

Aplicabilidades da alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus* L.) e sua capacidade adaptativa sob condições de estresse salino

José Roberto Alves da Costa¹, Pedro Arthur do Nascimento Oliveira², Wesley Felix de Oliveira^{3*}

¹Bacharel em Ciências Biológicas, Centro Universitário Brasileiro, Brasil.

²Mestre e Doutorando em Botânica, Centro Universitário Brasileiro, Brasil.

³Doutor em Ciências Biológicas, Centro Universitário Brasileiro, Brasil. (*Autor correspondente: wesley.felix@grupounibra.com)

Histórico do Artigo: Submetido em: Artigo avaliado e aprovado por comitê específico e indicado para publicação pelo Núcleo de Pesquisa e Extensão do Centro Universitário Brasileiro.

RESUMO

Os tubérculos da alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus* L.), também conhecido Jerusalém Batateiro, são ricos em inulina, principal matéria-prima, é o principal constituinte químico para a produção de fontes alternativas de energia (biocombustíveis) e alimentos da dieta humana (inulina). Por ser uma cultura de baixa exigência de insumos (irrigação, fertilização, controle de pragas e doenças), propicia uma fonte de renda para o produtor, gerando um sistema autossustentável de exploração. Além disso, as demais partes constituintes da planta (raiz, caule, inflorescência e folhas) geram também diversos subprodutos ou derivados de interesse econômico. Assim, o trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre as diferentes aplicações biológicas da alcachofra de Jerusalém bem como mostrar sua resposta ao fator estressante a solos salino. Tubérculos de *H. tuberosus* vem sendo utilizados como matéria-prima para a produção de bioetanol, além disso, essa planta apresentou potencial para aplicação na indústria alimentícia na dieta humana e animal. Ademais, verificou-se que esta planta tem a capacidade de acumular metais pesados considerados contaminantes ambientais sem prejudicar seu crescimento. E foi demonstrado que a alcachofra de Jerusalém pode crescer bem apresentando alta produção de tubérculos sob cultivos em altos níveis de salinidade. Desta maneira, ficou claro a alta versatilidade das aplicações biológicas de *H. tuberosus* L., sobretudo a partir dos seus tubérculos, e a resistência desta planta ao ser cultivada sob estresse salino.

Palavras-Chaves: Jerusalém Batateiro. Biorrefinaria. Indústria Alimentícia. Fitorremediação. Estresse Salino.

Applicability of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) and its adaptive capacity under saline stress conditions

ABSTRACT

The tubers of the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.), also known Jerusalem Potato, are rich in inulin, the main raw material, it is the main chemical constituent for the production of alternative sources of energy (biofuels) and food for the human diet (inulin). Because it is a crop with low input requirements (irrigation, fertilization, pest and disease control), it provides a source of income for the producer, generating a self-sustainable exploitation system. In addition, the other constituent parts of the plant (root, stem, inflorescence and leaves) also generate various by-products or derivatives of economic interest. Thus, the work aims to carry out a literature review on the different biological applications of Jerusalem artichoke as well as to show its response to the stressor of saline soils. Tubers of *H. tuberosus* have been used as raw material for the production of bioethanol, in addition, this plant showed potential for application in the food industry in human and animal diet. Furthermore, it was verified that this plant has the capacity to accumulate heavy metals considered environmental contaminants without harming its growth. And it has been shown that Jerusalem artichoke can grow well with high tuber production under cultivation at high salinity levels. In this way, the high versatility of the biological applications of *H. tuberosus* L. became clear, especially from its tubers, and the resistance of this plant to being cultivated under saline stress.

Keywords: Jerusalem Potato. Biorefinery. Food industry. Phytoremediation. Saline Stress.

Costa JRA et al. Aplicabilidades da alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus* L.) e sua capacidade adaptativa sob condições de estresse salino. Revista Universitária Brasileira. 2023; 1(1): 81–87.



1. Introdução

A alcachofra de Jerusalém (*H. tuberosus* L.) é originária da América do Norte, e acredita-se que seja uma das mais antigas culturas cultivadas no hemisfério Norte. A primeira menção relatada na história sobre o cultivo da alcachofra de Jerusalém foi descrita pelo explorador francês Samuel de Champlain, quando o mesmo descreveu o uso da planta por índios norte-americanos^{1,2}. Por apresentar uma ampla adaptabilidade ecológica, a alcachofra de Jerusalém atualmente está disseminada em todo mundo. Nos Estados Unidos, Canadá, Europa e Ásia ela é cultivada nas mais diversas condições de clima e solo³⁻⁵.

De acordo com a taxonomia hierárquica, a alcachofra de Jerusalém ocupa a seguinte posição sistemática: Reino: Plantae; Divisão: Magnoliophyta; Grupo: Monocotyledoneae; Classe: Magnoliopsida; Ordem: Asterales; Família: Asteraceae (Compositae), a qual contém cerca de 476 gêneros e uma variação de aproximadamente 49 à 70 espécies; Gênero: *Helianthus* L. Espécie: *Helianthus tuberosus* L.².

Morfologicamente, as plantas de alcachofra de Jerusalém possuem sistema radicular fibroso, constituído por raízes adventícias, onde as mesmas são formadas secundariamente através da degeneração da raiz primária e que não se originam a partir da radícula do embrião⁶. Os tubérculos representam os principais propágulos reprodutivos e principal órgão de reserva. Tubérculo do tipo caulinar hipógeo, onde o órgão vegetal encontra-se no solo e apresenta crescimento subterrâneo².

Sua estrutura caulinar pode chegar a três metros ou mais de altura, embora existam híbridos de porte menor⁷. As folhas são caulinares, compostas por um eixo central com ramos e folhas, inicialmente opostas, mas alternando em diferentes distâncias da base. Apresentam folhas de lanceoladas a ovaladas, variando entre espécies. As flores ocorrem isoladas ou em grupos nas extremidades do caule e ramos axilares. Cada inflorescência é composta de pequenas flores tubulares amarelas².

Fisiologicamente, a alcachofra de Jerusalém é uma planta de metabolismo fotossintético do tipo C3. Sob condições não estressantes, folhas expandidas e variações de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFF), elevados valores de fotossíntese, em luz saturante, foram mensurados em suas folhas, chegando a $18 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ⁸.

Os vegetais necessitam de condições ideais para expressar seu mais adequado potencial produtivo. Fatores edafoclimáticos podem causar prejuízos às plantas cultivadas que, consequentemente, não encontram condições favoráveis ao seu desenvolvimento⁹. Em regiões áridas e semiáridas, fatores como estresse hídrico e salino são considerados os principais agravantes no crescimento vegetativo das culturas, comprometendo a produtividade e a qualidade da produção. Nesse contexto, a utilização de espécies vegetais que sejam adaptadas às condições salinas e deficiência hídrica tem grande relevância nestas regiões.

H. tuberosus L. é uma cultura de alto valor econômico, associado a seu principal carboidrato de reserva, a inulina. Sendo assim, essa planta apresenta-se como matéria prima para a obtenção de inulina, oligofrutanos, frutose e etanol. Tolerante ao estresse hídrico e salino, é facilmente cultivada em áreas com excesso de sais e déficit hídrico, não comprometendo seu desenvolvimento, devido a mecanismos adaptativos ao estresse, como os acúmulos de solutos compatíveis e produção de compostos antioxidantes^{4,5}. Portanto, diante das propriedades que a alcachofra de Jerusalém apresenta, o presente artigo de revisão tem como objetivo descrever as potencialidades desta planta quanto à produção de biocombustíveis, utilização em indústrias alimentícias, aplicação em fitorremediação bem como relatar sua capacidade adaptativa em tolerar o estresse abiótico salino.

2. Biorrefinaria

As questões ambientais e o esgotamento dos recursos fósseis levaram a uma maior atenção focada nas fontes renováveis de energia e processos bioquímicos. *H. tuberosus* L. é rica em inulina e oferece uma opção econômica para a produção de bioenergia e produtos bioquímicos. O plantio desta cultura resistente à seca

também pode contribuir para a melhoria da conservação do solo e da água em áreas desertificadas. Os tubérculos de alcachofra de Jerusalém acumulam altos níveis de polissacarídeos (inulina) durante seu crescimento contendo (p/p) 68–83% de frutanos com o componente não polissacarídeo compreendendo 15–16% de proteínas, 13% de fibra insolúvel e 5% de cinzas. O interesse pela alcachofra de Jerusalém como matéria-prima para a produção de biorrefinarias decorre do alto rendimento de tubérculos (até 90 t/ha) resultando em 5 a 14 toneladas de carboidratos/ha e da facilidade de cultivo¹⁰.

A alcachofra de Jerusalém é adequada para a produção de produtos bioenergéticos a granel e uma variedade de produtos químicos intermediários de alto valor agregado, com pequenos investimentos em termos de produtos químicos e energia. A fermentação da *H. tuberosus L* também resulta em uma variedade de subprodutos valiosos, incluindo polpa que pode ser usada como ração animal, concentrados de proteína e fertilizante líquido para culturas. O valor econômico dos subprodutos de ração animal e fertilizantes agrícolas é um fator chave na viabilidade econômica do uso de *H. tuberosus L* como uma cultura energética.

Quando a alcachofra de Jerusalém é usada para fermentação, ela é primeiro convertida em açúcares fermentáveis por hidrólise ácida ou enzimática. A hidrólise ácida é o método original para obter açúcares fermentescíveis a partir de matérias-primas *H. tuberosus L*, usando altas concentrações de ácido em baixas temperaturas ou baixas concentrações de ácido em altas temperaturas. RAZMOVSKI et al. (2011)¹⁰ mostraram que a hidrólise ácida em temperatura mais alta e maior tempo de retenção aumentou a degradação de frutano em frutose. Consequentemente, isso resultou em concentração elevada de 5-hidroximetilfurfural (HMF) que inibe a produção de etanol de *Saccharomyces cerevisiae* em 0,2 g/l.

O potencial da alcachofra de Jerusalém como matéria prima para uso em biorrefinaria vem sendo investigado. Neste sentido, GUNNARSSON et al. (2014)¹¹ investigaram a produtividade de biomassa e composição química de 11 clones diferentes desta planta, colhidos em três ocasiões durante o outono e início do inverno de 2011. Assim, os resultados obtidos pelos autores mostraram que a produção de celulose por hectare foi pelo menos o dobro em comparação com palha de milho, palha de arroz, bagaço de cana e palha de trigo, mostrando alto potencial de produção de bioetanol de alcachofra de Jerusalém. A produtividade da biomassa fresca de tubérculos apresentou grandes variações entre safras, onde a produtividade média máxima em dezembro foi 3,4 vezes maior do que em setembro. O teor de inulina nos tubérculos secos estava entre 76 e 85%. Plantas menos maduras mostraram ter grau de polimerização (DP) de até 14, o que torna a biomassa útil como fibra alimentar, enquanto a DP da inulina em tubérculos colhidos posteriormente tornou-se tão baixa quanto 6, mostrando menor potencial em relação à utilização da planta para fins alimentares. Desta maneira, os resultados obtidos demonstraram claramente que a época de colheita foi um fator importante que afetou a produtividade e composição da biomassa.

A produção de biocombustíveis pode ser diretamente afetada pelas condições metodológicas do bioprocessamento, além da capacidade produtiva da planta. Neste sentido, um estudo analisou os tubérculos e talos da alcachofra de Jerusalém como um potencial bioenergético avaliando as eficiências dos pré-tratamentos químicos (usando álcali ou ácido) no bioprocessamento consolidado para a produção de bioetanol pela fermentação realizada pelo fungo *Kluyveromyces marxianus*. Embora o teor de celulose, a deslignificação e a eficiência da hidrólise enzimática dos talos pré-tratados foram aumentados mais efetivamente pelo tratamento com NaOH do que pelo tratamento com H₂SO₄ diluído, a perda de peso foi maior durante o pré-tratamento alcalino. Além disso, grandes volumes de água foram necessários para lavar a biomassa tratada com álcali. Portanto, os autores realizaram o bioprocessamento consolidado usando os talos pré-tratado com ácido diluído e o tubérculo moído. A fermentação de caules e tubérculos pré-tratados por *K. marxianus* sem suplementação de nutrientes ocorreu de forma aceitável. O rendimento de etanol foi de 0,252 g de etanol por g de biomassa seca, ou 0,32 g de etanol por g de açúcares fermentáveis, com uma taxa de conversão de açúcar fermentável de 60%¹².

3. Aplicação Alimentícia

Estudos têm investigado o uso da alcachofra de Jerusalém na dieta animal e humana. As contribuições nutricionais do forrageamento ao ar livre, crescimento, conversão alimentar e comportamento foram investigados em 36 suínos em crescimento forrageando a planta supracitada e alimentados com concentrados restritos (30% das recomendações energéticas) ou *ad libitum*. Em comparação com os porcos alimentados *ad libitum*, os porcos alimentados de forma restrita tiveram um ganho diário significativamente menor, taxa de conversão alimentar melhorada e gasto mais tempo forrageando tubérculos da planta. Estima-se que suínos alimentados de forma restrita encontraram aproximadamente 60% de sua necessidade energética de forrageamento na área de pastagem¹³.

H. tuberosus L. recentemente atraiu interesse como uma forma barata de biomassa. Como alimento, os tubérculos da planta possuem sabor característico e ingredientes funcionais. Por conveniência de consumo e para evitar a degradação da fração de alto peso molecular da inulina, o estudo examinou métodos de preparação de batata chips de tubérculos secos. As batatas fritas continham inulina, outras fibras alimentares e uma pequena quantidade de polifenol. A alta atividade da polifenol oxidase em tubérculos crus sugeriu que o branqueamento por mais de 2 minutos seria necessário para manter a palidez dos tubérculos durante a secagem. Os tubérculos secos tiveram considerável capacidade de retenção de água em baixas temperaturas e atividade de redução de viscosidade na pasta de amido de batata durante o aquecimento. Esses resultados sugeriram que os tubérculos de alcachofra de Jerusalém podem ser mais amplamente utilizados na indústria alimentícia como modificador funcional de outros materiais¹⁴.

Assim como mencionado anteriormente como possível aplicação como modificador funcional de alimentos, OZER (2019)¹⁵ investigou os efeitos do pó de alcachofra de Jerusalém (JAP) na qualidade e estabilidade de armazenamento de salsicha fermentada. Para tanto, houve a substituição da gordura bovina adicionada por JAP durante a fabricação das salsichas. A substituição da gordura bovina por JAP resultou em diminuição significativa na oxidação lipídica e aumento no teor de umidade e proteína nas salsichas durante a fermentação e armazenamento. A adição de JAP diminuiu os valores de dureza e aumentou a adesividade. Assim, o uso do pó dessa planta estimula o desenvolvimento de bactérias lácticas e afetou positivamente suas contagens durante a fermentação. Assim, o trabalho concluiu que os fabricantes de produtos de carne devem considerar a substituição da gordura da carne bovina por até 25% de pó de alcachofra de Jerusalém na produção de salsichas fermentadas com baixo teor de gordura para aumentar os efeitos nutricionais positivos, como menor teor de gordura e energia da carne e rica fibra dietética e melhorar a vida útil da salsicha.

4. Fitorremediação

A versatilidade do uso biotecnológico da alcachofra de Jerusalém também inclui sua capacidade de fitorremediação, isto é, utilizar esta planta para reduzir a contaminação ambiental por elementos químicos considerados tóxicos. Por exemplo, CHEN et al. (2011)¹⁶ testaram duas cultivares de alcachofra de Jerusalém, N2 e N5, as quais foram submetidas a seis concentrações de cádmio (Cd) (0, 5, 25, 50, 100 e 200 mg L⁻¹) para investigar a tolerância e acúmulo de Cd. Após 21 dias de crescimento, foram avaliados os efeitos do Cd no crescimento, teor de clorofila, taxa fotossintética líquida, concentração de CO₂ intercelular e teor de malondialdeído. A maioria dos parâmetros de crescimento foram reduzidos sob estresse por Cd. As duas cultivares apresentaram tolerância e capacidade de acúmulo relativamente alta de Cd (> 100 mg kg⁻¹), sendo N5 mais tolerante e com maior acúmulo de Cd do que N2. As raízes acumulam mais Cd do que caules e folhas. Desta maneira, os resultados obtidos pelos autores sugeriram que a alcachofra de Jerusalém pode ser cultivada em cargas relativamente altas de Cd, e o N5 pode ser um excelente candidato para fitorremediação de solos contaminados com Cd.

O potencial de fitorremediação da alcachofra de Jerusalém vem sendo investigado frente a outros

elementos químico também considerados contaminantes ambientes. Assim, LV et al. (2018)¹⁷ avaliaram os efeitos do estresse por mercúrio no crescimento, fotossíntese e acúmulo de mercúrio em diferentes cultivares de da alcachofra de Jerusalém, e selecionaram cultivares apropriadas quanto à sua eficácia na fitorremediação de solo contaminado por mercúrio (Hg^{2+}). As cultivares LZJ033 (alto teor de biomassa e nutrientes acima do solo e forte reprodução sexuada) e LZJ119 (longo período de crescimento vegetativo) exibiram mais tolerância ao estresse por mercúrio do que LZJ047 (maior produção de tubérculos e teor total de açúcar).

As linhagens LZJ119 e LZJ047 apresentaram atrasos no tempo de emergência de cerca de quatro semanas, e LZJ047 apresentou a maior taxa de mortalidade, 85,19%, sob tratamento com 10 mg kg⁻¹ de mercúrio. A taxa fotossintética líquida e o teor de clorofila, por exemplo, diminuíram em resposta ao estresse por mercúrio. O diâmetro do caule, a biomassa do caule e a taxa fotossintética da alcachofra de Jerusalém mostraram alguns aumentos modestos em resposta ao estresse por mercúrio. No geral, LZJ119 produziu mais biomassa sob estresse de mercúrio, enquanto LZJ033 exibiu uma maior capacidade de bioacumulação de mercúrio. Consequentemente, LZJ119 pode ser um bom candidato para uso em casos de contaminação moderada a baixa por mercúrio, enquanto LZJ033 pode ser um candidato melhor sob condições de alta contaminação por mercúrio. Além disso, os autores verificaram que quando a alcachofra de Jerusalém foi cultivada em solo contaminado com mercúrio, ela não apenas removeu o mercúrio do solo, mas também produziu grandes quantidades de tubérculos e brotos que poderiam ser usados como matéria-prima para a produção de bioetanol.

5. Estresse Salino

Os estresses abióticos têm se constituído em umas das principais limitações impostas às culturas agrícolas, que consequentemente vem provocando reduções no seu potencial produtivo. A utilização de fontes hídricas alternativas (salinas ou residuárias), tem se tornado uma prática viável para fornecimento de água na agricultura, perante a forte escassez hídrica no semiárido. Entretanto, informações sobre estratégias de manejo desses recursos e culturas alternativas com adaptabilidade a águas salinas são escassas. Devido a isso, impactos ambientais podem ser intensificados, degradando o solo através da sua salinização. Associado a essas condições, a maioria das plantas desenvolveram mecanismos de tolerância, a esses processos considerados ofensivos para o seu melhor desenvolvimento.

A espécie *H. tuberosus* L. é uma cultura cultivada em regiões semiáridas do mundo, tem-se mostrado uma cultura adaptada a ambientes salinizados e de seca. Alguns estudos mostram que fisiologicamente, plantas de Jerusalém Batateiro podem tolerar o excesso de sais através de diversos mecanismos adaptativos ao estresse, como o ajustamento osmótico, a seletividade na absorção de íons e a capacidade de produzir compostos antioxidantes. Assim, trabalhos ressaltam uma maior concentração de sais na parte aérea da planta^{3,4}.

O estudo de LONG et al. (2010)³ mostrou as mudanças fisiológicas de duas cultivares de alcachofra de Jerusalém (*H. tuberosus*), na qual eles chamaram N1 para a sexta geração cultivada com 75% de irrigação com água do mar por seis anos e N7 se referia à uma variedade geral, os experimentos foram conduzidos sob diferentes concentrações (0%, 10% e 25% de concentração de água do mar em casa de vegetação e 0%, 30% e 50% de concentração de água do mar no campo) de estresse salino da água do mar. No experimento em casa de vegetação, houve diminuição da taxa de crescimento seco, mas aumento da porcentagem de matéria seca e lesão de membrana ocorreu em ambos os genótipos nos tratamentos com água do mar de 10% e 25%, embora menor dano da membrana celular tenha sido observado em N1 do que N7. N1 acumulou maiores teores de Na^+ , Cl^- , açúcar solúvel e prolina nas folhas em comparação com N7. No experimento de campo, os rendimentos de parte aérea, raiz e tubérculo e os teores de açúcar total e inulina nos tubérculos de N1 foram superiores aos de N7. O menor grau de lesão salina em N1 indicou que a cultivar relativamente tolerante ao sal apresentou maior razão K^+/Na^+ , menor razão Na^+/Ca^{2+} e o aumento do ajuste osmótico induzido pelo sal.

Geng-Mao et al. (2006)¹⁸ testaram o efeito do efluente de aquacultura salino no crescimento da

alcachofra de Jerusalém e propriedades do solo na região de Laizhou, província de Shandong, China. Neste trabalho, os autores realizaram seis tratamentos: CK1 (sequeiro), CK2 (irrigado com água doce) e 4 tratamentos de efluente de aquicultura salina misturado com água salobra subterrânea em diferentes proporções de 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4 (v/v). Assim, os mesmos concluíram que a evapotranspiração acumulada para os tratamentos de irrigação e não irrigação de efluentes de aquicultura salina foi menor do que para o tratamento de irrigação de água doce.

Enquanto a condutividade elétrica do solo foi maior com relação ao tratamento de irrigação de efluentes de aquicultura salina em comparação com os outros tratamentos não-salino. Além disso, a largura do caule e a biomassa da raiz da planta foram aumentadas nos tratamentos de 1:3 e 1:4, além disso houve um maior rendimento de tubérculos. Portanto, este estudo demonstrou que o efluente da aquicultura salina pode ser usado com sucesso para irrigar a alcachofra de Jerusalém com maior rendimento de tubérculos e remoção de nutrientes.

6. Conclusão

A alcachofra de Jerusalém é de interesse específico devido ao seu alto teor de inulina e proteína nos tubérculos. Essa planta inteira pode representar uma fonte de carboidrato e nitrogênio para fermentação de bioetanol sem necessidade de adição de nutrientes suplementares. Os tubérculos de alcachofra de Jerusalém podem ser utilizados na indústria alimentícia modificando a composição de alimentos para melhorar sua estabilidade e conservação. A

planta pode acumular metais pesados considerados contaminantes ambientais sem sofrer danos a sua fisiologia e, assim, ter aplicação para fitorremediação. A Alcachofra de Jerusalém é capaz de apresentar bons rendimentos na produção de tubérculos e não sofrer em seu crescimento quando cultivada em solos com elevada salinidade.

Todas as propriedades biológicas e potencialidades para aplicações industriais, faz-se necessário realizar mais estudos que possam aumentar a comercialização da alcachofra de Jerusalém e sua rentabilidade para fins biotecnológicos. Além disso, ficou claro que a salinidade não é um fator estressante para o cultivo desta planta uma vez que essa característica em solos pode ser considerado um estresse abiótico para outras plantas.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pesquisa (WFO). Ademais, o Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA) também é reconhecido pelo suporte para o desenvolvimento.

8. Referências

1. Bourne AT. The Voyages and Explorations of Samuel de Champlain (1604–1616). A. S. Barnes Co., New York; 1906. p. 308.
2. KAYS, S. J, NOTTINGHAM, S. F. 2008. Biology and chemistry of the Jerusalem Artichoke: *Helianthus tuberosus* L. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press; 2008. p. 498.
3. Long XH, Huang ZR, Huang YL, Kang J, Zhang ZH, Liu ZP. Response of two Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) cultivars differing in tolerance to salt treatment. *Pedosphere* 2010;20(4):515-524.
4. Dias NS, Ferreira, JFS, Liu X, Suarez DL. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*, L.) maintains high inulin, tuber yield, and antioxidant capacity under moderately-saline irrigation waters. *Industrial Crops and*

Products 2016;94:1009-1024.

5. Bhagia S, Akinosho H, Ferreira J, Ragauskas A. Biofuel production from Jerusalem artichoke tuber inulins: a review. *Biofuel Research Journal, Saint John* 2017;4(2):587-599.
6. Alla NA, Domokos-Szabolcsy É, El-Ramady H, Hodossi S, Fári M, Ragab M, Taha H. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): A review of in vivo and in vitro propagation. *International Journal of Horticultural Science* 2014;20(3-4):131-136.
7. Zubr J, Pedersen HS. Characteristics of growth and development of different Jerusalem artichoke cultivars, in Inulin and Inulin-Containing Crops. *Studies in Plant Science* 1993 3:11-19.
8. Saengthongpinit W, Sajjaanantakul T. Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *Postharvest Biology and Technology* 2005;37(1):93-100.
9. Acosta-Motos JR, Ortuño MF, Bernal-Vicente A, Diaz Vivancos P, Sanchez-Blanco MJ, Hernandez JA. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy* 2017;7(1):18.
10. Razmovski RN, Sciban MB, Vucurovic VM. Bioethanol production from Jerusalem artichoke by acid hydrolysis. *Roman. Biotechnol. Lett.* 2011;(16):6497–6503.
11. Gunnarsson IB, Svensson S-E, Johansson E, Karakashev D, Angelidaki I. Potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a biorefinery crop. *Industrial Crops and Products* 2014;56:231-240.
12. Kim S, Kim, CH. Evaluation of whole Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for consolidated bioprocessing ethanol production. *Renewable Energy* 2014;(65):83-91
13. Kongsted AG, Horsted K, Hermansen JE. Free-range pigs foraging on Jerusalem artichokes (*Helianthus tuberosus* L.) – Effect of feeding strategy on growth, feed conversion and animal behaviour. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 2013;63(2):76-83.
14. Takeuchi J, Nagashima T. Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties. *Food Chemistry* 2011;126(3):922-926.
15. ÖZER CO. Utilization of Jerusalem artichoke powder in production of low-fat and fat-free fermented sausage. *Ital. J. Food Sci.* 2019;31(2):301-310.
16. CHEN L, LONG X-H, ZHANG Z-H, ZHENG X-T, RENGEL Z, LIU Z-P. Cadmium Accumulation and Translocation in Two Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Cultivars. *Pedosphere* 2011;21(5):573-580.
17. Lv S, Yang B, Kou Y, Zeng J, Wang R, Xiao Y, Li F, Lu Y, Mu Y, Zhao C. 2018. Assessing the difference of tolerance and phytoremediation potential in mercury contaminated soil of a non-food energy crop, *Helianthus tuberosus* L. (Jerusalem artichoke). *PeerJ* 2018;6:e4325
18. Geng-Mao Z, Zhao-Pu L, Ming-Da C, Wei-Feng K. Effect of Saline Aquaculture Effluent on Salt-Tolerant Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in a Semi-Arid Coastal Area of China. *Pedosphere* 2006;16(6):762-769.