

Artigo

Quimiodiversidade, Bioatividade e Quimiosistemática do Gênero *Inga* (FABACEAE): Uma Breve Revisão

Lima, N. M.*; Santos, V. N. C.; La Porta, F. A.**

Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (3), 459-473. Data de publicação na Web: 16 de maio de 2018

<http://rvq.sbq.org.br>**Chemodiversity, Bioactivity and Chemosystematics of the Genus *Inga* (FABACEAE): A Brief Review**

Abstract: The *Inga* genus belongs to the Fabaceae family, subfamily Mimosoideae, Ingeae tribe, and comprises about 300 species, whose name derives from the indigenous terminology "Angá" or "inga", which in reality means "seed is involved." This genre has economic potential in reforestation, herbal medicine, energy production and supply. Many species of this genus are used by Amazonian tribes for the treatment of various diseases. The secondary metabolism of this kind attests to the presence of phenolic substances belonging to the class of flavonoids, anthocyanins, tannins, phenolic acids, terpene substances such as saponins, triterpenes, phytosteroids, nitrogenous as *L*-tyrosine derivatives, proline and pipercolic acids, which are considered chemical markers of the gender. Pharmacological studies show important biological properties of pharmaceutical and agronomic interest for species of this genus, particularly antioxidant, insecticide, antiparasitic, antimicrobial, allelochemicals, antifungal and antitumor. Therefore, this review paper aims to show the main bioactivities reported for the genus, the chemical diversity of their secondary metabolism and its chemotaxonomic relevance of nitrogenous substances in the genus *Inga*.

Keywords: pipercolic acid, chemodiversity, pharmacological activity, chemotaxonomy.

Resumo

O gênero *Inga* pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae, tribo Ingeae, e compreende cerca de 300 espécies, cujo nome deriva da terminologia indígena "angá" ou "ingá", que na realidade significa "tem semente envolvida". Este gênero apresenta potencial econômico no reflorestamento, fitoterapia, produção de energia e na alimentação. Muitas espécies deste gênero são usadas por tribos da Amazônia para o tratamento de diversas doenças. O metabolismo secundário deste gênero atesta para a presença de substâncias fenólicas pertencentes à classe dos flavonoides, antocianinas, taninos, ácidos fenólicos, substâncias terpênicas como saponinas, triterpenos, fitoesteroides, nitrogenados como derivados de *L*-tirosina, prolina e ácidos pipercolícos, os quais são considerados marcadores quimiotaxômicos do gênero. Estudos farmacológicos mostram importantes propriedades biológicas de grande interesse farmacêutico e agrônomo para espécies deste gênero, com destaque para sua atividade antioxidante, inseticida, antiparasitária, antimicrobiana, aleloquímica, antifúngica e antitumoral. Portanto, este trabalho de revisão tem como principal objetivo mostrar as principais bioatividades relatadas para as espécies do gênero, a diversidade química do seu metabolismo secundário e a relevância quimiotaxonomica das substâncias nitrogenadas no gênero *Inga*.

Palavras-chave: ácidos pipercolícos, quimiodiversidade, atividade farmacológica, quimiotaxonomia.

* Universidade Estadual Paulista, Departamento de Análises Clínicas, CEP 14801-970, Araraquara-SP, Brasil.

✉ nerilsonmarques@gmail.com

** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Química, CEP 86036-370, Londrina-PR, Brasil.

✉ felipe_laporta@yahoo.com.br ou felipelaporta@utfpr.edu.br

DOI: [10.21577/1984-6835.20180035](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180035)

Quimiodiversidade, Bioatividade e Quimiosistemática do Gênero *Inga* (FABACEAE): Uma Breve Revisão

Nerilson M. Lima,^{a,*} Vanessa N. C. Santos,^b Felipe A. La Porta^{c,**}

^a Universidade Estadual Paulista, Departamento de Análises Clínicas, CEP 14801-970, Araraquara-SP, Brasil.

^b Universidade Federal do Amazonas, CEP 69067-005, Manaus-AM, Brasil.

^c Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Química, CEP 86036-370, Londrina-PR, Brasil.

* nerilsonmarques@gmail.com; ** felipe_laporta@yahoo.com.br ou felipelaporta@utfpr.edu.br

Recebido em 22 de dezembro de 2016. Aceito para publicação em 7 de maio de 2018

1. Introdução
2. O gênero *Inga*
3. Etnofarmacologia e bioatividade
4. Quimiodiversidade do gênero *Inga*
5. Quimiosistemática do gênero *Inga*
6. Conclusão

1. Introdução

A família Fabaceae compreende 730 gêneros e aproximadamente 19400 espécies distribuídas em três subfamílias: Papilionoideae ou Faboideae, Caesalpinioideae e Mimosoideae. Esta família contém um alto teor de flavonoides e outras substâncias biossinteticamente relacionadas como os rotenoides e isoflavonoides. Os flavonoides são, na realidade, uma das maiores classes de metabólitos secundários com importantes propriedades farmacológicas nos animais, desempenhando nos vegetais, funções como a proteção contra a radiação UV, ação antioxidante,

inibição enzimática, proteção contra microrganismos, entre outras.¹⁻³

Particularmente, o gênero *Inga* (Fabaceae, Mimosoideae) possui aproximadamente 400 espécies de distribuição neotropical, dentre as quais 140 estão distribuídas no Brasil e destas, cerca de 93 ocorrem no litoral brasileiro, sendo um dos mais representativos desta importante família de plantas.^{4,5} Desse modo, em particular, podemos observar um grande interesse no estudo dos principais membros desta importante família de plantas, em especial na sua potencial aplicação como agentes terapêuticos. Apesar de seu grande interesse, em particular, até o presente momento não foram identificados nenhum estudo

sistemático sobre este gênero. Esse trabalho visa justamente suprir esta deficiência, de modo a contribuir com a literatura, proporcionando um direcionamento para futuros estudos. Assim, no presente trabalho de revisão o nosso foco será dedicado ao estudo da quimiodiversidade, bioatividade e quimiosistemática do gênero *Inga*.

2. O gênero *Inga*

O gênero *Inga* Mill., é exclusivamente neotropical, pertencente à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae e tribo Ingae com sete principais áreas fitogeográficas de distribuição, tendo como principais centros de diversidade do gênero: o litoral e o interior do Brasil, o sudeste da América Central bem como a região oeste da América do Sul.⁶

A terminologia *Inga* deriva do vulgar indígena (tupi), angá = ingá, que significa “que possui semente envolvida”.⁷ Particularmente, os tegumentos (“casca” da semente) destas espécies parecem estar aderidos inseparavelmente ao endocarpo. Os cotilédones (primeiras folhas que surgem dos embriões) são protegidos contra o sol através das antocianinas e predação através dos taninos.⁸ Diversas espécies são comumente encontradas nas margens de rios e lagos, ou

em regiões que se alagam com grande facilidade. Os frutos em forma de vagem, por sua vez, são comestíveis e possuem muitas sementes que estão envoltas por uma polpa branca flocosa e adocicada, sendo muito apreciada pelas populações da região Amazônica.⁹

Inga constitui-se um dos mais importantes gêneros na Amazônia, devido ao seu potencial como recurso em sistemas agroflorestais, recuperação de áreas degradadas e comercialização dos seus frutos. Abundante em diversos ambientes, ocorre comumente em florestas secundárias ou em florestas de várzea. Muitas espécies deste gênero são árvores pequenas, porém, crescem rapidamente e mostram uma alta produtividade, contribuindo com a fertilidade dos solos.¹⁰ Na figura 1 são apresentados alguns detalhes gerais das flores, folhas e dos frutos de uma espécie de *Inga*.

Em consequência da ampla variabilidade morfológica de espécies deste gênero, em geral, persiste uma divergência taxonômica considerável. No entanto, a presença dos derivados de ácidos piperídicos, presentes em cerca de 47 espécies de *Inga*, constitui uma característica relativamente constante e sua diversidade química os tornam particularmente útil para a resolução de diversos problemas taxonômicos nesse gênero.¹¹



Figura 1. Detalhe das flores, folhas e frutos de uma espécie de *Inga*. Fonte: Adaptado de Tropicos (2016)¹²

3. Etnofarmacologia e bioatividade

Diversas espécies deste gênero são usadas em comunidades indígenas, especialmente para o tratamento de feridas, dores de ouvido, descongestionante nasal (em caso de resfriado), curar espinhas, antipirético, lavagens intestinais, etc. Algumas comunidades indígenas também utilizam como adstringente, antiartrítica, antirreumático, antidiarreico e anti-inflamatória.⁹ Em particular, estudos da espécie *I. edulis*, usada na medicina tradicional como antidiarreico e anti-inflamatório, apresentou elevada capacidade antioxidante e capacidade de prevenção contra a oxidação da LDL.¹³

Extrato etanólico de *I. verna* apresentou propriedades inibidoras da xantina oxidase com uma capacidade adicional de sequestro de superóxido. Em particular, o grande potencial antioxidante deste extrato foi confirmado pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) que apresentou sequestro de cerca de 50% dos radicais livres deste radical na concentração de 11,6 µg/mL, sendo o ácido gálico e o ácido elágico identificados como os principais responsáveis por esta elevada atividade.^{14,15}

Os frutos secos da espécie *I. umbratica* apresentaram elevada atividade hemolítica e inibitória contra tripsina (85,8%) e quimotripsina (99,1%).¹⁶ Em outro bioensaio avaliado pelos mesmos autores, esta espécie não mostrou potencial inibitório contra o fator humano Xa, que converte a protrombina em trombina, impedindo a conversão de fibrinogênio em fibrina, que é responsável pela coagulação do sangue em um vaso lesado.¹⁶

Em ensaios realizados com as espécies *I. goldmani* e *I. umbellifera*, respectivamente, foi observada atividade inibitória de larvas de *Heliothis*, que é uma importante praga agrícola conhecida como lagarta-das-maçãs-do-algodoeiro, que tradicionalmente ataca cultivos de algodão, soja e tomate. Esta

atividade foi atribuída a misturas complexas de monômeros e polímeros de flavan-3-óis, cujas substâncias compreendem mais de 30% do peso seco de folhas jovens de ambas as espécies.¹⁷

Estudos realizados com o extrato hidroalcoólico das folhas de *I. edulis* demonstrou um elevado teor de compostos fenólicos e uma alta capacidade antioxidante, bem como uma significativa atividade antiulcerogênica.¹⁸

O estudo fitoquímico das sementes de *I. laurina* (SW.) Willd. levou ao isolamento de um novo complexo de saponina triterpenoide, chamado *ingasaponin*. Enquanto que ensaios biológicos *in vitro*, e utilizando modelos experimentais *in vivo*, indicaram que *ingasaponin* exibiu significativa atividade, apontando a sua possível utilização em formulações de algumas vacinas.¹⁹ A composição química e as atividades antimicrobiana e citotóxica dos óleos essenciais da mesma espécie foram estudadas por Furtado et al.²⁰

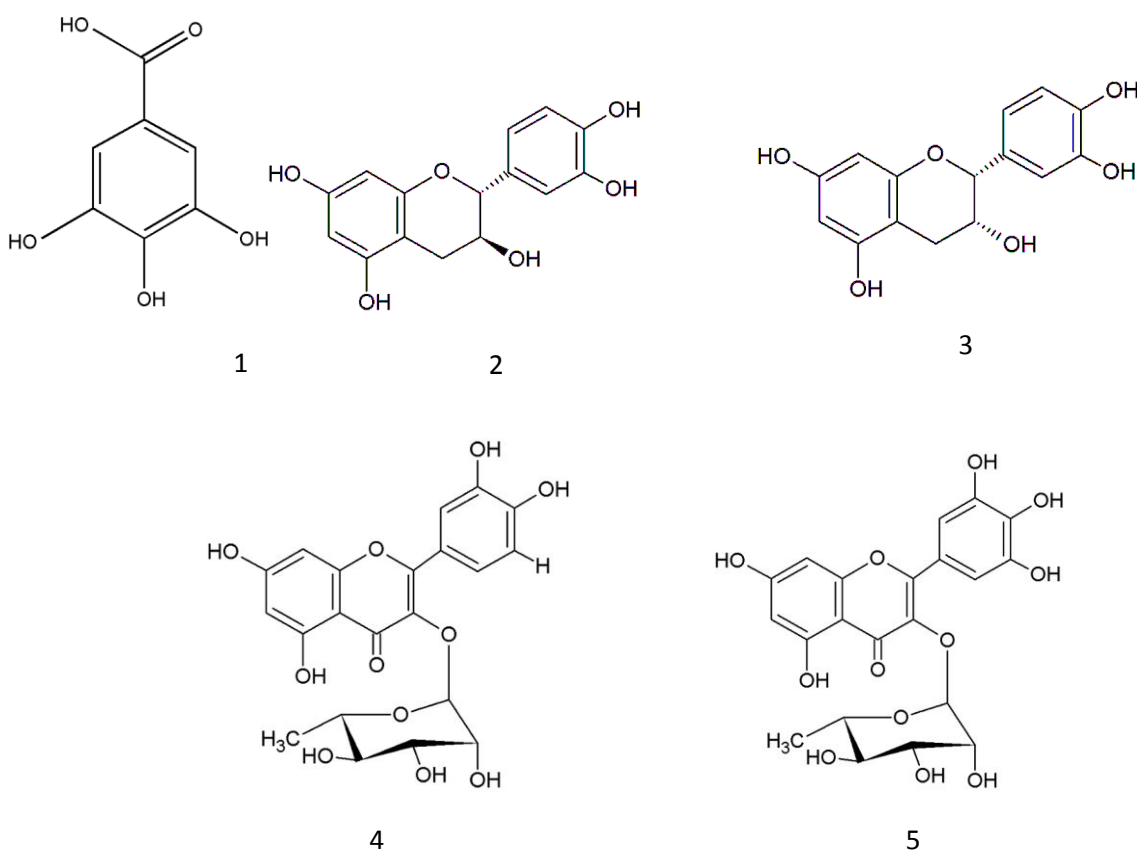
No entanto, uma pesquisa mais detalhada na literatura especializada demonstrou que o gênero *Inga* tem sido pouco estudado do ponto de vista químico-farmacológico. Portanto, os estudos químicos encontrados mostram uma ampla diversidade química de metabólitos secundários, incluindo terpenoides, esteroides, saponinas, ácidos fenólicos, substâncias nitrogenadas, flavonoides e outros compostos quimicamente relacionados.

4. Quimiodiversidade do gênero *Inga*

Visando completar os estudos quimiosistemáticos da tribo Ingeae, faz-se necessário um levantamento bibliográfico mais aprofundado e atual das microléculas produzidas pelas espécies do gênero *Inga*. Em particular, os estudos químicos mostraram que as folhas de espécies do

gênero *Inga* possuem grandes quantidades de compostos fenólicos (5-20% da massa seca). Além disso, foram também observados que as folhas das espécies de *Inga* que crescem em maiores altitudes possuem quantidade de fenóis maior do que as que crescem em baixas altitudes. Esta correlação positiva entre intensidade de radiação solar e produção de compostos fenólicos pode ser explicada, principalmente, pela proteção contra a fotodestruição proporcionada por estes metabólitos ao absorver e/ou dissipar a energia solar, ou seja, dificultando assim a danificação dos tecidos mais internos pela radiação UV-B.^{21,22}

As sementes de *Inga edulis* são



Além disso, nas folhas de *I. edulis* foram também identificados os taninos proantocianidina B1 (6) e proantocianidina B2 (7), as antocianinas cianidina (8) e delphinidina (9),²⁴ enquanto que nas raízes foram identificados os flavonoides 5,7,3',4'-tetrahydroxi-3-metoxiflavona (10), 5,7,4'-trihidroxi-6,8-dimetilflavona (11) e 6,3',4'-

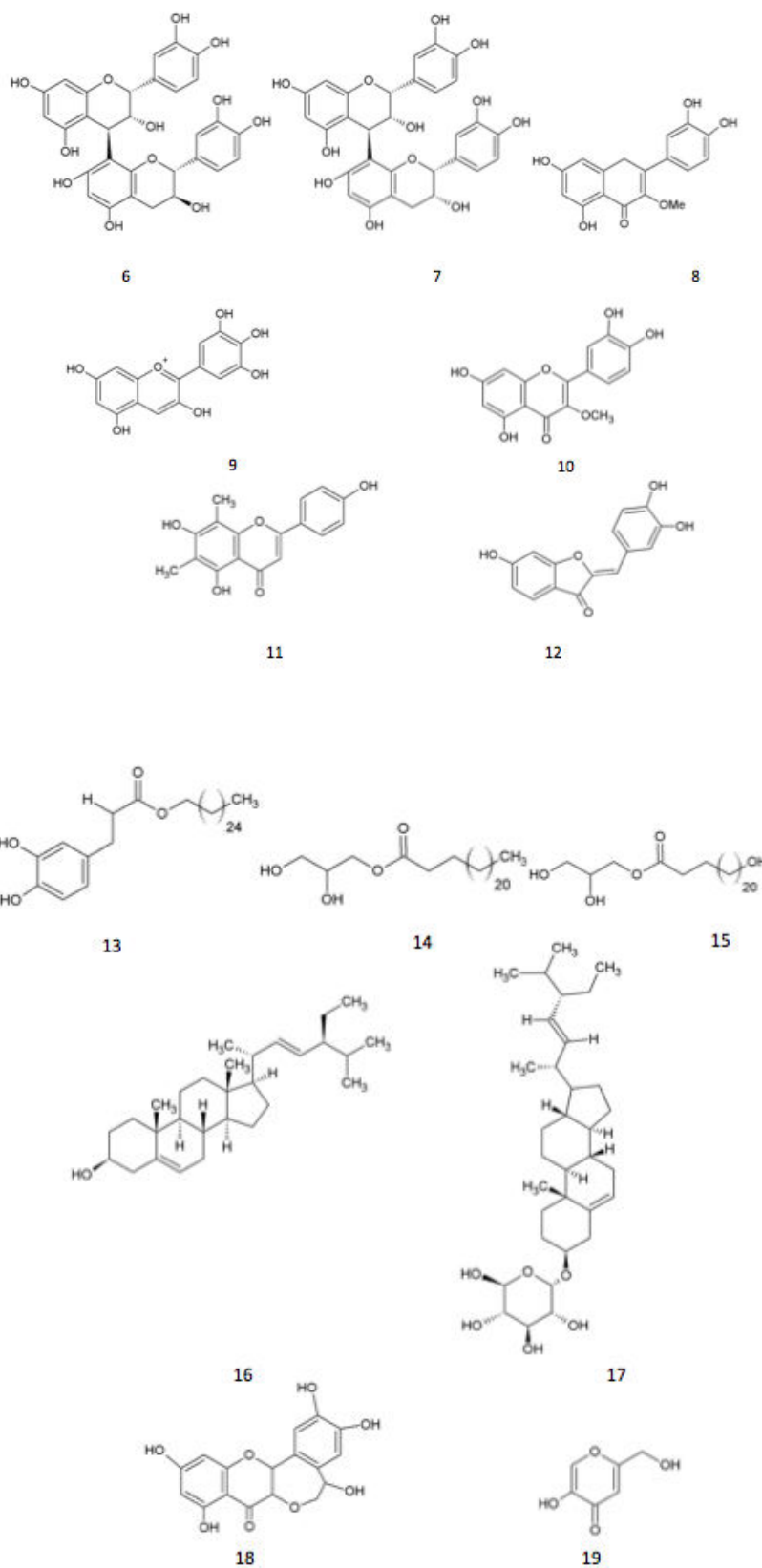
amplamente usadas na medicinal tradicional como laxativa. Do extrato de suas raízes foram isolados os metabólitos: 7,22-estigmastadien-3 β -ol, o glicosídeo de 7,22-estigmastadien-3 β -ol e 3 flavonoides.²³

As folhas de *I. edulis* apresentaram uma alta capacidade antioxidante, a qual está relacionada provavelmente com a presença das substâncias fenólicas: ácido gálico (1), catequina (2), epicatequina (3), quercetina-3-O- α -L-ramnopiranosídeo (4) e miricetina-3-O- α -L-ramnopiranosídeo (5). Estes componentes químicos, em particular, correspondem a 10% do total de compostos fenólicos da planta.²⁴

trihidroxi aurona (12).²⁵

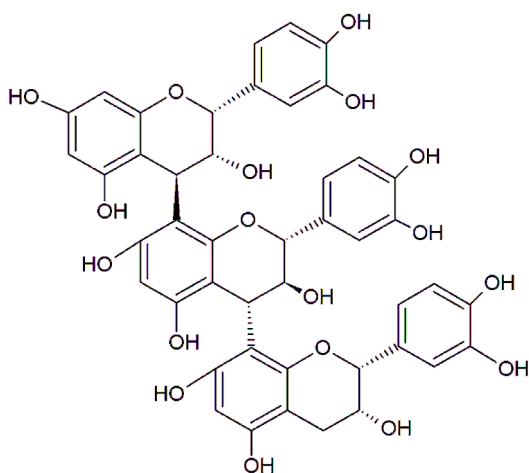
No caule da espécie *I. edulis* também foi identificada a presença do cafeatohexacosanil (13), glicerol 1-tetracosanoil (14), glicerol 1-24-hidroxitetraicosanoil (15), estigmasterol (16) e o estigmasterol 3-O- β -D-glucopiranosídeo (17) e nas folhas o flavonoide

ingacamerounol (**18**) e o ácido kójico (**19**).²⁶

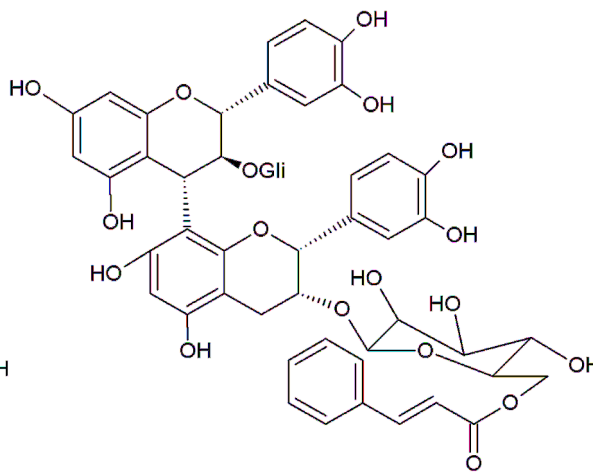


Estudos realizados por Lokvam e Kursar,²⁷ em particular, mostraram diversos fenólicos presentes nas espécies *I. goldmaniie* e *I. umbellifera*, entre eles, um trímero de procianidina (epicatequina-4 β -8-

catequina-4 α -8-epicatequina) (**20**) em *I. goldmaniie*, e um dímero de procianidina (catequina-3-*O*- β -*D*-glucopirano-catequina-(4 α -8)-epicatequina-3-*O*- β -*D*-gluco-(6-cinamoil)-piranosídeo) (**21**) em *I. umbellifera*.



20



21

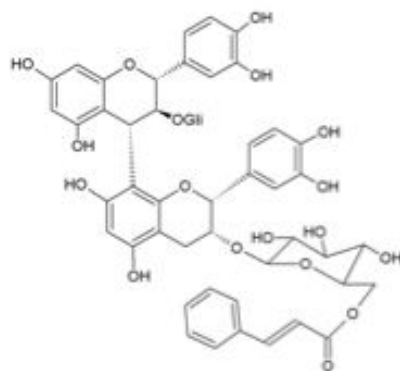
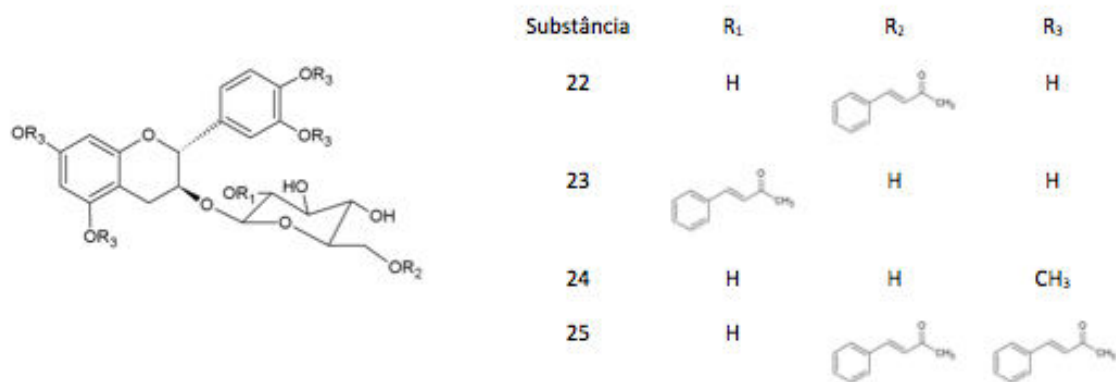
Por outro lado, na espécie *I. umbellifera* foram também identificadas cinco estruturas inéditas de flavan-3-óis, sendo os três monômeros de (+)-catequina-3-*O*- β -*D*-gluco (2-cinamoil) piranosídeo (**22**), (+)-catequina-3-*O*- β -*D*-gluco (6-cinamoil) piranosídeo (**23**), 5,7,3',4'-tetra-*O*-metilcatequina-3-*O*- β -*D*-glucose (**24**), (+)-catequina-3-*O*- β -*D*-gluco (2,6-bis-cinamoil)-piranosídeo (**25**) e a catequina-3-*O*- β -*D*-glucopirano-(4 α -8)-epicatequina-3-*O*- β -*D*-gluco-(6-cinamoil)-piranosídeo (**26**).²⁸

Na espécie *I. sapindoides* foi identificada a presença da 5,6-epoxidoluteína (**27**),²⁹ enquanto que na espécie *I. verna* foram

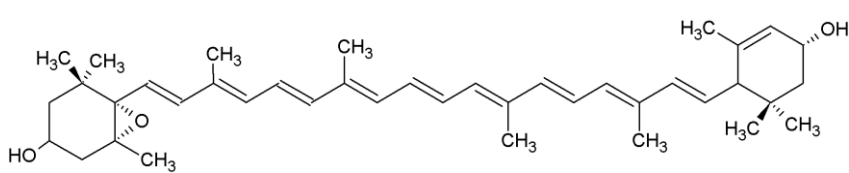
identificados os fenólicos: ácido gálico e ácido elágico (**28**).¹⁴

Além do aminoácido *L*-tirosina (**29**) foram encontradas altas concentrações de galoil (**30**), *m*-digaloil (**31**) e *m*-trigaloil-*L*-tirosina (**32**) em folhas jovens de *I. laurina*. Estes compostos são importantes para a defesa química dos vegetais durante a fase de expansão foliar.³⁰

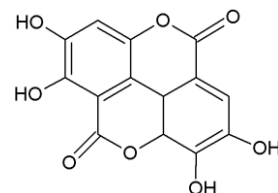
Também foram identificados desta espécie, em elevada concentração, o flavonoide miricetina 3-*O*- α -(2''-*O*-galoil)-ramnopiranosídeo (**33**) e o ácido ascórbico (**34**).³¹



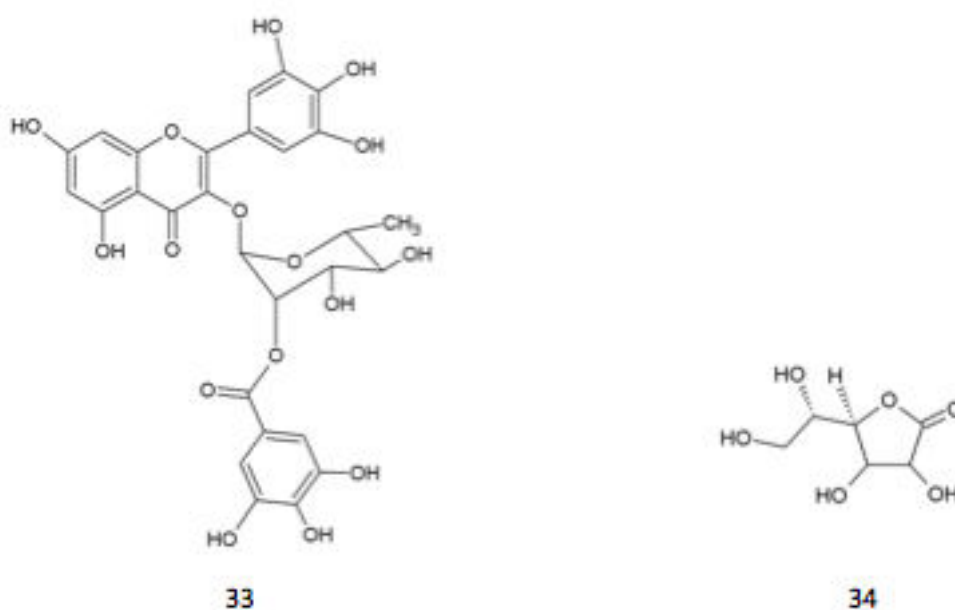
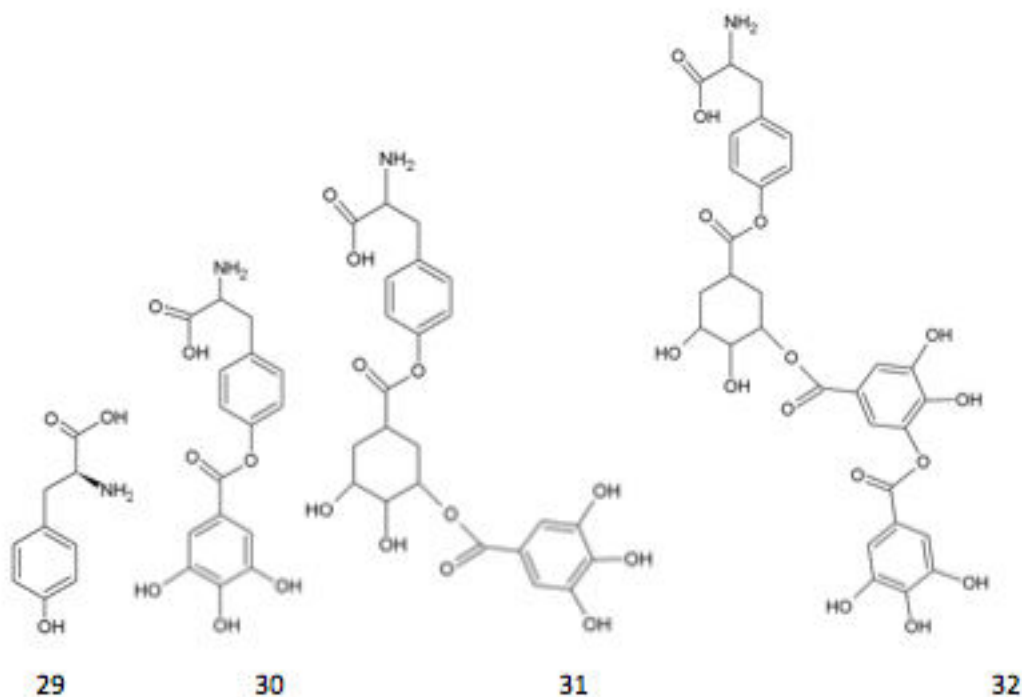
26



27



28



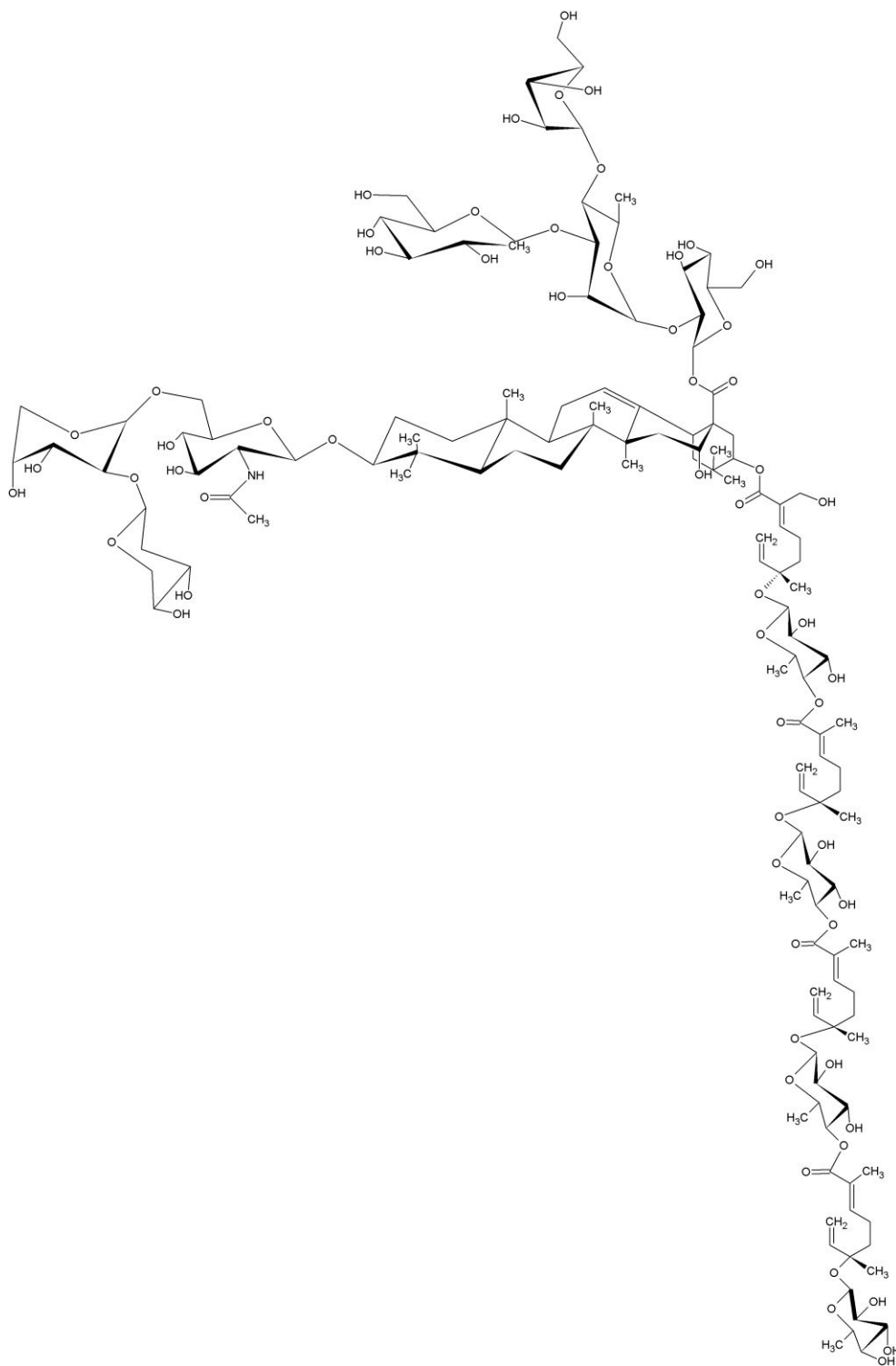
Estudo metabolômico realizado por Lima³² com as espécies *I. edulis*, *I. marginata* e *I. laurina*, permitiu a caracterização das substâncias: lupeol, éster graxo da α -amirina, éster do olean-18-eno, friedelina, ácido vanílico, ácido 3,4,5-trimetoxi-benzoico, ácido gálico, galato de metila, ácido *p*-cumárico, ácido benzoico, ácido protocateuico, ácido tânico, ácido caféico,

ácido *p*-metoxicinâmico, ácido *p*-hidroxibenzoico, derivado metilado do ácido 4-hidroxibenzoico, ácido ferúlico, miricetina, miricetina-3-*O*-ramnosídeo, miricetina-3-*O*-(2''-*O*-galoil)- α -ramnopiranosídeo, apigenina, quercetina, proantocianidina A2, procianidina B, galato de 2-ramnopiranosil-4,6-dihidroxifenila, galato de 2-ramnopiranosil-3,5-dihidroxifenila e do glicosídeo do 4-vinil-

fenol.

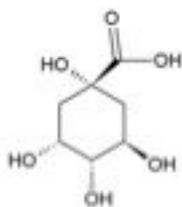
Do óleo essencial de *I. laurina* foram identificados os seguintes constituintes: fitol, linalool, α -terpineol, geraniol, γ -eudesmol, fitoeno, eremofileno, e 9-*epi*-(*E*)-cariofileno.²⁰

Também foi identificada nas sementes desta espécie uma estrutura de uma complexa saponina triterpênica chamada de ingasaponina (**35**) com pronunciada atividade imunológica adjuvante.¹⁹

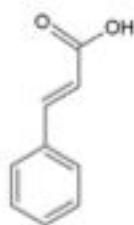


Na espécie *I. marginata* foram detectados taninos, saponinas, fitoesteróis e triterpenos.³³ Estudos desenvolvidos por Kursar et al.³⁴ com 37 espécies do gênero *Inga* mostraram em sua composição química, substâncias como os ácidos quínico (36),

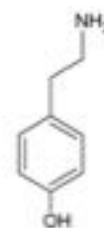
gálico, cinâmico (37), tirosina, derivados de tirosina e tiramina (38) nas suas formas pura ou conjugadas. Em geral, neste trabalho a substância fenólica mais encontrada nas espécies foram os taninos condensados.



36



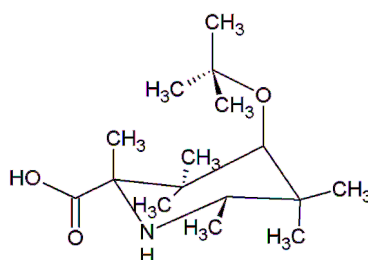
37



38

Ácidos piperídicos hidroxilados foram caracterizados nas espécies *I. brenesii*, *I. longispica*, *I. oerstediana* e *I. paterno*.^{35,36} Das folhas da espécie *I. paterno* foi elucidado um

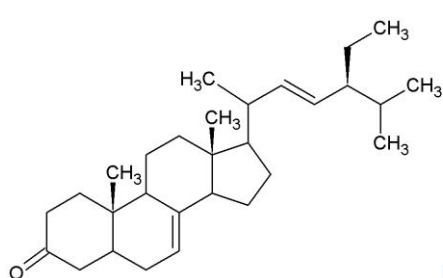
derivado metoxilado de ácido piperídico inédito, denominado ácido *trans*-4-metoxipiperídico (39).³⁵



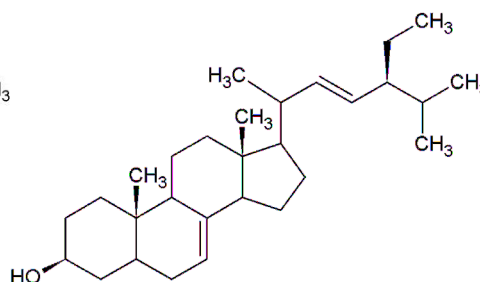
39

Nas folhas de *I. punctata* foi identificado o ácido piperídico *cis*-5-hidropiperídico.³⁷ Enquanto que em estudos com resíduos madeireiros de duas espécies de *Inga* (*I. paraenses* e *I. alba*), os autores identificaram a presença dos esteroides espinasterol (40) e

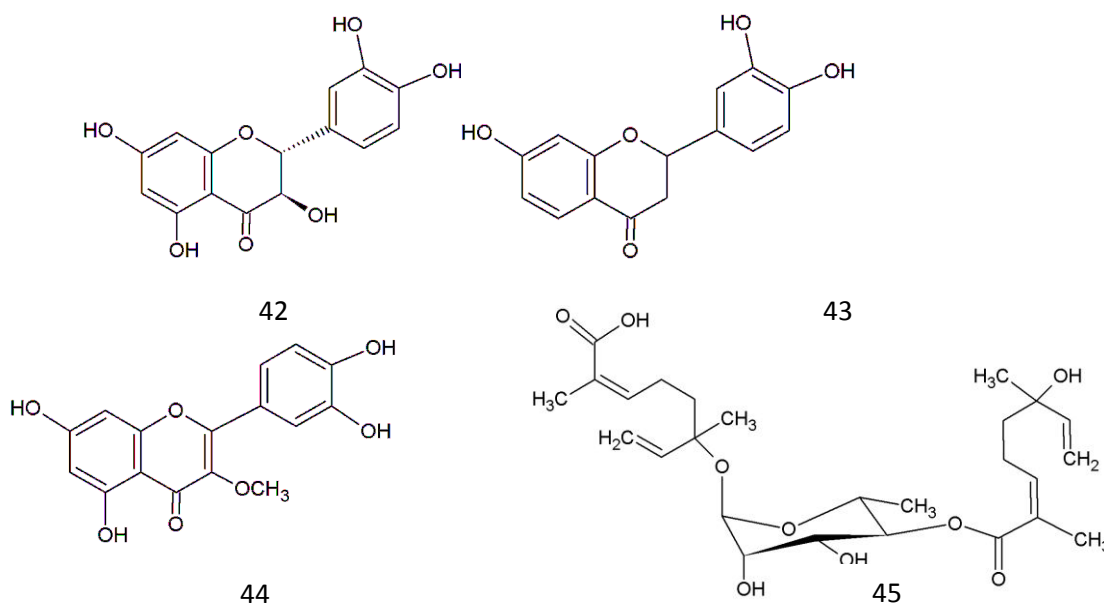
espinasterona (41) na espécie *I. paraenses* e os flavonoides taxifolina (42), butina (43), 3-O-metilquercetina (44) e uma outra substância inédita glicosilada derivada do ácido mentiafólico (dapaznídeo) (45) em *I. alba*.



40



41



5. Quimiosistemática do gênero *Inga*

Inga é um grande táxon neotropical, cuja maioria das espécies são árvores da floresta de várzea. Estudos realizados com a espécie *I. laurina* mostrou importantes concentrações do aminoácido *L*-tirosina condensados com unidades de galoiil, *m*-digaloil e *m*-trigaloil-*L*-tirosina em folhas jovens.³⁰ Estudos realizados por Lima e colaboradores com extratos foliares da mesma espécie não mostrou a presença desta classe de metabólitos.³² Possivelmente devido ao fato que esses metabólitos se acumulam apenas em folhas jovens, uma vez que estas geralmente experimentam taxas muito mais altas de herbivoria do que as folhas maduras em árvores de florestas tropicais.³⁹ As folhas jovens, diferente das folhas maduras, não podem ser defendidas por tecidos estruturais inelásticos (lignina) durante sua fase de expansão, resultando em teor de energia e de nutrientes das folhas jovens mais elevado em relação às folhas maduras, sendo então uma fonte de alimento preferido para muitos herbívoros. Na ausência de resistência, em

particular, as folhas jovens são principalmente defendidas por aleloquímicos, substâncias associadas à defesa química, que são mais propensas de serem encontradas em folhas jovens do que em folhas maduras.

Os ácidos pipercolícos são uma classe de metabólitos especiais que têm sido relatados em poucas espécies de Fabaceae, Mimosoideae. Entre eles, estão os isômeros *cis* e *trans* dos ácidos 4- e 5-monohidroxipipercolíco, bem como, os quatro possíveis estereoisômeros do ácido 4,5-dihidroxipipercolíco, e do ácido *trans*-4-acetilaminopipercolíco, formas de ambos os ácidos 4- e 5-monohidroxipipercolíco, todos os quatro possíveis estereoisômeros do ácido 4,5-dihidroxi-pipercolíco, e de um ácido *trans*-4-acetilamino-pipercolíco. Investigação química realizada por Morton *et al.*³⁵ com essa classe de substâncias no gênero *Inga* foi reportado o isolamento de um novo composto, o ácido metoxipipercolíco. Este é o primeiro relato de um ácido metoxipipercolíco de fonte natural, cuja substância se acumula em níveis apreciáveis em quatro de oito espécies de *Inga* pesquisadas.

Devido às espécies do gênero *Inga* apresentarem uma nítida semelhança

vegetativa, resultando em divergências na identificação taxonômica de suas espécies, os ácidos piceólicos, marcadores taxonômicos do gênero, e outros compostos nitrogenados como os derivados de tirosina têm se mostrado importante ferramenta nos estudos de quimiosistemática. Desta forma, a química do metabolismo secundário pode fornecer uma visão única para a delimitação de fronteiras entre as espécies e as relações entre os táxons. Há ainda uma grande divergência em torno de sua nomenclatura. Por outro lado, os derivados de ácidos piceólicos têm se mostrado promissores candidatos nos estudos quimiotaxonômicos para este gênero.³⁹ Seus derivados, incluindo o ácido *trans*-4-acetilaminopiceólico,⁴⁰ ácido *trans*-4-metoxipiceólico³⁵ e outros derivados de imino são conhecidos no gênero.

Derivados de ácido piceólico hidroxilado de 47 espécies de *Inga* foram analisados principalmente a partir de amostras de folhas herbário em um trabalho realizado por Morton.³⁶ A diversidade química torna os ácidos piceólicos particularmente úteis na resolução de problemas taxonômicos deste gênero; problemas como identificação de espécies distintas com morfologia convergente e identificação de espécimes de herbário erroneamente. Sendo assim, a química fornece dados independentes da morfologia com a qual para avaliar as mudanças recentes na nomenclatura (alguns dos quais são suportados, outros não) e, pode ser útil na avaliação de hibridação bem como na delimitação de fronteiras entre as espécies adequadas.³⁶

6. Conclusão

A atualização dos aspectos químico-farmacológicos e quimiotaxonômicos do gênero *Inga* contribui para uma maior compreensão do metabolismo secundário vegetal deste gênero e suas propriedades biológicas no organismo animal, bem como, possibilitem fornecer informações relevantes para futuros estudos fitoquímicos que visem

à descoberta de novos agentes terapêuticos. Mesmo sendo poucos os estudos disponíveis na literatura sobre o gênero *Inga*, uma atualização dos trabalhos já existentes é de grande valor para o meio acadêmico atual, pois permitem direcionar o planejamento de novos estudos experimentais, os quais poderão, futuramente, fazer parte de trabalhos grandiosos e de alto valor científico. Certamente, estes esforços resultarão no desenvolvimento e na descoberta de novas e potenciais drogas baseados neste gênero que permitam, portanto, viabilizar sua aplicação em escala industrial.

Agradecimentos

Os autores agradecem CNPq e CAPES pelo suporte financeiro.

Referências Bibliográficas

- Harborne, J. B.; Williams, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* **2000**, *55*, 481. [CrossRef] [PubMed]
- Havsteen, B. H. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics* **2002**, *96*, 67. [CrossRef] [PubMed]
- Nijveldt, R. J.; Nood, E. V.; Hoorn, D. V.; Boelens, P. G.; Norren, K. V.; Leeuwen, P. V. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American Journal Clinical of Nutrition* **2001**, *74*, 418. [PubMed]
- Mata, M. F.; Félix, L. P. Flora da Paraíba, Brasil: *Inga* Mill. (Leguminosae - Mimosoideae). *Revista Brasileira de Biociências* **2007**, *5*, 135. [Link]
- Souza, M. S. Adiciones al género *Inga* (Ingeae, Mimosoideae, Leguminosae) para la flora mesoamericana. *Acta Botanica Mexicana* **2009**, *89*, 25. [CrossRef]

- ⁶ Pennington, T. G.; *The genus Inga: botany*. Richmond: Royal Botanic Gardens, 1997. 844 p. ISBN 1900347121
- ⁷ Rodriguez, J. B. *A Botanica: nomenclatura indígena e seringueiras*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro: IBAMA, 1992, 94p. ISBN BCM: 195.072.02
- ⁸ Roth, I.; *Stratification of a tropical forest as seen in dispersal types*, Boston: Springer Netherlands, 1987, 324p. [CrossRef]
- ⁹ Lorenzi, H.; *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Editora Plantarum **1998**. p. 169. ISBN 13:9788586714412
- ¹⁰ Shanley, P.; Medina, G. *Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica*. Belém: Imazon, **2005**. 231 pp. ISBN 9786028693127
- ¹¹ Morton, T. C. Chemotaxonomic significance of hydroxylated pipercolic acids in Central American *Inga* (Fabaceae: Mimosoideae: Ingeae). *Biochemical Systematics and Ecology* **1998**, *26*, 379. [CrossRef]
- ¹² Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 29 Jun 2016. [Link]
- ¹³ Silva, E. M.; Rogez, H.; Larondelle, Y. Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. *Separation and purification technology* **2007**, *55*, 381. [CrossRef]
- ¹⁴ Vivot, E.; Muñoz, J. D.; Cruañesa, M. C.; Cruañesa, M. J.; Tapiab, A.; Hirschmann, G. S.; Martínez, E.; Di Sapio, O.; Gattuso, M. Inhibitory activity of xanthine-oxidase and superoxide scavenger properties of *Inga verna* subsp. *affinis*. Its morphological and micrographic characteristics. *Journal of Ethnopharmacology* **2001**, *76*, 65. [CrossRef]
- ¹⁵ Sousa, C. M.; Silva, H. R.; Vieira-Jr., G. M.; Ayres, M. C. C.; Costa, C. L. S.; Araújo, D. S.; Cavalcante, L. C. D.; Barros, E. D. S.; Araújo, P. B. M.; Brandão, M. S.; Chaves, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova* **2007**, *30*, 351. [CrossRef]
- ¹⁶ Calderon, L. A.; Leite, J. S. R. A.; Bloch, C. Serine protease inhibitors from Amazon Leguminosae seeds: purification and preliminary characterization of two chymotrypsin inhibitors from *Inga umbratica*. *Protein and Peptide Letters* **2001**, *8*, 485. [CrossRef]
- ¹⁷ Lokvam, J.; Kursar, T. A. Divergence in structure and activity of phenolic defenses in young leaves of two co-occurring *Inga* species. *Journal of Chemical Ecology* **2005**, *31*, 1109. [CrossRef]
- ¹⁸ Pompeu, D. R.; Karin, H. R.; Monteiro, M.; Tinti, S. V.; Carvalho, J. E. Capacidade antioxidante e triagem farmacológica de extratos brutos de folhas de *Byrsonima crassifolia* e de *Inga edulis*. *Acta Amazônica* **2012**, *42*, 165. [CrossRef]
- ¹⁹ Cruz, M. F. S. J.; Pereira, G. M.; Ribeiro, M. G.; Silva, A. M.; Tinoco, L. W.; Silva, B. P.; Parente, J. P. Ingasaponin, a complex triterpenoid saponin with immunological adjuvant activity from *Inga laurina*. *Carbohydrate Research* **2016**, *420*, 23. [CrossRef]
- ²⁰ Furtado, F. B.; Aquino, F. J. T.; Nascimento, E. A.; Martins, C. M.; Morais, S. A. L.; Chang, R. Seasonal variation of the chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of the essential oils from *Inga laurina* (Sw.) Willd. *Molecules* **2014**, *19*, 4560. [CrossRef]
- ²¹ Gobbo-Neto L.; Lopes. N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova* **2007**, *30*, 374. [CrossRef]
- ²² Koptur, S. Alternative defenses against herbivores in *Inga* (Fabaceae Mimosoideae) over the elevational gradient. *Ecology* **1985**, *66*, 1639. [CrossRef]
- ²³ Correa, S. M. V.; Conserva, L. M.; Maia, J. G. S. Constituents of roots of *Inga edulis* var. *parviflora*. *Fitoterapia* **1995**, *66*, 379. [CrossRef]
- ²⁴ Dias, A. L. S.; Souza, J. N. S.; Rogez, H. Enriquecimento de compostos fenólicos de folhas de *Inga edulis* por extração em fase

sólida: quantificação de seus compostos majoritários e avaliação da capacidade antioxidante. *Química Nova* **2010**, *33*, 38. [[CrossRef](#)]

²⁵ Tchuemogne, A. M. T.; Donfack, E. V.; Kongue, M. D. T.; Lenta, B. N.; Ngouela, S.; Tsamo, E.; Sidhu, N.; Dittrich, B.; Laatsch, H. Ingacamerounol, a new flavonol and other chemical constituents from leaves and stem bark of *Inga edulis* Mart. *Bulletin Korean Chemical Society* **2013**, *34*, 3859. [[CrossRef](#)]

²⁶ Lokvam, J.; Kursar, T. A. Divergence in structure and activity of phenolic defenses in young leaves of two co-occurring *Inga* species. *Journal of Chemical Ecology* **2005**, *31*, 1109. [[CrossRef](#)]

²⁷ Lokvam, J.; Coley, P. D.; Kursar, T. A. Cynnamoylglucosides of catechin and dimericprocyanidins from young leaves of *Inga umbellifera* (Fabaceae). *Phytochemistry* **2004**, *65*, 351. [[CrossRef](#)]

²⁸ Matsubara, S.; Morosinotto, T.; Osmond, B.; Bassi, R. Short- and long-term operation of the lutein-epoxide cycle in light-harvesting antenna complexes. *Plant Physiology* **2007**, *144*, 926. [[CrossRef](#)]

²⁹ Lokvam, J.; Clausen, T. P.; Grapov, D.; Coley, P. D.; Kursar, T. A. Galloyldepsides of tyrosine from young leaves of *Inga laurina*. *Journal of Natural Products* **2007**, *70*, 134. [[CrossRef](#)]

³⁰ Milton, K.; Jenness, R. Ascorbic acid content of neotropical plant parts available to wild monkeys and bats. *Experientia* **1987**, *43*, 339. [[CrossRef](#)]

³¹ Lima, N. M. Bioprospecção em espécies de *Inga* (Mimosoideae). **2016**. 177 p. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara. [[Link](#)]

³² Alvarez, J. C.; Serrano, R. P.; Ospina, L. F.; Torres, L. A. A. Actividad biológica de lãs saponinas de La corteza de *Inga marginata* Willd. *Revista Colombiana de Ciências Químico-Farmacêuticas* **1998**, *27*, 17. [[CrossRef](#)]

³³ Kursar, T. A.; Dexter, K. G.; Lokvam, J. R.; Pennington, T.; Richardson, J. A.; Weber, M. G.; Murakami, E. T.; Drake, C.; McGregor, R.; Coley, P. D. The evolution of antiherbivore defenses and their contribution to species coexistence in the tropical tree genus *Inga*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **2009**, *106*, 18073. [[CrossRef](#)]

³⁴ Morton, T. C.; Zektzer, A. S.; Rife, J. P.; Romeo, J. T. Trans-4-methoxypipelic acid, an amino acid from *Inga paterno*. *Phytochemistry* **1991**, *30*, 2397. [[CrossRef](#)]

³⁵ Morton, T. C. Chemotaxonomic significance of hydroxylatedpipelic acids in Central American *Inga* (Fabaceae: Mimosoideae: *Ingeae*). *Biochemical Systematics and Ecology* **1998**, *26*, 379. [[CrossRef](#)]

³⁶ Stevenson, P. C.; Kite, G. C.; Simmonds, M. S. J. Pipelic acid methyl esters as artefacts from the ion-exchange chromatography of *Inga punctata* foliar extracts. *Journal of Chromatography A* **1997**, *766*, 267. [[CrossRef](#)]

³⁷ Morton, T. C., Romeo, J. T. Preliminary chemical investigations of Costa Rican *Inga* species based on nonprotein amino acids. *Bulletin of the International Group for the Study of the Mimosoideae* **1990**, *18*, 112. [[CrossRef](#)]

³⁸ Marlier, M., Darsdenne, G., Casimir, J. 2S,4R-carboxy-2-acetyl-amino-4-piperidine dans les feuilles de *Calliandra haematocephala*. *Phytochemistry* **1979**, *18*, 479. [[CrossRef](#)]