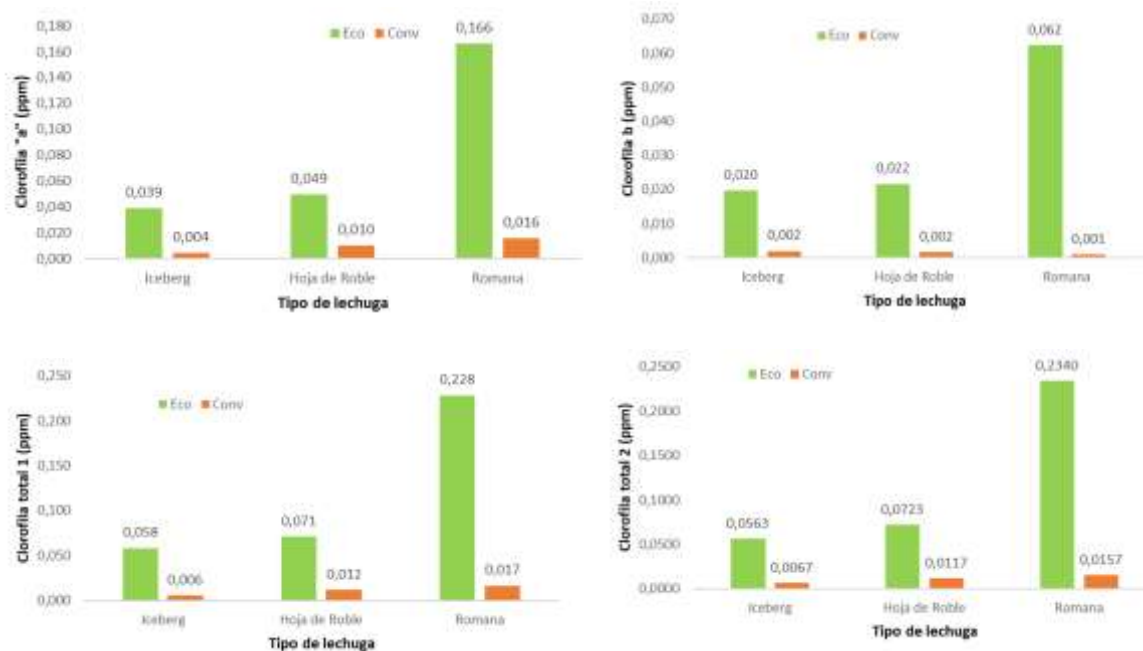


FIGURA 6. Contenidos promedio de clorofila "a", clorofila "b" y clorofilas totales 1 y 2 (ppm) en la lechuga Iceberg, Hoja de Roble verde y cogollo de Romana de producción ecológica y convencional

Valoración del contenido en polifenoles y antioxidantes totales. Los polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas. Algunos estudios indican que las lechugas son hortalizas de alto contenido en estas sustancias, que junto con las clorofilas proporcionan a estos alimentos un alto valor antioxidante (Llorach *et al.*, 2008).

La tabla 5 muestra el resultado del análisis ANOVA para los parámetros del contenido en polifenoles y la capacidad antioxidante total en las muestras de lechugas, en función de la variedad y del sistema de producción. No existen diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en la capacidad antioxidante total de las lechugas estudiadas. Siendo los valores comparables entre los obtenidos por los dos sistemas productivos y por las diferentes variedades de lechuga. La interacción entre los dos factores para este parámetro tampoco es significativa. El contenido polifenólico es significativo para el tipo de lechuga, mientras que el sistema productivo no influye en las diferencias de este parámetro. Tampoco la interacción entre los factores es significativa.

El contenido en polifenoles es ligeramente superior en las lechugas de producción convencional, excepto para el caso de la lechuga Iceberg, donde las muestras procedentes de sistemas ecológicos generan mayor contenido polifenólico. En cambio, la capacidad antioxidante total muestra valores superiores en las lechugas de producción ecológica tipo Hoja de Roble verde y en el cogollo de Romana (figura 7).

Tabla 5. ANOVA para los parámetros de polifenoles y capacidad antioxidante total

EFECTO	POLOFENOLES		CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL	
	Suma de cuadrados	GL	Suma de cuadrados	GL
Efecto principal				
Sistema de producción (P)	1.354 ^{NS}	1	25144.8 ^{NS}	1
Tipo de lechuga (T)	132.89*	2	1,175*10 ⁶ ^{NS}	2
Interacción				
PxT	23.085 ^{NS}	2	6.606 *10 ⁶ ^{NS}	2
Error	109.533		1.23 * 10 ⁷	

*Efecto significativo $p < 0.05$ y ^{NS} No Significativo para $p < 0.05$

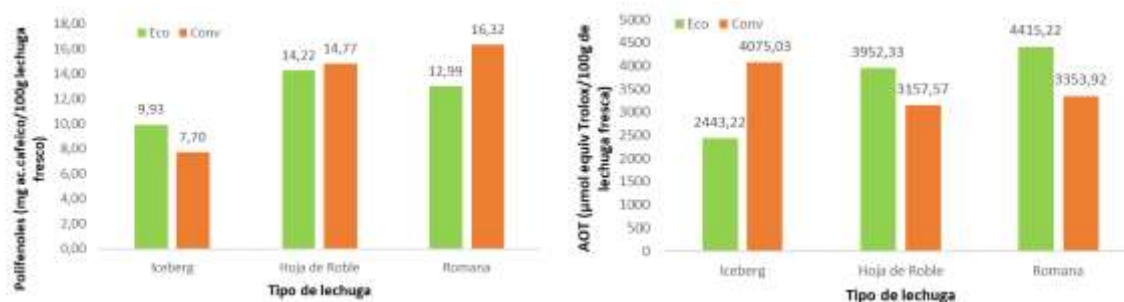


FIGURA 7. Contenidos promedio de polifenoles (mg/100 g) y capacidad antioxidante total (meq Trolox/100 g) en la lechuga Iceberg, Hoja de Roble verde y cogollo de Romana de producción ecológica y convencional

CONCLUSIONES

Los sistemas de agricultura ecológica en la producción de lechugas verdes (Iceberg, Hoja de Roble y cogollo de Romana) genera alimentos de menor contenido en humedad y mayor nivel en minerales totales. Estas diferencias vienen marcadas principalmente por la fuente de fertilización nitrogenada aplicada en el modelo ecológico. Las fuentes de fertilizantes orgánicos empleados en este modelo productivo influyen en una menor absorción de nitratos y por tanto en la menor concentración de los mismos en las vacuolas de las hojas. Esta menor acumulación de nitratos y la mayor concentración clorofílica en las lechugas ecológicas va a influir en el mayor contenido en hidratos de carbono y fibra de estos alimentos.

Los bajos valores de grasa obtenidos en las muestras de lechuga estudiadas ponen en evidencia que estos alimentos son de bajo contenido calórico. Además, presentan una elevada capacidad antioxidante y alto contenido en fibra, siendo por ello, alimentos muy adecuados para dietas saludables.

La lechuga de producción ecológica tipo Hoja de Roble verde es la que presenta el valor nutricional más balanceado, junto a una baja concentración en nitratos.

Los resultados de este estudio proporcionan datos de nutrientes comparativos de varios cultivares de lechuga de consumo popular que se

cultivaron en diferentes sistemas productivos. Esta información ayudará a los consumidores a elegir alimentos que brinden un mayor valor nutricional.

BIBLIOGRAFÍA

- Baslam, M.; Morales, F.; Garmendia, I.; Goicoechea, N. (2013). "Nutritional quality of outer and inner leaves of green and red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.) consumed as salads". *Scientia Horticulturae*, 151: 103-111.
- Behr, U.; Wiebe, J. (1992). "Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars". *Sci. Hort.*, 49: 175-179.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. (1995). "Use of free radical method to evaluate antioxidant activity". *Food Science and Technology*, 28: 25-30.
- Bruinsma, J.; de Haen, H.; Alexandratos, N.; Schmidhuber, J.; Bödeker, G.; Ottaviani, M.; Harrison, P. (2015). "World agriculture: Towards 2015/2030: An FAO perspective". FAO, Rome.
- Edziri, H.L.; Smach, M.A.; Ammar, S.; Mahjoub, M.A.; Mighri, Z.; Aouni, M. (2011). "Antioxidant, antibacterial, and antiviral effects of *Lactuca sativa* extracts". *Industrial Crops and Products*, 34(1): 1182-1185.
- FAOSTAT. (2016). "Database". *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy, 1.
- Faller, A.L.K.; Fialho, E. (2010). "Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods". *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6): 561-568.
- FOSS. (2007). "Determinación de la grasa total en alimentos generales utilizando la combinación de SoxCap™ 2047 con sistemas de extracción Soxtec". *Nota de aplicación 3903*, Suecia.
- Gallegos, C.; Olivares, E.; Vázquez, R.; Zavala, F. (2000). "Absorción de nitrato y amonio por las plantas de nopal en hidroponía". Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, 7 pp.
- Gent, M.P.N. (2011). "Composition of hydroponic lettuce: effect of time of day, plant size, and season". *J. Sci. Food Agric.*, 92: 542-550.
- Gomiero, T. (2018). "Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: Findings and issues". *Applied Soil Ecology*, 123: 714-728.
- Greenberg, A.E.; Clesceri, L.S.; Eaton, A.D. (1992). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 13th ed.
- Harsha, S.N.; Anilakumar, K.R.; Mithila, M.V. (2013). "Antioxidant properties of *Lactuca sativa* leaf extract involved in the protection of biomolecules". *Biomedicine & Preventive Nutrition*, 3(4): 367-373.
- Hill, M.J. (1990). "Nitrates and nitrites from food and water in relation to human disease". En: Ellis Wood (ed.) *Food Science and Technology*. London. 163-193.
- IFOAM. International Federation of Organic Agriculture Movements. (2017). "Principles of Organic Agriculture". <http://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/principles-organic-agriculture>
- Llorach, R.; Martínez-Sánchez, A.; Tomás-Barberán, F.A.; Gil, M.I.; Ferreres, F. (2008). "Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole". *Food chemistry*, 108(3), 1028-1038.
- Kelly, S.D.; Bateman, A.S. (2010). "Comparison of mineral concentrations in commercially grown organic and conventional crops – Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and lettuces (*Lactuca sativa*)". *Food Chem.*, 119: 738-745.

- Kim, M.J.; Moon, Y.; Tou, J.C.; Mou, B.; Waterland, N.L. (2016a). "Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.)". *Journal of Food Composition and Analysis*, 49: 19-34.
- Kim, M.J.; Moon, Y.; Kopsell, D.A.; Park, S.; Tou, J.C.; Waterland, N.L. (2016b). "Nutritional value of crisphead 'Iceberg' and romaine lettuces (*Lactuca sativa* L.)". *Journal of Agricultural Science*, 8(11), 1.
- Koudela, M.; Petříková, K. (2007). "Nutritional composition and yield of endive cultivars—*Cichorium endivia* L.". *Hort. Sci*, 34(1): 6-10.
- MAPA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1994). "Métodos oficiales de análisis". Tomo III. Ed. *Secretaría General de Alimentación. Dirección general de política alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Madrid. 662 pp.
- Matissek, R.; Schnepel, F.M.; Steiner, G. (1998). "Análisis de los alimentos. Fundamentos, métodos, aplicaciones". Ed. Acribia: 10-18.
- Matt, D.; Rembalkowska, E.; Luik, A.; Peetsmann, E.; Pehme, S. (2011). "Quality of Organic vs. Conventional Food and Effects on Health-Report". *Estonian University of Life Sciences*. 106 pp.
- Mditshwa, A.; Magwaza, L.S.; Tesfay, S.Z.; Mbili, N. (2017). "Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review". *Scientia horticultrae*, 216, 148-159.
- Médiène, S.; Valantin-Morison, M.; Sarthou, J.P.; De Tourdonnet, S.; Gosme, M.; Bertrand, M.; Roger-Estrade, J.; Aubertot, J.N.; Rusch, A.; Motisi, N.; Pelosi, C.; Doré, T. (2011). "Agroecosystem management and biotic interactions: a review". *Agronomy for sustainable development*, 31(3): 491-514.
- Mou, B. (2008). "Lettuce". En: J. Prohens y F. Nuez (eds.). *Handbook of plant breeding - Vegetables I*. Springer, New York, USA: 75-116.
- Mulabagal, V.; Ngouajio, M.; Nair, A.; Zhang, Y.; Gottumukkala, A.L.; Nair, M.G. (2010). "In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties". *Food Chemistry*, 118(2): 300-306.
- Naciones Unidas. (2009). "World population prospects: the 2008 revision". *Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat*.
- Ott, L. (1977). "An introduction to statistical methods and data analysis". *Duxbury Press, a Division of Wadsworth Publishing*. Belmont, CA, 1-208.
- Perfecto, I.; Vandermeer, J. (2010). "The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(13): 5786-5791.
- Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2092/91.
- Reglamento (CE) nº 889/2008 de la Comisión de 5 de septiembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 834/2007 del consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control.
- Sánchez, T.M. (2010). "Evaluación de la calidad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) respecto a su contenido de nitratos y materia seca". *Revista de la Facultad de Agronomía*. UNL-Pam. Argentina, 21: 29-36.
- Serger, H.; Schmidt, W. (1986). "Diversity of Photoreceptors. In: R.E. Kendrick and G.H.M. Kronenberg (Eds.)". En: *Photomorphogenesis in Plants*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 137-158.

- Seufert, V.; Ramankutty, N.; Foley, J.A. (2012). "Comparing the yields of organic and conventional agriculture". *Nature*, 485(7397): 229-232.
- Stolz, H.; Jahrl, I.; Baumgart, L.; Schneider, F. (2010). "Sensory experiences and expectations of organic food. Results of focus group discussions". *Ecropolis*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick and Frankfurt. 111 pp.
- Yu, X.; Guo, L.; Jiang, G.; Song, Y.; Muminov, M.A. (2018). "Advances of organic products over conventional productions with respect to nutritional quality and food security". *Acta Ecologica Sinica*, 38(1): 53-60.
- Zhang, Y.; Chen, J.M.; Thomas, S.C. (2007). "Retrieving seasonal variation in chlorophyll content of overstory and understory sugar maple leaves from leaf level hyperspectral data". *Can. J. Remote Sensing.*, 33(5): 406-415.