

Caracterización de la biomasa residual de genotipos de alcaucil para su potencial aplicación en alimentos

November 16, 2022

Rotondo, R.¹; Romero, D.¹; Grasso, R.¹; Ortiz Mackinson, M.¹; Balaban, D.¹; Samardich, D.¹; Rodríguez, G.²; Périgo, C.³; Escalante, A.⁴

RESUMEN

En Argentina la mayor parte de la biomasa residual del cultivo de alcaucil es desechada cuando podría utilizarse en la producción de alimentos. El objetivo del trabajo consistió en caracterizar cuanti y cualitativamente la biomasa residual de tres genotipos de alcaucil para su potencial aplicación en alimentos. Los estudios se realizaron en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, Zavalla (33° 01' S; 60° 53' O) y en el Instituto de Investigaciones para el Descubrimiento de Fármacos de Rosario (IIDEFAR-UNR-CONICET), Argentina. Los genotipos utilizados fueron Gauchito FCA, Opal y Madrigal (Nunhems-BASF), tratados con tres aplicaciones de ácido giberélico, y un testigo sin tratar, evaluando su biomasa en 2016 y 2017. Las variables analizadas fueron: rendimiento en fresco y seco de planta entera, contenido de los antioxidantes ácidos clorogénico (AC) y dicafeoilquínico (DCQ), rendimiento seco de hojas, fibra total, celulosa, hemicelulosa, lignina, nitrógeno y proteína en planta entera. El diseño experimental fue en parcelas divididas, en bloques al azar con tres repeticiones; se aplicó ANAVA y DGC para el análisis estadístico. Se destacó Gauchito por su mayor rendimiento en fresco, contenido de DCQ en hojas y hemicelulosa en planta entera; mientras que Opal se destacó por su elevado contenido de AC en hojas, rendimiento en peso seco de hojas y planta entera, elevado % de fibra total y hemicelulosa en planta entera. El genotipo Madrigal presentó elevado contenido de proteínas y bajo porcentaje de lignina sin tratamiento de giberelinas. Concluyendo, la biomasa residual varía con los genotipos y la aplicación de giberelinas, pudiendo ser materia prima para obtener subproductos aplicables a alimentos, algunos más ricos en antioxidantes y otros con fibra de alto valor para la dieta humana o para la formulación de alimentos balanceados.

Palabras clave: *Cynara cardunculus* var. *scolymus*, fibras, antioxidantes, proteína.

ABSTRACT

In Argentina, most of the residual biomass of the artichoke crop is discarded when it could be applied in food production. The aim of the work was to characterize the residual biomass of three artichoke genotypes in quantity and quality for its potential application in food. The study was carried out at the Agricultural Sciences School of the National University of Rosario, Zavalla and the Research Institute for Drug Discovery of Rosario (IIDEFAR-UNR-CONICET), Argentina. The genotypes were Gauchito FCA, Opal and Madrigal (Nunhems-BASF). They were treated with three applications of gibberellic acid untreated as a control. The residual biomass was analyzed in 2016 and 2017. The variables were: fresh and dry yield of the whole plant, content of chlorogenic (AC) and dicafeoilquinic acids (DCQ), dry

¹Universidad Nacional de Rosario (UNR), Facultad de Ciencias Agrarias, Cátedra de Cultivos Intensivos, Área Horticultura, Parque Villarino C.C. 14 (S2125ZAA) Zavalla, Santa Fe Argentina. Correo electrónico: rrotondo@unr.edu.ar

²Universidad Nacional de Rosario (UNR), Facultad de Ciencias Agrarias, Cátedra de Genética, Parque Villarino C.C. 14 (S2125ZAA) Zavalla, Santa Fe, Argentina.

³Universidad Nacional de Rosario (UNR), Facultad de Ciencias Agrarias, Laboratorio de Alimentos. Parque Villarino, CC 14 (S2125ZAA) Zavalla, Santa Fe, Argentina.

⁴CONICET, Universidad Nacional de Rosario (UNR), Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Suipacha 531 (S2002LRK) Rosario, Santa Fe, Argentina.

yield of leaves, total fiber, cellulose, hemicellulose, lignin, nitrogen and protein in the whole plant. The experimental design was insplit plots (genotypes in plots and GA treatment in subplots), in randomized blocks with three replications. The variables were analyzed by two way ANAVA and DGC used. Gauchito had highest values for yield in fresh, DCQ content in leaves and hemicellulose content in the whole plant. Opal stood out for the high AC content in leaves, dry weight yield in in leaves and whole plant; total fiber and hemicellulose in the whole plant. Madrigal had a high protein content and low % of lignin without gibberellin treatment. In conclusion, the residual biomass varies with the genotypes and the application of gibberellins, being able to be raw material to obtain by-products applicable to foods, some richer in antioxidants and others with high value fiber for the human diet or balanced formulations.

Keywords: *Cynara cardunculus* var. *scolymus*, fibers, antioxidants, protein.

INTRODUCCIÓN

El alcaucil (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) pertenece a la familia de las Asteráceas y es un cultivo herbáceo perenne (Pignone y Sonnante, 2009). Los capítulos, que son las inflorescencias inmaduras, es la parte comestible de este cultivo. Estos si bien presentan un bajo contenido energético y lipídico son ricos en proteínas, sales minerales, vitamina C y fibras (Bianco, 1990). Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad y sus efectos derivados son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocabonado y en parte su potencial anticarcinogénico. Entre ellas se encuentran pectinas, gomas, mucílagos, otros polisacáridos y hemicelulosa tipo A. Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad acelerando el tránsito intestinal. Están constituidas por celulosa, hemicelulosa tipo B y lignina y son utilizadas en el tratamiento y prevención de la constipación crónica (Escudero Alvarez y González Sánchez, 2006). Existen muchas definiciones y clasificaciones para las fibras. Según Olagnero *et al.* (2007), la fibra total es la suma de la fibra dietaria (glúcidos no digeribles y lignina presentes en las plantas) y la fibra funcional (hidratos de carbono no digeribles con evidencias de efectos fisiológicos benéficos en la salud de los seres humanos). Las fibras alimentarias son uno de los primeros ingredientes funcionales de uso extendido en toda la alimentación ya que juegan un papel crucial en el funcionamiento del organismo de los seres vivos, y debido a los cambios en los estilos de vida de las sociedades avanzadas están cada vez menos presentes en la alimentación cotidiana de la humanidad (García Zapata, 2008).

La planta del alcaucil es utilizada también como fuente de inulina y las hojas contienen entre sus metabolitos secundarios compuestos derivados del ácido cafeoilquinico y flavonoides, los cuales son responsables de la actividad antioxidante (Lattanzio *et al.*, 2009). Estos compuestos son polifenoles que juegan un rol importante en el crecimiento, reproducción y protección ante factores de estrés biótico y abiótico en las plantas (Beckman, 2000) y presentan un amplio rango de efectos fisiológicos cuando son consumidos por el hombre (Manach *et al.*, 2005).

El contenido de compuestos bioactivos está influenciado por numerosos factores, incluidos los genéticos (Lombardo *et al.*, 2012; García *et al.*, 2016 a y b), ambientales (luz, temperatura, nutrición mineral) y prácticas culturales como el riego y la apli-

cación de hormonas (Helyes y Lugasi, 2006; García *et al.*, 2016 a). Durante el cultivo del alcaucil se aplica ácido giberélico (AG_3), hormona vegetal involucrada en la regulación del crecimiento y el control de la inducción de la floración, con el objetivo de lograr precocidad del cultivo y mejorar la productividad (Miguel *et al.*, 2001; García, 2006; García *et al.*, 2010, 2015). Sin embargo, no hay claras evidencias sobre las diferencias genéticas genotipo y el uso de giberelinas en la composición de la planta de alcaucil.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agricultural Organization, 2019), la producción en Argentina en el 2017 fue de 108.683 t con un rendimiento de 24,30 t ha⁻¹. En La provincia de Santa Fe, en la que se inserta el Cinturón Hortícola de Rosario tiene una importancia estratégica clave en el desarrollo socioeconómico del país (Ferrato *et al.*, 2010) y es en la que se concentra el 14% de la superficie de Argentina dedicada a este cultivo (García *et al.*, 2015). En consecuencia, es importante establecer estrategias de manejo del cultivo de alcaucil que busquen el incremento de la cantidad y calidad de lo producido permitiendo satisfacer las necesidades del mercado, ampliar los destinos de producción y contribuir al desarrollo económico y social.

En nuestro país el alcaucil producido está dirigido al consumo humano y la mayor parte de su biomasa (80-85% del total) es desechada como residuo. Esta masa total, que a nivel país puede alcanzar aproximadamente las 400.000 t, podría utilizarse para la obtención de fibras y productos químicos de alto valor agregado. En la industria alimenticia, con los desechos de planta entera en estado fresco o seco podría elaborarse alimento balanceado para animales; algunas fracciones de las fibras solubles e insolubles extraídas de la biomasa total podrían ser incorporadas en diversas modalidades de alimentos (Rodríguez López, 2009). Además, las sustancias antioxidantes que contiene la planta de alcaucil les darían a estos alimentos un carácter funcional adicional (Martínez y Poveda, 2010). A nivel comercial se ampliaría la oferta de nuevos productos alimenticios con alto valor agregado tanto para el mercado interno como externo. Una ventaja adicional del uso de la biomasa residual es que se contribuiría al cuidado y la conservación del medioambiente, ya que el material vegetal no comestible normalmente es considerado un desecho generador de problemas (mal olor, aparición de roedores, etc.).

Por lo expuesto, el objetivo del trabajo consistió en caracterizar cuanti y cualitativamente la biomasa residual de tres genotipos de alcaucil para su potencial aplicación en alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en la Sección de Horticultura y la preparación de extractos y mediciones de fibra en los laboratorios de investigaciones y de calidad de alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, Zavalla (33° 01' S; 60° 53' O). El análisis químico se realizó en el Instituto de Investigaciones para el Descubrimiento de Fármacos de Rosario (IIDEFAR-UNR-CONICET), Argentina.

Los genotipos utilizados fueron el cultivar Gauchito FCA (GA) creado por Facultad de Ciencias Agrarias y los híbridos de Nunhems-BASF Opal (OP) y Madrigal (MA), todos multiplicados por hijuelos y evaluados en su primer y segundo año de producción.

Se implantó el lote de alcaucil con una densidad de 0,9 plantas por m² y se condujo el cultivo para lograr un adecuado crecimiento, que requirió de riegos frecuentes (por goteo), fertilización nitrogenada, control de plagas, enfermedades y malezas. Se realizaron las labores culturales de desbrote o extracción de hijuelos y el mochado luego de la cosecha. La biomasa restante se evaluó en los años 2016 y 2017.

Los tratamientos fueron:

T₀) Testigo sin aplicación de ácido giberélico (AG₃).

T₁) Tres aplicaciones de AG₃ por planta: dos aplicaciones consistieron en 30 ml de solución acuosa de concentración 50 ppm y fueron realizadas el 03/08/2016 y 17/08/2016, la tercera aplicación consistió de 30 ml de solución de concentración 60 ppm el 31/08/2016. Sobre el mismo lote en el año 2017, las fechas de aplicación de AG₃ fueron: 31/05/2017, 14/06/2017 y 29/06/2017 respectivamente. La solución de AG₃ se aplicó con mochila manual, asperjando sobre el ápice de la planta y base de las hojas, en plantas con al menos 8 hojas expandidas.

Al concluir la cosecha de los alcauciles, se recolectó la biomasa residual, constituida por las hojas, los tallos florales y los capítulos más pequeños y que no alcanzaron los requerimientos de tamaño que exige el mercado local.

Las variables analizadas fueron las siguientes:

1. **Rendimiento en peso fresco de planta entera (kg m⁻²):** se realizó el corte en el cuello de la planta (mochado) de 10 plantas enteras de cada tratamiento y repetición. Las plantas fueron procesadas con una chipeadora y se obtuvo el peso total en kg. Se extrajeron muestras representativas del material picado o chipeado, el que se conservó en freezer -80 °C para su posterior análisis. El rendimiento total de 10 plantas se llevó al valor por m², según la densidad de plantas utilizadas.
2. **Rendimiento en peso seco de planta entera (%):** se sacaron muestras de material fresco picado y se colocó en estufa a 60 °C hasta peso constante. El peso seco se refiere al fresco para determinar el contenido en %.
3. **Contenido de ácido clorogénico (AC) y ácido dicafeoilquinico (DCQ) (mg kg⁻¹ de peso fresco):** se realizó el corte de hojas del estrato medio de 10 plantas de cada tratamiento y repetición, se retiró la parte superior e inferior de las hojas y se trozó. Luego se colocaron 10 g de material vegetal fresco trozado en Erlenmeyer de 250 ml con 100 ml de metanol. Se agitó a temperatura ambiente (25 °C) durante 30 minutos (maceración) y luego se filtró. Este procedimiento se realizó dos veces y los extractos se guardaron en frascos color caramelo a 4 °C.

Los extractos fueron analizados por cromatografía líquida acoplada a espectroscopía Ultra Violeta (330 nm), con volúmenes de inyección de 5 µl en columna Agilent C₁₈ y gradiente de elución con agua y acetonitrilo acidulados con ácido fórmico al 0,1% (Rotondo *et al.*, 2019). El contenido de AC y DCQ en los extractos fue determinado por extrapolación del área bajo sus curvas cromatográficas respecto a la concentración resultante de la curva de calibración obtenida con los patrones y es expresado en mg kg⁻¹ de peso fresco de material vegetal.

4. **Rendimiento en peso seco de hojas en estado reproductivo (%):** las muestras de hojas extraídas de cada tratamiento y repetición se trozaron y se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante. El peso seco se refirió en porcentaje del peso total de la muestra fresca.
5. **Fibra insoluble total de planta entera (%):** se utilizó el método de separación mecánica de elementos fibrosos de Kramer y Twig (1973). Las muestras conservadas en -80 °C se hirvieron 15 minutos y se trituraron con procesadora Minipimer durante 15 segundos en 100 ml de agua. Luego se pasó la muestra por tamices de malla de 0,055 mm y se lavó hasta obtener la porción insoluble retenida en la malla. Las muestras se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante, se pesaron y se refirieron al porcentaje del peso total de la muestra fresca.
6. **Contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina (FDN-FDA y LIG) en %:** bajo el esquema de trabajo de Van Soest (1963) se obtienen 2 residuos principales cuando se somete un tejido vegetal a análisis. Estas mediciones son importantes para conocer la digestibilidad de estos y por lo tanto su calidad aplicada a alimentos.

La fibra detergente neutro (FDN) determina celulosa, hemicelulosa y lignina. La solución se compone por lauril sulfato de Na 60 g, EDTA 37,22 g, Na₂HPO₄ 17,22 g, Na₂B₄O₇ 13,62 g, trietilenglicol 20 ml, agua destilada 2000 ml. La fibra detergente ácido (FDA) determina celulosa y lignina. La solución utilizada es H₂SO₄ 28 ml, BCTA (bromocetyl trimetilamónico) 20 g en 1000 ml, agua destilada 972 ml. Ambos métodos se realizan de la misma forma siguiendo un mismo procedimiento. Por diferencia entre los valores de FDN y FDA se determina la hemicelulosa. Para la determinación de lignina se utiliza H₂SO₄ al 72% P/V (AOAC, 2007).

7. **Contenido de N₂ y proteína en planta entera (%):** se determinó por el método de Kjeldahl (AOAC, 2001).

Sobre la biomasa residual obtenida en el cultivo 2016 se midieron las variables 1 a 5 y en 2017 las variables 2, 4, 5, 6 y 7.

El diseño fue en parcelas divididas, en bloques al azar con 3 repeticiones, donde la parcela mayor correspondió a los genotipos y la menor a los tratamientos de AG₃. Cada parcela mayor consistió en 20 plantas de cada genotipo y tratamiento. Los resultados se analizaron como parcelas divididas en arreglo factorial con ANAVA y prueba DGC, con el programa estadístico Infostat versión 2016. (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS

Para la variable rendimiento en peso fresco de planta entera se observaron diferencias entre genotipos (p<0,01) siendo GA el de mayor rendimiento, seguido por MA y por último OP (figura 1). El genotipo GA es un cultivar y en general estos materiales gené-

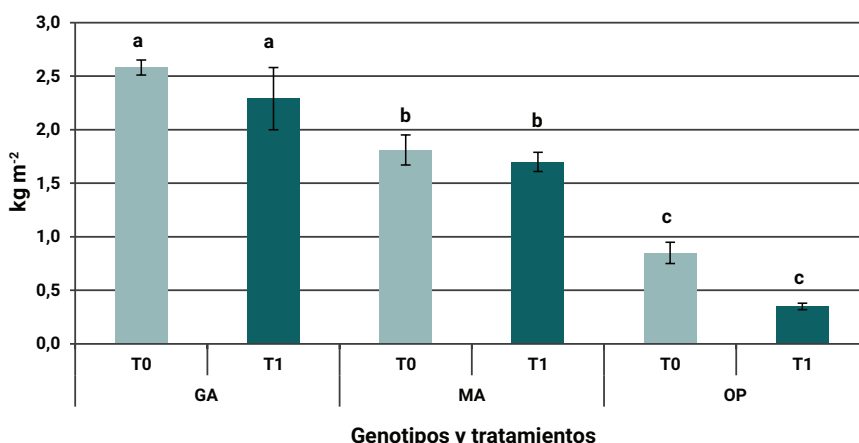


Figura 1. Rendimiento en peso fresco de planta entera en kg m⁻² para los genotipos y tratamientos evaluados. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre genotipos al 1%.

ticos tienen menores rendimientos en capítulos por planta respecto a los híbridos. Resulta muy interesante que GA posea alto rendimiento en biomasa residual para obtener subproductos de alto valor aplicables en la industria alimenticia y farmacéutica.

El rendimiento en peso seco de la planta entera residual en el cultivo 2016 presentó interacción entre genotipos y tratamientos ($p < 0,05$), donde el OP T₁ presenta los mayores valores (20,68%) y OP T₀ los más bajos (11,98%). Los genotipos MA y GA en ambos tratamientos tuvieron valores intermedios, sin diferencia entre ellos. En cambio, en 2017 hubo diferencias entre los genotipos ($p < 0,01$); presentando OP (19,5%) el mayor rendimiento, seguido de MA (17,75%) y por último GA (15,5%). Se puede relacionar esta variable con la anterior y observar que el genotipo OP si bien presentó menor rendimiento en peso fresco, tuvo mayor contenido de materia seca, es decir, que fue más eficiente en la transformación de fotoasimilados en estructura vegetal. De todas maneras, GA compensa la menor materia seca con un rendimiento muy superior en biomasa residual.

Los resultados obtenidos respecto al contenido de AC en hojas muestran interacción entre genotipos y tratamientos ($p < 0,05$), presentando el mayor valor OP T₁ y el resto de los genotipos y tratamientos no se diferenciaron entre sí (figura 2). En este caso hubo interacción porque la aplicación de AG₃ tuvo efecto *únicamente* en el genotipo OP. Estos resultados fueron coincidentes con los descriptos por otros autores que indican que la aplicación de giberelinas al cultivo de alcaucil induce aumento de principios activos en algunos cultivares (García *et al.*, 2016b).

En cambio, en el contenido de DCQ se observaron diferencias entre genotipos ($p < 0,01$), siendo GA el de mayor diferencia con respecto a MA y OP (figura 3). En esta variable no hubo efecto de las aplicaciones de AG₃ ni interacciones. La diferencia en el contenido de sustancias polifenólicas entre genotipos y en diversas partes de la planta fue registrada en investigaciones previas del alcaucil (Moglia *et al.*, 2008; Lombardo *et al.*, 2010; Pandino *et al.*, 2011; Pagnota *et al.*, 2012).

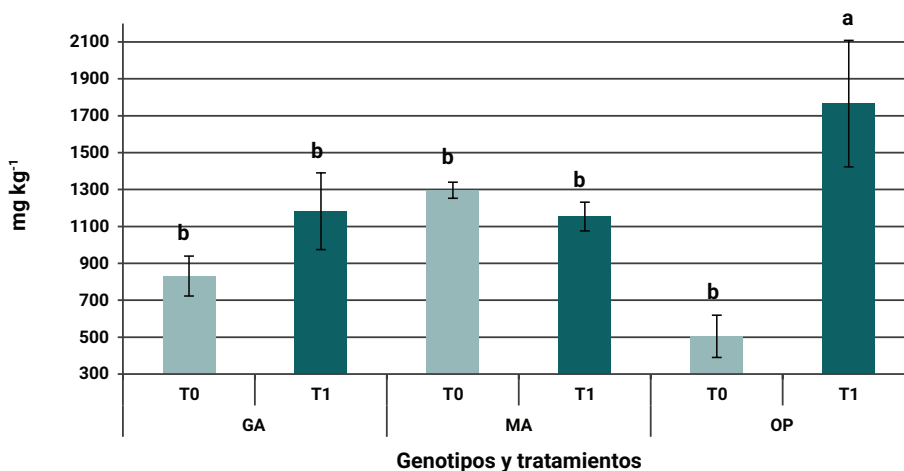


Figura 2. Contenido de ácido clorogénico (mg kg⁻¹) en hojas de alcaucil para los genotipos y tratamientos evaluados. Letras diferentes indican interacción entre genotipos y tratamientos al 5%.

En cuanto al rendimiento en peso seco de hojas del cultivo 2016, se observó interacción entre genotipos y tratamientos ($p < 0,01$), donde OP T₁ y MA T₁ poseen el mayor valor (20,06% y 18,35% respectivamente) y el valor más bajo se observó en el OP T₀ (11,62%). Los genotipos MA T₀ y GA en ambos tratamientos tuvieron valores intermedios, sin diferencia entre ellos. En cambio en las hojas en estado reproductivo del cultivo 2017, se observó diferencia entre tratamientos ($p < 0,05$), siendo mayor el contenido de materia seca en T₀ (16,2%) respecto a T₁ (14,4%).

Analizando los resultados de contenido de fibra insoluble total en planta entera del cultivo 2016, se observó interacción entre genotipos y tratamientos ($p < 0,01$), donde OP T₁ presenta los mayores valores, seguido de MA T₁, MA T₀ y finalmente GA con ambos tratamientos. El valor más bajo se observó en OP T₀ (figura 4). En la biomasa restante del cultivo 2017 también se observó interacción ($p < 0,01$), presentando los mayores va-

lores el genotipo OP en ambos tratamientos, mientras que GA T₁ presentó el menor valor (figura 5). Se puede relacionar también esta variable con el contenido de materia seca respecto a la fresca y fibras, es decir, que el híbrido OP posee mayor % de fibra y peso seco porque sus tejidos son menos succulentos que GA, pero su comportamiento es más dependiente de las condiciones ambientales y la aplicación de giberelinas.

La utilización de la biomasa residual como fuente de fibra alimentaria sería muy promisoría para los sistemas productivos intensivos. La FAO estima que el consumo diario de fibra debe rondar los 30 g, no obstante, esta cantidad no suele consumirse diariamente (se estima que el promedio de fibra consumida en la dieta en Europa es de 22 g por día), por lo que se hace necesario enriquecer con fibras los alimentos procesados. Los alimentos preparados no suelen disponer de cantidades suficientes de fibra ya que suelen estar refinados al convertirse en harinas, eliminando buena parte de las fibras naturales que dis-

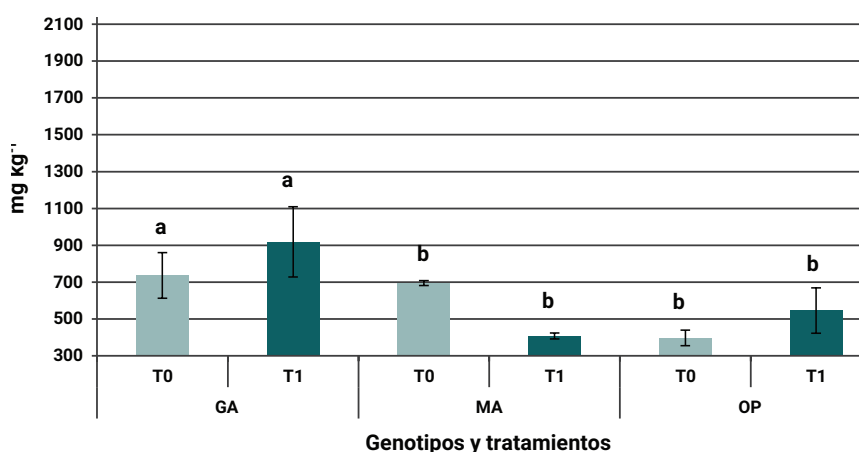


Figura 3. Contenido de ácido dicafeoilquinico (mg kg^{-1}) en hojas de alcaucil para los genotipos y tratamientos evaluados. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre genotipos al 1%.

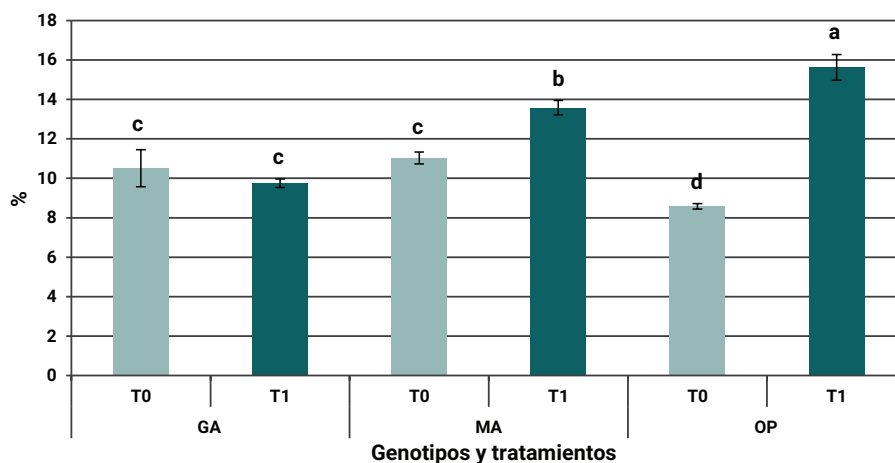


Figura 4. Contenido de fibra insoluble total (%) de planta entera para los genotipos y tratamientos evaluados en el año 2016. Letras diferentes indican interacción entre genotipos y tratamientos al 1%.

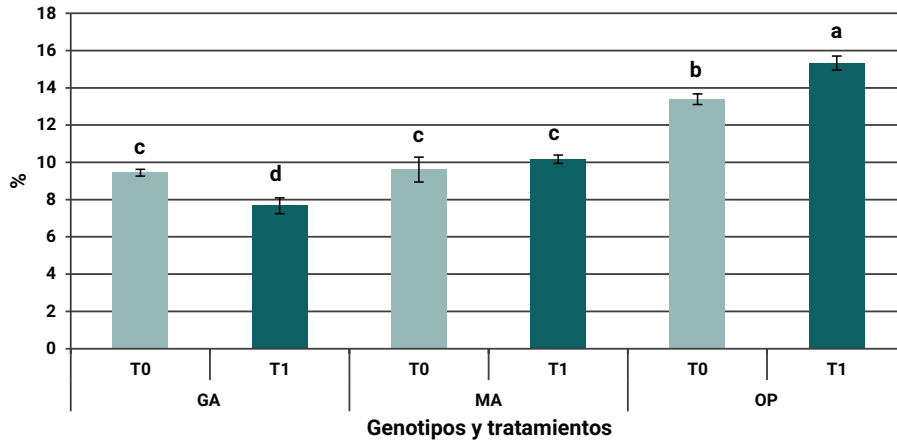


Figura 5. Contenido de fibra insoluble total (%) de planta entera para los genotipos y tratamientos evaluados en el año 2017. Letras diferentes indican interacción entre genotipos y tratamientos al 1%.

ponían originalmente. Es por ello que la industria alimentaria, consciente de su papel actual, ha estado realizando avances para dotar a los alimentos con mayor contenido de fibra, lo cual está siendo bien recibido por los consumidores.

A su vez es necesario buscar fuentes naturales de fibra de buena calidad, determinada por la proporción de sus fracciones. En nuestro experimento el contenido de celulosa no presentó diferencias estadísticas entre cultivares, tratamientos ni en la interacción entre ambos, en cambio para el contenido de hemicelulosa se encontraron diferencias entre genotipos ($p < 0,01$), siendo GA y OP los de mayor porcentaje respecto a MA (figura 6).

Es beneficioso que una buena proporción de ambas fracciones de la fibra sea incorporada en alimentación humana, ya que permite un adecuado funcionamiento del aparato gastrointestinal. Además, un generoso consumo de fibra dietaria reduce los riesgos de desarrollar enfermedades como hipertensión,

diabetes, obesidad, trastornos cardiovasculares, etc. En cuanto a la elaboración de alimentos balanceados, las diferentes fracciones de la fibra pueden ser beneficiosas para la alimentación de mono o poligástricos; para esto se deben tener en cuenta las características físicas (tamaño de partícula, capacidad de absorber agua, capacidad de intercambio catiónico, etc.) y químicas (composición e interrelación de sus componentes) de la fibra ofertada, datos que escapan a nuestra investigación. Entre las numerosas funciones podemos destacar la estimulación sobre la rumia y en consecuencia sobre la secreción de saliva, y su aporte de celulosa y hemicelulosa digeribles que al ser degradadas por los microorganismos del rumen aportan los ácidos precursores de la grasa de la leche.

Respecto al contenido de lignina se observaron diferencias entre genotipos ($p < 0,01$), siendo GA el de mayor valor (10,58%), seguido de OP (10,36%) y MA (10,02%). La lignina es un polímero orgánico complejo que constituye una fibra no

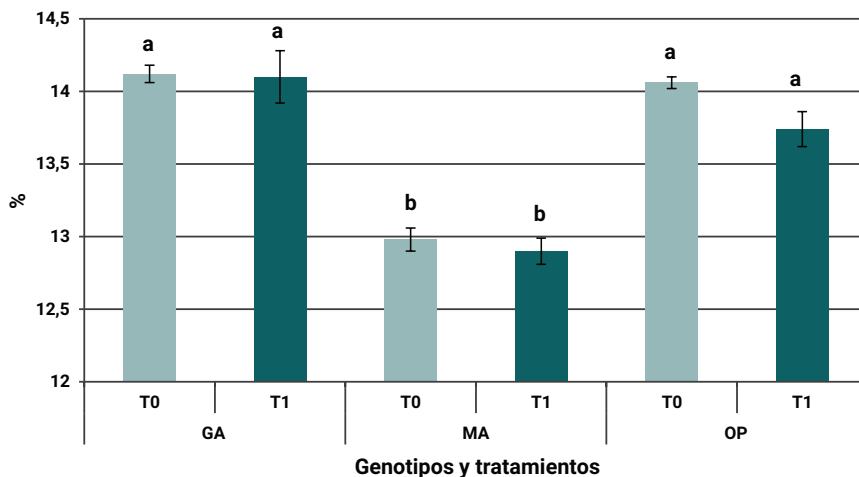


Figura 6. Contenido de hemicelulosa (%) en los genotipos y tratamientos evaluados. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre genotipos al 1%.

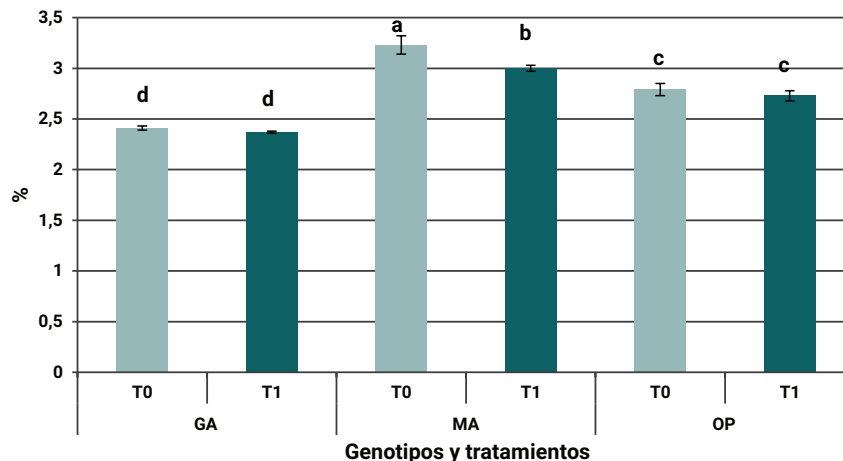


Figura 7. Contenido de proteínas (%) en los genotipos y tratamientos evaluados. Letras diferentes indican interacción entre genotipos y tratamientos al 1%.

polisacárido. Esta contribuye a dar rigidez a la pared celular haciéndola resistente a impactos y flexiones. La lignina no se digiere ni se absorbe y tampoco es atacada por la microflora bacteriana del colon. Una de sus propiedades más interesantes es su capacidad de unirse a los ácidos biliares y al colesterol retrasando o disminuyendo su absorción en el intestino delgado. La lignina es un componente alimentario menor y el grado de lignificación afecta a la digestibilidad del alimento (Escudero Álvarez y González Sánchez, 2006). Sin embargo, su aplicación adecuada en formulaciones contribuiría como hipocolesterolemiante.

En cuanto al contenido de nitrógeno hubo interacción entre genotipos y tratamientos ($p < 0,05$). La aplicación de AG_3 tuvo efecto en los genotipos MA y OP. En ambos, las plantas T_1 presentaron menor contenido de N (0,48% en MA y 0,43% en OP), respecto a las plantas T_0 (0,51% en MA y 0,45% en OP). En cambio, en GA no se observaron diferencias entre las plantas tratadas y no tratadas con AG_3 (0,38 y 0,39% respectivamente).

Respecto al contenido de proteína también se observó interacción entre genotipos y tratamientos ($p < 0,05$), pero solamente en MA hubo efecto diferencial con la aplicación de AG_3 (figura 7).

Los resultados obtenidos reflejan que la composición y calidad de los productos hortícolas están influenciados por distintos factores, interrelacionados entre sí tales como son el genotipo, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo aplicadas en el cultivo (Romojaro Almela *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

En las condiciones de trabajo evaluadas, la biomasa del cultivo de alcaucil presenta características cuanti y cualitativas diferenciales según el genotipo utilizado, principalmente si se trata de cultivar o híbridos. Además, la respuesta de cada uno de los genotipos a la aplicación de giberelinas es dependiente de la variable analizada.

La calidad de los residuos del cultivo de alcaucil con potencial aplicación en alimentos deberá ser analizada según el

destino que pueda darse a estos. La biomasa residual puede ser materia prima para obtener subproductos aplicables a alimentos, algunos más ricos en antioxidantes, otros como fuente de fibra de alto valor en la dieta humana y formulación de balanceados.

Se puede destacar el genotipo GA por su mayor rendimiento en peso fresco, contenido de DCQ en sus hojas y hemicelulosa de planta entera.

El genotipo OP tratado con giberelinas se destaca por su elevado contenido de AC en hojas, rendimiento en peso seco tanto en hojas como en planta entera y también por su elevado porcentaje de fibra total y hemicelulosa en la biomasa total.

El genotipo MA presenta buenas características de calidad en cuanto a su elevado contenido de proteínas sin tratamiento de giberelinas y su bajo porcentaje de lignina.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se infiere que la biomasa residual de los genotipos estudiados puede aprovecharse en la agroindustria para su incorporación en alimentos. La potencialidad de rendimiento y calidad de los subproductos pueden estimarse de acuerdo al manejo agronómico aplicado. La tendencia de los hábitos de consumo demanda que los productos sean inocuos, prácticos, innovadores y competitivos, como lo señala García Zapata (2008). Estas condiciones hacen de la pasta de alcaucil, sus extractos y el alimento balanceado insumos con grandes posibilidades de posicionamiento en el mercado para el consumidor final.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 2001. The Kjeldahl determination of nitrogen. Official Method.
- AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. EUA.
- BECKMAN, C.H. 2000. Phenolic-storing cells: Keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defense responses in plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 57:101-110.
- BIANCO, V.V. 1990. Carciofo (*Cynara scolymus* L.). En: BIANCO, V.V.; PIM-PINI, F. (eds.). *Orticoltura*. Patron Editore, Bologna, Italia. 209-251 pp.

- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDOS, C.W. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible: <http://www.infostat.com.ar> verificado: junio de 2019).
- ESCUADERO ÁLVAREZ, E.; GONZÁLEZ SÁNCHEZ, P. 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria* 21 (Supl. 2) 61-72. ISSN 0212-1611. CODEN NUHOEQ S.V.R. 318.
- FERRATTO, J.; MONDINO, M.; GRASSO, R.; ORTIZ MACKINSON, M.; LONGO, A.; CARRANCIO, L.; FIRPO, I.; ROTONDO, R.; ZEMBO, J.; CASTRO, G.; GARCÍA, M.; RODRIGUEZ, M.; IRIBARREN, M. 2010. Buenas Prácticas Agrícolas para la agricultura familiar. Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina. FAO. 535 p.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). 2019. Statistics on line. (Disponible: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> verificado: junio de 2019).
- GARCÍA ZAPATA, T. 2008. Industrialización integral de la alcachofa en pasta nutricional y para alimentos balanceados. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*. Vol. 11(1). UNMSM. 37-46 pp.
- GARCÍA, S.M.; ROTONDO, R.; LÓPEZ ANIDO, F.; COINTRY, E.; SANTA CRUZ, P.; FURLÁN, R.L.E.; ESCALANTE, A.M. 2016(a). Influence of irrigation on the chemical compounds in leaves in vegetative and reproductive stage and bracts of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.). *Acta Hort.* 1147: 95-102.
- GARCÍA, S.M.; ROTONDO, R.; LÓPEZ ANIDO, F.; COINTRY, E.; SANTA CRUZ, P.; FURLÁN, R.L.E.; ESCALANTE, A.M. 2016(b). Effect of gibberellic acid application on the content of active compounds in leaves and bracts of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.). *Acta Hort.* 1147:103-112.
- GARCÍA, S.M.; CRAVERO, V.P.; LÓPEZ ANIDO, F.; COINTRY, E. 2015. Globe artichoke cultivation in Argentina. *Chronica Horticulturae*. vol. 55, n.º 2, 15-20.
- GARCÍA, S.M.; FIRPO, I.T.; LÓPEZ ANIDO, F.S.; CRAVERO, V.P.; ROTONDO, R.; COINTRY, E.L. 2010. Incidencia del ácido giberélico sobre caracteres productivos en alcaucil. *Revista Ciencias Agronómicas*. Facultad de Ciencias Agrarias. UNR. N.º xvi Año 10: 007-011.
- GARCÍA, S.M. 2006. Estrategias alternativas para incrementar la producción y precocidad en el cultivo de alcaucil (*Cynara scolymus* L.). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. 173 p.
- HELYES, L.; LUGASI, A. 2006. Formation of certain compounds having technological and nutritional importance in tomato fruits during maturation. *Acta alimentaria*, 35 (2): 183-93.
- KRAMER, A.; TWIG, B. 1973. Quality control for the food industry. Ed. The Avi Publishing Company, INC. Westport Connecticut. EUA.
- LATTANZIO, V.; KROON, P.A.; LINSALATA, V.; CARDINALI, A. 2009. Globe artichoke a functional food and source nutraceutical ingredients. *J. Funct. Foods* 1, 131-144.
- LOMBARDO, S.; PANDINO, G.; IERNA, A.; MAUROMICALE, G. 2012. Variation of polyphenols in a germplasm collection of globe artichoke. *Food Res. Int.* 2012, 46: 544-551.
- LOMBARDO, S.; PANDINO, G.; MAUROMICALE, G.; KNOCLER, M.; CARLE, M.; SCHIEBER, A. 2010. Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L. Fiori). *Food Chem.* 119:1175-1181.
- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMESY, C.; JIMENÉZ, I. 2005. Polyphenols: Food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79:727-747.
- MARTÍNEZ, I.; POVEDA, C. 2010. Evaluación del valor nutricional de la alcachofa (*Cynara scolymus*) en la producción de codornices de postura. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* Vol. 3 N.º 1 010:17-21.
- MIGUEL, A.; BAIXAULI, C.; GARCÍA, M.J.; MAROTO, J.V. 2001. Producción de alcachofa multiplicada por semilla. Influencia de distintos cultivares, ciclos y tratamientos con ácido giberélico. *IV Congr. Ibér. Cienc. Hort.* 495 p.
- MOGLIA, A.; LANTERI, S.; COMINO, C.; ACQUADRO, A.; DEVOS, R.; BEE-KWILDER, J. 2008. Stress-induced biosynthesis of dycapic acid in globe artichoke. *J. Sci Food Agr.* 56:8641-8649.
- OLAGNERO, G.; AGAD, A.; BENDERSKY, S.; GENEVOIS, C.; GRANZELLA, L.; MONTONATI, M. 2007. Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Diaeta*, 25(121), 20-33.
- PAGNOTA, M.A.; SACCARDO, F.; TEMPERINI, O.; REY, N.A.; NOORANI, A.; LOBIANCO, C.; CRINÒ, P.; TABAZZA, R.; CUOZZO, L.; PAPANICHIOLI, V.; SONNANTE, G.; PIGNONI, D.; MORGUESE, A.; SARLI, G.; DE LISI, A.; RACCUA, S.A.; DI VENERE, D.; JACOB, A.M.; BAZINET, C.; BUORY, S.; ARTÉS, F.; GÓMEZ DI MARCO, P.; EGEEA-GILBERT, C.; FERNÁNDEZ, J.A.; MACUA, J.I.; LAHOZ, I.; JOUY, C.; ALERCIA, A. 2012. Characterization of *Cynara* European genetic Resources. *Acta Hort.* 942:89-93.
- PANDINO, G.; LOMBARDO, S.; MAUROMICALE, G.; WILLIAMSON, G. 2011. Phenolic and flavonoids in leaf acids a floral stem of cultivated and wild *Cynara cardunculus* L. genotypes. *Food Chemistry* 126:417-422. Elsevier. 0308-8146/5.
- PIGNONE, D.; SONNATE, G. 2009. *Il Carciofo e il cardo*. Cap. Botánica.
- RODRÍGUEZ LÓPEZ, J.N. 2009. Aprovechamiento de residuos de alcachofa. *Apuntes metodología bioquímica*. <http://hdl.handle.net/10201/6303>
- ROMOJARO ALMELA, F.; FLORES, F.B.; EGEEA, M.I.; SÁNCHEZ BEL, P.; MARTÍNEZ, M.C.; RIBAS, F.; CABELLO, M.J. 2007. Factores precosecha que afectan a la calidad de frutas y hortalizas. *Phytoma* 189, . 43-50 pp.
- VAN SOEST, P.J. 1963. I: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds; II: A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Agronomic Chemists* 46:829-835.