

Métodos de extração, composição e atividade biológica dos polissacarídeos de *Arctium lappa* L. – Short review

Extraction methods, composition and biological activity of polysaccharides from *Arctium lappa* L. – Short review

Métodos de extracción, composición y actividad biológica de los polisacáridos de *Arctium lappa* L. - Short review

Recebido: 02/12/2021 | Revisado: 11/12/2021 | Aceito: 14/12/2021 | Publicado: 21/12/2021

Annecler Rech de Marins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8395-6726>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: anneclermarins@gmail.com

Talita Aparecida Ferreira de Campos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003--2236-3913>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: Talita.tc29@gmail.com

Raquel Guttierres Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2420-5134>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: rggomes@uem.br

Andresa Carla Feihmann

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2389-0467>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: andresafeihmann@gmail.com

Ivanor Nunes do Prado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1058-7020>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: inprado@uem.br

Resumo

Desde o final do século XX a população exhibe preocupações relacionadas com a saúde, surgindo então uma tendência pela busca de alimentos mais saudáveis com foco nos alimentos funcionais. Pesquisas tem destacado ingredientes que quando incorporados ao alimento o tornam funcional, aliado aos benefícios dessa aplicação nas características do produto final. Os polissacarídeos são exemplos de ingredientes funcionais e que podem colaborar com a textura dos produtos alimentícios, uma vez que demonstram bons efeitos emulsificantes e espessantes. Os polissacarídeos da bardana (ALPS), uma planta perene que possui um alto valor medicinal, foram avaliados em alguns estudos quanto ao seu potencial como ingrediente benéfico para a saúde, porém poucos estudos avaliam sua funcionalidade para futuras aplicações como espessante. Assim essa revisão teve como objetivo apresentar os diferentes métodos de extração, a composição dos monossacarídeos, as características estruturais e atividades biológicas de ALPS com o intuito de fornecer informações de forma condensada para definição de estudos futuros.

Palavras-chave: *Arctium lappa* L.; Polissacarídeos; Característica estrutural; Atividade biológica.

Abstract

Since the end of the 20th century, the population exhibits health-related concerns, resulting in a trend towards the search for healthier foods with a focus on functional foods. Research has highlighted ingredients that when incorporated into the food make it functional, together with the benefits of this application in the characteristics of the final product. Polysaccharides are examples of functional ingredients that can collaborate with the texture of food products, as they demonstrate good emulsifying and thickening effects. Burdock polysaccharides (ALPS), a perennial plant that has a high medicinal value, have been evaluated in some studies for their potential as a beneficial ingredient for health, but few studies have evaluated their functionality for future applications as a thickener. Thus, this review aimed to present the different extraction methods, the composition of monosaccharides, the structural characteristics and biological activities of ALPS in order to provide information in a condensed way for future studies.

Keywords: *Arctium lappa* L.; Polysaccharides; Structural feature; Biological activity.

Resumen

Desde finales del siglo XX, la población presenta preocupaciones relacionadas con la salud, lo que se traduce en una tendencia hacia la búsqueda de alimentos más saludables con un enfoque en alimentos funcionales. Las investigaciones han destacado ingredientes que al ser incorporados al alimento lo hacen funcional, junto con los beneficios de esta aplicación en las características del producto final. Los polisacáridos son ejemplos de ingredientes funcionales que pueden colaborar con la textura de los productos alimenticios, ya que demuestran buenos efectos emulsionantes y espesantes. Los polisacáridos de bardana (ALPS), una planta perenne que tiene un alto valor medicinal, han sido evaluados en algunos estudios por su potencial como ingrediente beneficioso para la salud, pero pocos estudios han evaluado su funcionalidad para futuras aplicaciones como espesante. Así, esta revisión tuvo como objetivo presentar los diferentes métodos de extracción, la composición de los monosacáridos, las características estructurales y actividades biológicas de ALPS con el fin de proporcionar información de forma condensada para futuros estudios.

Palabras clave: *Arctium lappa* L.; Polisacáridos; Característica estructural; Actividad biológica.

1. Introdução

Desde o início da civilização humana, as plantas têm sido utilizadas para fins terapêuticos. No final do século XX com o enriquecimento da maioria da população dos países desenvolvidos, juntamente com preocupações relacionadas à saúde surgiu a busca por alimentos denominados de alimentos funcionais ou nutracêuticos, visando um envelhecimento saudável (Chan et al., 2011; Souza et al., 2021). Como consequência se torna interessante pesquisa sobre ingredientes que quando incorporados ao alimento o tornam funcional, aliado aos benefícios dessa aplicação nas características do produto final. Nesse sentido, destacam-se os polissacarídeos de origem vegetal, que são biopolímeros naturais, apresentam atividades biológicas e estão amplamente distribuídos nas células das plantas, e que também demonstram bons efeitos emulsificantes e espessantes. Podem ser aplicados como estabilizantes em produtos emulsionados, o que os torna um atrativo para a indústria de alimentos por serem um recurso natural (Chen et al., 2021; Shao et al., 2020).

Arctium lappa L., comumente conhecida como bardana, é uma planta perene que pertence à família Asteraceae e se encontra cultivada em diversos países. Possui composição rica em nutrientes, porém o que chama mais a atenção é o valor medicinal com destaque a tratamento de infecções, problemas de pele e dores de garganta, onde utilizam a raiz seca ou seus extratos (Chan et al., 2011; Zhang et al., 2019). Além dos polifenóis, do ácido clorogênico, proteínas, vitaminas, aminoácidos, minerais e ácidos graxos insaturados que compõe a bardana os polissacarídeos se destacam como maiores componentes, sendo relacionados com os efeitos benéficos à saúde (Chang et al., 2009; Zhang et al., 2019).

Estudos avaliaram a capacidade anti-inflamatória dos polissacarídeos da *Arctium lappa* L. (ALPS) (Zhang et al., 2019; Zhang et al., 2020), além da atividade antioxidante e manutenção da microbiota intestinal (Jiang et al., 2019; Wang et al., 2019; Zhang et al., 2019). Li et al. (2019) ao realizar extração de um heteropolissacarídeo da raiz da bardana observou que esse componente apresentou propriedades elásticas, sendo considerado um fluido pseudoplástico, além disso foi observada uma forte atividade anti-constipação in vivo.

Em resumo, perante as pesquisas que demonstram as atividades benéficas dos ALPS, assim como poucos estudos que avaliam sua capacidade de aplicação, se torna importante uma referência científica para a extração e utilização de ALPS. Assim, o objetivo dessa revisão foi apontar alguns métodos de extração, a composição monossacarídeo, as características estruturais e atividades biológicas de ALPS, para que essas informações de forma condensada facilitem a definição de estudos futuros. Para a realização dessa revisão uma pesquisa bibliográfica abrangente foi realizada utilizando as palavras-chave “*Arctium lappa* L.” e “polissacarídeo”, sendo utilizados artigos das principais bases de dados científicas.

2. Metodologia

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa (Souza et al., 2017) das bases de dados Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Direct-Elsevier, SciVerse Scopus e PubMed sobre os polissacarídeos da *Arctium*

lappa L. Foram analisados trabalhos que abordavam os métodos de extração, a composição de monossacarídeos, as características estruturais e atividade biológica dos ALPS, sendo que os estudos foram escolhidos por meio da análise dos títulos, revisões e respectivos resumos. Foram descartadas as publicações repetidas e artigos não relevantes. Os descritores utilizados foram: *Arctium lappa* L. e polissacarídeos, empregando estes termos em inglês.

Quadro 1. Artigos relacionados aos polissacarídeos da Bardana nas bases de dados utilizadas nesse estudo.

| Palavra-chave | Capes | Direct-Elsevier | SciVerse Scopus | PubMed | Total |
|--|-------|-----------------|-----------------|--------|-------|
| <i>Arctium lappa</i> L. polissacarídeos | 10 | 8 | 21 | 27 | 66 |

Fonte: Autores.

3. Extração de Polissacarídeos da Bardana

Os polissacarídeos são macromoléculas compostas por um grande número de resíduos de monossacarídeos e são ligados uns aos outros por ligações glicosídicas (Delattre et al., 2011). A literatura aponta que foram estudados os parâmetros para extrações dos polissacarídeos brutos ou isolados da bardana, avaliando a melhor proporção solvente:amostra e o binômio tempo e temperatura ideal. Para tanto foram utilizados diferentes métodos de extração como o convencional, uso de refluxo, ultrassom, micro-ondas e uso de enzimas. Além dos fatores já apontados utilizados para a extração, também foram levados em consideração na escolha das melhores condições e metodologias, a degradação dos polissacarídeos que consiste na perda de peso molecular, perda de atividade biológica, entre outros. Dentre os vários métodos utilizados para realizar a extração de ALPS de *Arctium lappa* L. (Tabela 1), o mais comum é a extração convencional que utiliza a água quente como solvente.

3.1 Extração convencional e com refluxo

A extração convencional é uma das mais utilizadas, sendo aplicada até os dias atuais (Li et al., 2021; Shanshan et al., 2021); porém, apesar de ser considerada fácil é ineficiente quando comparada com outros métodos (Shen et al., 2021). Nesse tipo de extração o solvente mais utilizado é a água, e a proporção entre amostra e solvente varia desde diluições baixas até bem altas como na ordem de 1:40. Outra grande variação nesse tipo de extração é o tempo aplicado (Tabela 1). Milani et al. (2011) ao extraírem inulina das raízes de bardana realizaram uma comparação do método convencional com a extração por ultrassom e observaram que o rendimento foi 49,38% melhor quando utilizado ao ultrassom.

Tabela 1. Métodos de extração de polissacarídeos brutos ou isolados da *Arctium lappa* L.

| Fresca/Seca | Método de extração | Proporção amostra: solvente (p:v) | Temperatura (°C) | Tempo | Número extrações | Processo de separação | Rendimento | Referências |
|-------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------------|----------------|-----------------------------|
| Seca | Refluxo | 1:20 | 100 | 1h | 3 | Acetona | 12,4% | Olennikov & Tankhaev (2011) |
| Seca | Convencional | 1:5 | 80 | 2h | 3 | Etanol | n.i. | Fu (2009) |
| Fresca | Micro-ondas/ Ultrassom | 1:15 | n.i. | 60s | 1 | Filtração | 9,9% | Lou et al. (2009) |
| Fresca | 70% etanol Refluxo | 1:20 | 25 85 | 72h 3h | 1 | Filtração | 8,21% 9,87% | Lee et al. (2010) |
| Seca | Convencional Ultrassom | 1:15 | 68,5 36,7 | 40min 25min | 1 | Centrifugação | 12,3% 24,3% | Milani et al. (2011) |
| Seca | Ultrassom | 1:30 | 80 | 30min | 3 | Etanol | 8,6% | D'yakova et al. (2015) |
| Seca | Convencional | n.i.* | 80 | 2h | 1 | Resinas macroporosas | 4,4% | Wang et al. (2019) |
| Fresca | Enzimático | | 50 | 8h | 1 | Filtração | 3,7% | Tian et al. (2019) |
| Seca | Ultrassom | 1:31 | 50 | 83min | 1 | Etanol | 8,2% | Jiang et al. (2019) |
| Seca | Convencional | 1:40 | 85 | n.i. | 2 | Etanol | 1,75% | Li et al. (2019) |
| Seca | Convencional | 1:10 | n.i. | 1,5h | 2 | Etanol | 4,6% | Li et al. (2021) |
| Seca | Convencional | 1:20 | 100 | 5h | 1 | Etanol | n.i. | Shanshan et al. (2021) |
| Seca | Ultrassom | 1:35 | 55,4 | 36,6min | 1 | Centrifugação | 12,46% | Esmaeili et al. (2021) |

*n.i.: não informado. Fonte: Autores.

A metodologia com refluxo ocorre da mesma forma que a convencional, com a diferença que evita que o extrato seja perdido durante o aquecimento. Lee et al. (2010) obtiveram um rendimento maior ao usar o refluxo ao invés de extração com etanol 70%, além do que o tempo com o refluxo (3h), é bem menor quando comparado a extração com solvente (72h).

3.2 Extração ultrassônica e por micro-ondas

O ultrassom usa a cavitação para realizar a intensa mistura física e não gera energia térmica, enquanto os micro-ondas fornecem aquecimento rápido; porém, não distribui o calor de forma homogênea. Assim, a combinação dessas duas técnicas leva à uma complementação, fazendo com que suas limitações sejam supridas, acelerando o processo de extração (Lianfu & Zelong, 2008; Martinez-Guerra & Gude, 2014).

Lou et al. (2009) ao combinarem as técnicas de ultrassom e micro-ondas para obtenção de inulina, o rendimento foi de 9,9% do polissacarídeo em 60 segundos de extração. Já Jiang et al. (2019) ao adotarem a técnica de ultrassom obtiveram frações polissacarídicas compostas de manose, glicose, frutose e galactose com um rendimento de 8,2%, em um tempo de 82 vezes maior de extração. Esmaeili et al. (2021) realizaram a recuperação de 12,46% de inulina do extrato da raiz de *Arctium lappa* L., no entanto foi necessário um tempo de 36,6 minutos para a extração utilizando somente o ultrassom.

3.3 Extração enzimática

O uso de enzimas possui algumas vantagens tais como: não necessita do uso de solventes e altas temperaturas, sendo o rendimento alto e o processo muito eficiente, além de alta especificidade e preservação das atividades biológicas (Fournière et al., 2021; Li et al., 2022). Tian et al. (2019) afirmaram que um processo enzimático altamente eficiente pode ser dividido nas seguintes etapas: a) inativação da enzima endógena; b) pré-tratamento com tanase; c) tratamentos simultâneos com endo-inulinase e outras três glicosidases. Nesse estudo utilizando enzimas para o processo de extração o rendimento foi de 3,7% de frutanos.

4. Composição de Monossacarídeos

A determinação da composição dos polissacarídeos pode ser realizada pela sua hidrólise em monossacarídeos e posterior detecção desses monossacarídeos e os derivados que foram liberados, (D. Liu et al., 2021). Nos estudos dos ALPS as técnicas mais utilizadas para essa determinação são a cromatografia gasosa e a cromatografia líquida de alta eficiência. Os estudos que realizam a extração de polissacarídeos brutos ou porções de polissacarídeos da bardana encontram na composição dos ALPS, em sua maioria, frutose, glicose, galactose, manose, arabinose e ramnose (Jiang et al., 2019; Li et al., 2021; Wang et al., 2019).

Zhang et al. (2020) ao extraírem e purificarem um ALPS solúvel em álcali observaram que esse heteropolissacarídeo era composto por ramnose, arabinose, xilose, glicose e galactose em uma razão molar de 1,2: 4,4: 0,9: 0,9: 2,6, sendo a arabinose o monossacarídeo principal. Carlotto et al. (2016) ao avaliarem a estrutura química e atividade biológica de ALPS obtiveram como composição principalmente arabinose (7,5%) e galactose (12,8%) como monossacarídeos neutros, além de ácidos urônicos (21,0%). Já o frutano de bardana isolado e purificado por Fu (2009) apresentou em sua composição frutose e glicose na razão molar de 14:1.

5. Características Estruturais

O peso molecular influencia na viscosidade do componente, pois a viscosidade de uma solução com estrutura altamente ramificada é geralmente menor do que moléculas lineares com o mesmo peso molecular, assim quanto maior o peso molecular melhor as propriedades reológicas (Chen et al., 2021; Ma et al., 2018).

Jiang et al. (2019) encontraram diferentes peso moleculares para diferentes frações de polissacarídeos (60.000 Da, 178.000 Da e 218.000 Da) no processo de extração com ultrassom. Uma possível explicação para isso é que os polissacarídeos são geralmente extraídos com água quente devido a solubilidade em água e precipitados com etanol pela insolubilidade com esse solvente, portanto, frações com diferentes tamanhos moleculares médios podem ser obtidas se utilizadas diferentes concentrações de etanol na precipitação. Outros estudos também apresentam pesos moleculares variados de ALPS, desde 4072 Da, 5120 Da, até valores mais altos e próximos aos encontrados por Jiang et al. (2019), como 120.000 Da (Li et al., 2019; Wang et al., 2019; Zhang et al., 2020).

O processo de extração também influencia na estrutura dos ALPS. Lou et al. (2009) observaram que houve mais destruição na microestrutura da raiz da bardana ao usar o processo ultrassom/micro-ondas, uma vez que nessa extração se aplica a cavitação por agitação intensa do ultrassom juntamente com o aquecimento e expansão do micro-ondas. Assim ocorre a ruptura das paredes celulares e a migração de compostos para fora das células, causando mais danos à parede celular em comparação com a extração convencional.

Características reológicas encontradas por Li et al. (2019) ao extrair pectina da raiz de *Arctium lappa* L. (ALP-2) utilizando a extração convencional, demonstraram que com o aumento da concentração de ALP-2 a viscosidade sofre um aumento. Outro destaque foi que apresentou menor viscosidade em altas temperaturas e em valores baixos de pH (2). Em altas frequências apresentou comportamento elástico e em baixas frequências comportamento viscoso. Esse tipo de produto pode ser utilizado pela indústria de alimentos com o apelo funcional, e também devido a característica espessante atuar na viscosidade de alimentos.

6. Atividades Biológicas

A atividade antitussiva, que se refere a alguns tipos de fármacos utilizados no reflexo da tosse, foi observada em inulina e polissacarídeos brutos de *Arctium lappa* L. (Tabela 2). Esse tipo de inulina mostrou-se ser igualmente ativa para o tratamento de tosse, como algumas preparações sintéticas não narcóticas usadas na prática clínica (Kardošová et al., 2003; Sutovska et al., 2007). A atividade prebiótica in-vivo da inulina de bardana também foi avaliada, sendo observada que as propriedades prebióticas da mesma podem promover a saúde, uma vez que a modulação da flora intestinal por oligossacarídeos prebióticos aumentam os níveis de probióticos, que são bactérias intestinais benéficas (Li et al., 2008).

A aterosclerose é uma condição geralmente observada em pacientes diabéticos, que pode levar a complicações com risco de vida, assim Chen et al. (2020) e Li et al. (2019) avaliaram os efeitos regulatórios de polissacarídeos extraídos de *Arctium lappa* L. sobre o metabolismo lipídico em ratos com diabetes tipo 1 e tipo 2. Os ALPS foram capazes de regular eficazmente o metabolismo lipídico reduzindo o risco da ocorrência desse distúrbio.

Tabela 2. Atividades biológicas de diferentes tipos de polissacarídeos da *Arctium lappa* L.

| Porção | Tipo extração | Tipo ALPS | Atividade | Referências |
|--------|---------------|-------------------------|--|-------------------------|
| Raízes | Convencional | Inulina | Antitússica e Imunológica | Kardošová et al. (2003) |
| n.i. | n.i.* | Polissacarídeos | Antitússica | Sutovska et al. (2007) |
| Raízes | Convencional | Inulina | Prebiótica | Li et al. (2008) |
| Folhas | Convencional | Frações Polissacarídeos | Anti-edematogênica | Carlotto et al., (2016) |
| Raízes | Ultrassom | Frações Polissacarídeos | Antioxidante | Jiang et al. (2019) |
| n.i. | Convencional | Fração Polissacarídeos | Anti-inflamatória | Wang et al. (2019) |
| Raízes | Convencional | Pectina | Anti-constipação | Li et al. (2019) |
| Raízes | Convencional | Polissacarídeos | Antioxidante e regulação do metabolismo lipídico | Li et al. (2019) |
| Raízes | Convencional | Polissacarídeos | Regulação metabolismo lipídico | Chen et al. (2020) |
| Raízes | Convencional | Polissacarídeos | Anti-inflamatória | Zhang et al. (2020) |
| Raízes | Convencional | Frações Polissacarídeos | Antioxidante | Li et al. (2021) |
| Raízes | Convencional | Polissacarídeos | Imunológica | Liu et al. (2021) |

* n.i.: não informado. Fonte: Autores.

Li et al. (2021) avaliaram a capacidade antioxidante de frações do polissacarídeo bruto da bardana (ALP-1, ALP-2, ALP-3, ALP-4), e encontraram informações que destacaram seu potencial para atuarem como antioxidantes em alimentos, como a alta capacidade antioxidante no modelo de célula HepG2 induzida por H₂O₂ e no modelo de peixe-zebra induzido por MET, além dos efeitos de alívio superiores no dano oxidativo que ocorreram em ALP-4 in vitro e ALP-1 in vivo.

7. Conclusão

Diversos estudos apontam a importância dos componentes presentes na *Arctium lappa* L. como foco na funcionalidade, devido a presença de antioxidantes, capacidade prebiótica e também a capacidade espessante. Concluímos então que uma revisão dos diferentes tipos de extração que podem ser adotados, bem como a apresentação das propriedades estruturais dos ALPS e da atividade biológica pode ser vantajoso para pesquisas futuras de modo a facilitar a escolha do método a ser adotado no processo de extração. Sugere-se que futuros estudos analisem essas funcionalidades dos polissacarídeos da bardana em conjunto, afim de identificar as melhores opções de aplicação, aumentando o uso dessa raiz e o uso de ingredientes naturais.

Referências

- Carlotto, J., Souza, L. M., Baggio, C. H., Werner, M. F. de P., Maria-Ferreira, D., Sasaki, G. L., Iacomini, M., & Cipriani, T. R. (2016). Polysaccharides from *Arctium lappa* L.: Chemical structure and biological activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, *91*, 954–960. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.06.033>.
- Chan, Y.-S., Cheng, L.-N., Wu, J.-H., Chan, E., Kwan, Y.-W., Lee, S. M.-Y., Leung, G. P.-H., Yu, P. H.-F., & Chan, S.-W. (2011). A review of the pharmacological effects of *Arctium lappa* (burdock). *Inflammopharmacology*, *19*(5), 245–254. <https://doi.org/10.1007/s10787-010-0062-4>.
- Chang, H.-J., Huang, W.-T., Tsao, D.-A., Huang, K.-M., Lee, S.-C., Lin, S.-R., Yang, S.-C., & Yeh, C.-S. (2009). Identification and authentication of burdock (*Arctium lappa* Linn) using PCR sequencing. *Fooyin Journal of Health Sciences*, *1*(1), 28–32. [https://doi.org/10.1016/S1877-8607\(09\)60005-9](https://doi.org/10.1016/S1877-8607(09)60005-9).
- Chen, H., Zeng, J., Wang, B., Cheng, Z., Xu, J., Gao, W., & Chen, K. (2021). Structural characterization and antioxidant activities of Bletilla striata polysaccharide extracted by different methods. *Carbohydrate Polymers*, *266*, 118149. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118149>.
- Chen, M., Xu, J., Wang, Y., Wang, Z., Guo, L., Li, X., & Huang, L. (2020). *Arctium lappa* L. polysaccharide can regulate lipid metabolism in type 2 diabetic rats through the SREBP-1/SCD-1 axis. *Carbohydrate Research*, *494*, 108055. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2020.108055>.
- Chen, X., Wang, Z., & Kan, J. (2021). Polysaccharides from ginger stems and leaves: Effects of dual and triple frequency ultrasound assisted extraction on structural characteristics and biological activities. *Food Bioscience*, *42*, 101166. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01159-3>.
- D'yakova, N. A., Samylina, I. A., Slivkin, A. I., Gaponov, S. P., & Myndra, A. A. (2015). Development and validation of an express method for assay of water-soluble polysaccharides in common burdock (*Arctium lappa* L.) Roots. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, *49*(9), 620–623. <https://doi.org/10.1007/s11094-015-1340-7>.
- Delattre, C., Fenoradosa, T. A., & Michaud, P. (2011). Galactans: an overview of their most important sourcing and applications as natural polysaccharides.

Brazilian Archives of Biology and Technology, 54(6), 1075–1092. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000600002>.

Esmaili, F., Hashemiravan, M., Eshaghi, M. R., & Gandomi, H. (2021). Optimization of aqueous extraction conditions of inulin from the *Arctium lappa* L. roots Using ultrasonic irradiation frequency. *Journal of Food Quality*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5520996>.

Fournière, M., Bedoux, G., Lebonvallet, N., Leschiera, R., Goff-Pain, L., Bourgougnon, N., & Latire, T. (2021). Poly-and oligosaccharide Ulva sp. Fractions from enzyme-assisted extraction modulate the metabolism of extracellular matrix in human skin fibroblasts: Potential in anti-aging dermo-cosmetic applications. *Marine Drugs*, 19(3), 156. <https://doi.org/10.3390/MD19030156>.

Fu, Y.-L. (2009). Isolation, purification, and structural elucidation of a fructan from *Arctium lappa* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(3), 171–173.

Jiang, Y., Yu, J., Li, Y., Wang, L., Hu, L., Zhang, L., & Zhou, Y. (2019). Extraction and antioxidant activities of polysaccharides from roots of *Arctium lappa* L. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123, 531–538. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.087>.

Kardošová, A., Ebringerová, A., Alföldi, J., Nosál'ová, G., Fraňová, S., & Hřibalová, V. (2003). A biologically active fructan from the roots of *Arctium lappa* L., var. *Herkules*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 33(1–3), 135–140. [https://doi.org/10.1016/S0141-8130\(03\)00079-5](https://doi.org/10.1016/S0141-8130(03)00079-5).

Lee, N. Y., Lee, J. W., & Jo, C. (2010). Effects of γ -irradiation on the biological activity of burdock (*Arctium lappa* L.) extracts. *Food Science and Biotechnology*, 19(1), 165–173. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0023-0>.

Li, D., Kim, J. M., Jin, Z., & Zhou, J. (2008). Prebiotic effectiveness of inulin extracted from edible burdock. *Anaerobe*, 14(1), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2007.10.002>.

Li, H.-Y., Yi, Y.-L., Guo, S., Zhang, F., Yan, H., Zhan, Z.-L., Zhu, Y., & Duan, J.-A. (2022). Isolation, structural characterization and bioactivities of polysaccharides from *Laminaria japonica*: A review. *Food Chemistry*, 131010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131010>.

Li, K., Zhu, L., Li, H., Zhu, Y., Pan, C., Gao, X., & Liu, W. (2019). Structural characterization and rheological properties of a pectin with anti-constipation activity from the roots of *Arctium lappa* L. *Carbohydrate Polymers*, 215, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.03.051>.

Li, L., Qiu, Z., Dong, H., Ma, C., Qiao, Y., & Zheng, Z. (2021). Structural characterization and antioxidant activities of one neutral polysaccharide and three acid polysaccharides from the roots of *Arctium lappa* L.: A comparison. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.177>.

Li, X., Zhao, Z., Kuang, P., Shi, X., Wang, Z., & Guo, L. (2019). Regulation of lipid metabolism in diabetic rats by *Arctium lappa* L. polysaccharide through the PKC/NF- κ B pathway. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.057>.

Lianfu, Z., & Zelong, L. (2008). Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(5), 731–737. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2007.12.001>.

Liu, D., Tang, W., Yin, J.-Y., Nie, S.-P., & Xie, M.-Y. (2021). Monosaccharide composition analysis of polysaccharides from natural sources: Hydrolysis condition and detection method development. *Food Hydrocolloids*, 106641. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106641>.

Liu, Y.-G., Hao, C., Shi, S., Dang, K., Huang, X., Zhao, Z., & Shi, X. (2021). Transcriptome analysis of the immunomodulation by *Arctium lappa* L. polysaccharides in the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* against *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 534, 736255. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736255>.

Lou, Z., Wang, H., Wang, D., & Zhang, Y. (2009). Preparation of inulin and phenols-rich dietary fibre powder from burdock root. *Carbohydrate Polymers*, 78(4), 666–671. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.029>.

Ma, F., Wang, D., Zhang, Y., Li, M., Qing, W., Tikkanen-Kaukanen, C., Liu, X., & Bell, A. E. (2018). Characterisation of the mucilage polysaccharides from *Dioscorea opposita* Thunb. with enzymatic hydrolysis. *Food Chemistry*, 245, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.080>.

Martinez-Guerra, E., & Gude, V. G. (2014). Synergistic effect of simultaneous microwave and ultrasound irradiations on transesterification of waste vegetable oil. *Fuel*, 137, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.07.087>.

Milani, E., Koocheki, A., & Golimovahhed, Q. A. (2011). Extraction of inulin from Burdock root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(8), 1699–1704. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02673.x>.

Moro, T. M. A., & Clerici, M. T. P. S. (2020). Burdock (*Arctium lappa* L.) roots as a source of inulin-type fructans and other bioactive compounds: Current knowledge and future perspectives for food and non-food applications. *Food Research International*, 141, 109889. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109889>.

Olennikov, D. N., & Tankhaev, L. M. (2011). A quantitative assay for total fructans in burdock (*Arctium* spp.) roots. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 37(7), 893–898. <https://doi.org/10.1134/S1068162011070181>.

Shanshan, W., Meigui, H., Chunyang, L., Zhi, C., Li, C., Wuyang, H., Ying, L., & Jin, F. (2021). Fabrication of ovalbumin-burdock polysaccharide complexes as interfacial stabilizers for nanostructured lipid carriers: Effects of high-intensity ultrasound treatment. *Food Hydrocolloids*, 111, 106407. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107172>.

Shao, P., Feng, J., Sun, P., Xiang, N., Lu, B., & Qiu, D. (2020). Recent advances in improving stability of food emulsion by plant polysaccharides. *Food Research International*, 137, 109376. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109376>.

Shen, S., Zhou, C., Zeng, Y., Zhang, H., Hossen, M. A., Dai, J., Li, S., Qin, W., & Liu, Y. (2021). Structures, physicochemical and bioactive properties of polysaccharides extracted from *Panax notoginseng* using ultrasonic/microwave-assisted extraction. *LWT*, 154, 112446. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112446>.

- Souza, E. R. L., Gomes, N. M. L., Cruz, J. H. A., Santos, J. F. D., & Oliveira Filho, A. A. (2021). Propriedades farmacológicas do Sesquiterpeno α -Bisabolol: uma breve revisão. *Archives of Health Investigation*, 10(1), 18–23. <https://doi.org/10.21270/archi.v10i1.3183>.
- Sousa, L. M. M. S., Marques-Vieira, C. M. A., Severino, S. S., & Antunes, A. V. (2017). Metodologia de revisão integrativa da literatura em enfermagem.
- Sutovska, M., Nosalova, G., Franova, S., & Kardosova, A. (2007). The antitussive activity of polysaccharides from *Althaea officinalis* L., var. *Robusta*, *Arctium lappa* L., var. *Herkules*, and *Prunus persica* L., Batsch. *Bratislavské Lekárske Listy*, 108(2), 93–99.
- Tian, K., Wang, J., Zhang, Z., Cheng, L., Jin, P., Singh, S., Prior, B. A., & Wang, Z.-X. (2019). Enzymatic preparation of fructooligosaccharides-rich burdock syrup with enhanced antioxidative properties. *Electronic Journal of Biotechnology*, 40, 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2019.04.009>.
- Wang, Y., Zhang, N., Kan, J., Zhang, X., Wu, X., Sun, R., Tang, S., Liu, J., Qian, C., & Jin, C. (2019). Structural characterization of water-soluble polysaccharide from *Arctium lappa* and its effects on colitis mice. *Carbohydrate Polymers*, 213, 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.171>.
- Zhang, N., Wang, Y., Kan, J., Wu, X., Zhang, X., Tang, S., Sun, R., Liu, J., Qian, C., & Jin, C. (2019). In vivo and in vitro anti-inflammatory effects of water-soluble polysaccharide from *Arctium lappa*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 717–724. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.171>.
- Zhang, X., Zhang, N., Kan, J., Sun, R., Tang, S., Wang, Z., Chen, M., Liu, J., & Jin, C. (2020). Anti-inflammatory activity of alkali-soluble polysaccharides from *Arctium lappa* L. and its effect on gut microbiota of mice with inflammation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 773–787. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.111>.